



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**Facultad de Informática y Electrónica
Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes
Industriales**

**“CONTROL DE PROCESOS DE TRANSPORTE, CALENTAMIENTO
Y MEZCLA DE SÓLIDOS GRANULADOS, A ESCALA”**

TESIS DE GRADO

**Previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica
Control y Redes Industriales**

**Presentado Por:
José Luis Silva Coque
Jorge Daniel Cacuango Cabezas**

**Riobamba – Ecuador
2012**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por guiarnos por el camino correcto y darnos la oportunidad de llegar a ver culminada una etapa más de nuestras vidas.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en especial a La Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales por darnos el privilegio de ser uno más de sus miembros y aportarnos grandes beneficios tanto en la vida personal como profesional.

Al Ingeniero Paul Romero Riera, quien compartió con nosotros no sólo su experiencia sino también su amistad a lo largo del presente proyecto de tesis.

A todos los profesores por transmitirnos sus conocimientos y por brindarnos su apoyo en todo momento, de igual manera a todos aquellos que de una u otra forma contribuyeron en la realización del presente proyecto.

JOSÉ LUIS Y JORGE DANIEL

DEDICATORIA

A mis padres Alfonso y María Margarita por darme la vida y estar conmigo en todo momento, a mis sobrinos, a mis cuñados y principalmente a mis hermanos quienes con sus consejos y palabras de aliento, lograron formar una persona de bien y útil a la sociedad, fomentando en mí el deseo de superarme y ser mejor cada día, ya que gracias a su apoyo incondicional he llegado a conseguir una de las metas más importantes de mi vida.

A mis compañeros de promoción, con quienes más que momentos de estudio compartí amistad y cuyos recuerdos los llevaré conmigo por siempre; a mis amigos del barrio de quienes nunca me faltó una palabra de aliento en momentos difíciles.

JOSÉ LUIS S.

A mis padres quienes con nobleza y entusiasmo depositaron en mí su apoyo y confianza para ser de mí una persona útil para la sociedad y a la patria.

A mis hermanas quienes han estado conmigo en los momentos más difíciles de mi carrera brindándome su comprensión, ellos me permitieron culminar una etapa importante en mi vida estudiantil.

JORGE DANIEL C.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes

**DECANO DE LA FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

.....

Ing. Paúl Romero Riera

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

.....

Ing. Paúl Romero Riera

DIRECTOR DE TESIS

.....

Ing. Jhony Vizúete

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

Lcdo. Carlos Rodríguez

**DIRECTOR DPTO.
DOCUMENTACIÓN**

.....

NOTA DE LA TESIS

.....

DECLARACIÓN

Nosotros, **JOSÉ LUIS SILVA COQUE** y **JORGE DANIEL CACUANGO CABEZAS**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o proyecto de tesis; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Superior Politécnica Chimborazo, según lo establecido por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

JOSÉ LUIS SILVA C.

JORGE DANIEL CACUANGO C.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|---------------|---|
| API | Autómata Programable Industrial |
| PLC | Controlador Lógico Programable |
| TIC | Tecnología Apoyada Por Sistema |
| RTD | (ResistanceTemperature Detector) |
| NTC | (Negative Termal Coefficient), |
| PTC | (Positive Termal Coefficient |
| DHCP | Protocolo De Configuración Dinámica De Host |
| FBs | Bloques De Función |
| FCs | Funciones |
| F.E.M. | Fuerza Electromotriz |
| FUP | Diagrama De Funciones |
| KOP | Esquema De Contactos |
| NC | Control Numérico |
| SB | SignalBoard |
| CM | Módulo de Comunicaciones |
| SM | Módulo de Señales |
| OBs | Bloques De Organización |
| PCs | Programmable Controllers |
| RTU | Unidades remotas de I/O |
| TCP | Transport Control Protocol |
| TIA | Totally Integrated Automation |
| VCD | Voltajes De Corriente Directa |
| VCA | Voltajes De Corriente Alterna |

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

| | |
|------------------------------------|----|
| 1. MARCO REFERENCIAL | 18 |
| 1.1. ANTECEDENTES..... | 18 |
| 1.2. OBJETIVOS | 19 |
| 1.2.1. Objetivo General | 19 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos | 20 |
| 1.3. MARCO HIPOTÉTICO..... | 20 |
| 1.3.1. Hipótesis..... | 20 |

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| 2. MANEJO Y PROCESO DE SÓLIDOS GRANULADOS..... | 21 |
| 2.1. INTRODUCCIÓN | 21 |
| 2.2. PROPIEDADES DE LOS SÓLIDOS GRANULADOS..... | 22 |
| 2.2.1. Propiedades Primarias | 22 |
| 2.2.2. Propiedades Secundarias..... | 27 |
| 2.3. PROCESAMIENTO DE SÓLIDOS GRANULADOS, TRANSPORTE, CALENTAMIENTO Y MEZCLA | 30 |
| 2.3.1. Introducción | 30 |
| 2.3.2. Niveles de Procesamiento | 31 |
| 2.3.2.1. Nivel de Transformación o Procesamiento Cero..... | 31 |
| 2.3.2.2. Nivel de Transformación o Procesamiento Uno..... | 32 |
| 2.3.2.3. Nivel de Transformación o Procesamiento Dos..... | 32 |
| 2.3.3. Transporte Neumático | 32 |
| 2.3.3.1. Transporte en Fase Diluida y en Fase Densa | 33 |
| 2.3.4. Calentamiento de Sólidos Granulados..... | 34 |
| 2.3.4.1. Introducción..... | 34 |
| 2.3.4.2. Calentamiento de sólidos por arrastre neumático..... | 35 |
| 2.3.5. Trituración de Sólidos Granulados..... | 37 |
| 2.3.6. Mezcla de Sólidos Granulados..... | 38 |
| 2.3.6.1. Clases de Mezcladores | 39 |

CAPÍTULO III

| | |
|---|-----------|
| 3. TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS DE CONTROL | 44 |
| 3.1. INTRODUCCIÓN | 44 |
| 3.2. ACTUADORES | 45 |
| 3.2.1. Clasificación | 45 |
| 3.2.2. Actuadores neumáticos lineales..... | 45 |
| 3.2.2.1. Cilindros de simple efecto | 47 |
| 3.2.2.2. Cilindros de Doble Efecto | 48 |
| 3.2.3. Otros Tipos de Cilindros | 50 |
| 3.2.4. Actuadores neumáticos giratorios | 51 |
| 3.2.5. Cálculo de la fuerza de los cilindros neumáticos | 52 |
| 3.3. COMPONENTES DE CONTROL | 52 |
| 3.3.1. Electroválvulas..... | 52 |
| 3.3.2. Reguladores de Flujo..... | 54 |
| 3.3.3. Componentes auxiliares | 54 |
| 3.3.3.1. Manguera de poliuretano US98A, UE95A..... | 54 |
| 3.3.3.2. Racores | 55 |
| 3.3.3.3. Silenciadores | 55 |
| 3.4. RELÉS | 56 |
| 3.5. MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA | 57 |
| 3.5.1. Definición..... | 57 |
| 3.5.2. Funcionamiento | 57 |
| 3.5.3. Partes de un Motor DC..... | 58 |
| 3.5.3.1. Rotor..... | 58 |
| 3.5.3.2. Colector | 59 |
| 3.5.3.3. Estrator..... | 59 |
| 3.5.3.4. Escobillas..... | 60 |
| 3.5.4. Aplicaciones de los motores dc..... | 60 |
| 3.5.5. Motor Eléctrico DC | 60 |
| 3.5.5.1. Características Técnicas..... | 61 |
| 3.6. SENSORES | 61 |
| 3.6.1. Clasificación | 62 |
| 3.6.2. Características de los Sensores | 62 |

| | | |
|--------------------|--|-----------|
| 3.6.3. | Sensores de Proximidad | 63 |
| 3.6.3.1. | Sensores Inductivos..... | 63 |
| 3.6.3.2. | Sensores Capacitivos | 65 |
| 3.6.3.3. | Sensor Óptico | 67 |
| 3.6.3.4. | Sensor magnético..... | 70 |
| 3.6.3.5. | Principio de funcionamiento..... | 70 |
| 3.6.4. | Otros tipos de sensores | 71 |
| 3.6.5. | Criterio de la selección de sensores en la automatización | 76 |
| CAPÍTULO IV | | |
| 4. | CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE | 78 |
| 4.1. | PROGRAMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)..... | 78 |
| 4.1.1. | Introducción | 78 |
| 4.1.2. | Definición de PLC. | 79 |
| 4.1.3. | Ventajas de los PLCs | 80 |
| 4.1.4. | Clasificación de los PLC..... | 80 |
| 4.1.5. | Campos de aplicación de los PLCS..... | 82 |
| 4.2. | PLC SIEMENS S7 1200..... | 83 |
| 4.2.1. | Introducción al PLC SIMATIC S7-1200..... | 83 |
| 4.2.2. | Características del PLC SIMATIC S7-1200 | 84 |
| 4.2.3. | SignalBoards | 86 |
| 4.2.4. | Ampliar la capacidad de la CPU | 86 |
| 4.2.5. | Estados operativos de la CPU..... | 87 |
| 4.2.6. | Dimensiones de montaje y espacio libre necesario | 89 |
| 4.3. | Funciones básicas de STEP 7 Basic | 91 |
| 4.3.1. | Acceso fácil a la ayuda | 93 |
| 4.3.2. | Herramientas fáciles de utilizar | 94 |
| 4.3.2.1. | Fácil entrada de instrucciones en el programa de usuario | 94 |
| 4.3.2.3. | La función de Drag&Drop puede utilizarse fácilmente entre editores | 96 |
| 4.3.3. | Ejecución del programa de usuario..... | 97 |
| 4.3.4. | Estados operativos de la CPU..... | 98 |
| 4.3.5. | Estructura del programa S7-1200 en STEP 7 Basic..... | 100 |
| 4.3.6. | Tipos de bloques de datos de instancias del S7-1200 | 100 |
| 4.3.7. | Interfaz PROFINET | 101 |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| 4.3.8. | Instalar STEP 7 Basic..... | 102 |
| 4.3.9. | Crear un proyecto para el programa de usuario..... | 103 |
| 4.3.10. | Configuración de dispositivos..... | 104 |
| 4.3.10.1. | Inserta una CPU..... | 104 |
| 4.3.10.2. | Detectar la configuración de la CPU sin especificar..... | 105 |
| 4.3.10.3. | Configurar el funcionamiento de la CPU..... | 107 |
| 4.3.11. | Crear un segmento simple en el programa de usuario..... | 108 |
| CAPÍTULO V | | |
| 5. | DISEÑO DEL MÓDULO | 111 |
| 5.1. | INTRODUCCIÓN | 111 |
| 5.2. | INVENTARIOS DE MATERIALES Y ELEMENTOS DISPONIBLES | 112 |
| 5.3. | DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA DEL MÓDULO | 114 |
| 5.4. | UBICACIÓN DE DISPOSITIVOS EN LA ESTRUCTURA DE ALUMINIO | 116 |
| 5.5. | UBICACIÓN DE DISPOSITIVOS EN LA ESTRUCTURA METÁLICA | 120 |
| 5.6. | FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO DEL CONTROL DE PROCESOS DE TRANSPORTE, CALENTAMIENTO Y MEZCLA DE SÓLIDOS GRANULADOS | 123 |
| 5.7. | SELECCIÓN DE CILINDROS UTILIZADOS EN EL MÓDULO | 124 |
| 5.8. | SELECCIÓN SENSORES UTILIZADOS EN EL MÓDULO | 126 |
| 5.8.1. | Sensor Magnético IBEST IPS-S17PO5B | 126 |
| 5.9. | CONEXIONES FÍSICAS DEL PLC Y DE LOS MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA | 128 |
| 5.9.1. | Conexión de la CPU 1212C AC/DC/RLY..... | 128 |
| 5.9.2. | Módulo de salidas digitales SM 1222 DQ 8 X RELÉ..... | 129 |
| 5.10. | DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA DEL PROCESO | 129 |
| 5.11. | GRAFSET | 131 |
| 5.12. | GRAFSET DEL MÓDULO DE CONTROL DE TRANSPORTE, CALENTAMIENTO Y MEZCLA DE SÓLIDOS GRANULADOS | 134 |
| 5.13. | PROGRAMACIÓN DEL PLC S7-1200 | 137 |
| 5.13.1. | Temporizadores..... | 137 |
| 5.13.2. | Programación de temporizadores..... | 138 |
| 5.13.3. | Contadores | 138 |
| 5.13.4. | Introducir las variables y direcciones para las instrucciones..... | 141 |
| 5.13.5. | Insertar un temporizador de retardo a la conexión | 143 |

| | |
|--|-----|
| 5.14. DIAGRAMA KOP DEL CONTROL DE PROCESO DE TRANSPORTE, CALENTAMIENTO Y MEZCLA DE SOLIDOS GRANULADOS. | 145 |
|--|-----|

CAPÍTULO VI

| | |
|--|-----|
| 6. PRUEBAS Y RESULTADOS..... | 152 |
| 6.1. Campos de Aplicación..... | 152 |
| 6.2. Pruebas Mecánicas..... | 153 |
| 6.3. Pruebas Eléctricas..... | 153 |
| 6.4. Pruebas De Software | 153 |
| 6.5. Pruebas de control del PLC..... | 154 |
| 6.6. Planteamiento del ensayo | 154 |
| 6.7. Análisis de Aceptación del módulo | 155 |
| 6.8. Tabulación de Datos | 155 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla II-I Formas de los sólidos granulados | 24 |
| Tabla II-II: Rangos aproximados de tamaños medianos de algunos polvos alimenticios. | 25 |
| Tabla II-III: Densidades de polvos alimenticios comunes | 26 |
| Tabla II-IV: Cohesión de algunos polvos alimenticios | 28 |
| Tabla III-I: Características técnicas motor eléctrico..... | 61 |
| Tabla IV-I: Funciones de SIMATIC S7 1200 | 85 |
| Tabla IV-II : Especificaciones para los Módulos de Ampliación | 87 |
| Tabla IV-III : Dimensiones de Montaje..... | 90 |
| Tabla V-I : Inventario de Materiales..... | 113 |
| Tabla V-II : Inventario de elementos mecánicos/neumáticos | 114 |
| Tabla V-III : Inventario de elementos eléctricos/electrónicos | 114 |
| Tabla V- IV : Datos Técnicos de los Relés Seleccionados..... | 119 |
| Tabla V-V : Asignación de variables de entrada | 136 |
| Tabla V- VI : Asignación de variables de salida..... | 136 |
| Tabla V-VII: Contador (ascendente) CTU..... | 139 |
| Tabla V-VIII: Contador (descendente) CTD | 140 |
| Tabla V – IX : Contador (ascendente y descendente) CTUD..... | 140 |

ÍNDICES DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura II-1: Mezclador de aspas con forma de Z | 40 |
| Figura II-2: Mezclador estático de contenedor troncocónico, orbital y con tornillo interno..... | 40 |
| Figura II-3: Mezclador móvil cilíndrico. | 41 |
| Figura II-4: Mezclador móvil de doble cono. | 42 |
| Figura II- 5: Mezclador móvil Tipo V. | 43 |
| Figura III-1: Partes de un Cilindro Neumático..... | 46 |
| Figura III-2:Cilindros de Simple Efecto tipo “dentro”. | 47 |
| Figura III-3: Cilindro de Simple Efecto tradicional tipo “dentro”. | 48 |
| Figura III-4: Simple Efecto con guiado y camisa plana, normalmente fuera..... | 48 |
| Figura III-5: Cilindro de Doble Efecto..... | 49 |
| Figura III-6: Cilindro de Doble Efecto Convencional. | 50 |
| Figura III-7: Electroválvula..... | 52 |
| Figura III-8: Válvula solenoide piloto en posición de operación..... | 53 |
| Figura III-9: Regulador de Flujo..... | 54 |
| Figura III-10: Mangueras de poliuretano..... | 54 |
| Figura III-11: Racores de la Industria AIRTAC..... | 55 |
| Figura III-12: Silenciadores..... | 55 |
| Figura III-13: Relé electromecánico típico | 56 |
| Figura III-14: Principio de funcionamiento de un motor..... | 58 |
| Figura III-15: Rotor y sus partes. | 59 |
| Figura III-16: Estator y sus partes..... | 59 |
| Figura III-17: Motor eléctrico instalado en el HiundayAccent. | 60 |
| Figura III-18: Motor eléctrico DC..... | 61 |
| Figura III-19: Componentes de un sensor inductivo..... | 64 |
| Figura III-20: Sensor Inductivo en una Banda Transportadora. | 65 |
| Figura III-21: Sensor Capacitivo. | 65 |
| Figura III-22: Partes de un Sensor Capacitivo. | 66 |
| Figura III-23: Principio de funcionamiento | 66 |
| Figura III-24: Ejemplos de aplicaciones de un sensor capacitivo | 67 |
| Figura III-25: Sensores Ópticos..... | 68 |

| | |
|---|-----|
| Figura III-26 Sensores Fotoeléctrico de barrera. | 68 |
| Figura III-27 Sensores Fotoeléctrico de barrera. | 69 |
| Figura III-28 Sensores Foto eléctrico auto réflex. | 69 |
| Figura III-29: Sensores Magnéticos. | 70 |
| Figura III -30: Esquema de Funcionamiento de Termopar..... | 74 |
| Figura III- 31: Esquema de Funcionamiento de Termopar..... | 75 |
| Figura IV-1: Controlador S7-1200 Compacto..... | 83 |
| Figura IV-2: CPU del PLC S7-1200..... | 85 |
| Figura IV-3: SignalBoard..... | 86 |
| Figura IV-4: Módulos de Ampliación..... | 87 |
| Figura IV - 5: Herramientas Online..... | 88 |
| Figura IV-6: Estado Operativo CPU..... | 89 |
| Figura IV- 7: Dimensiones de Montaje..... | 89 |
| Figura IV-8: Espacio libre necesario..... | 90 |
| Figura IV-9: Vista principal del TIA Portal STEP 7..... | 91 |
| Figura IV-10: Componentes del proyecto..... | 92 |
| Figura IV-11: Tooltips en cascada..... | 93 |
| Figura IV- 12: Ventana de ayuda del STEP7..... | 94 |
| Figura IV- 13: Fácil entrada de instrucciones..... | 94 |
| Figura IV- 14: Barra de Herramientas..... | 95 |
| Figura IV- 15: Barra de Herramientas Favoritos..... | 95 |
| Figura IV- 16: Función de Drag&Drop..... | 96 |
| Figura IV- 17: Dividir el área del editor..... | 96 |
| Figura IV- 18: Barra de editores..... | 97 |
| Figura IV- 19: Tipos de arranque de la CPU..... | 99 |
| Figura IV- 20: Estructura del programa S7-1200..... | 100 |
| Figura IV- 21: Tipos de bloques de datos..... | 101 |
| Figura IV- 22: Conexión de PG y CPU de SIMATIC S7-1200..... | 102 |
| Figura IV- 23: Instalación STEP 7..... | 102 |
| Figura IV- 24: “Crear proyecto”..... | 103 |
| Figura IV- 25: Primeros pasos..... | 103 |
| Figura IV-26: Forma de agregar dispositivo en STEP7..... | 104 |
| Figura IV- 27: Agregar un nuevo dispositivo..... | 104 |

| | |
|---|-----|
| Figura IV- 28: Forma de insertar un dispositivo | 105 |
| Figura IV- 29: CPU insertada | 105 |
| Figura IV- 30: Detección del hardware | 106 |
| Figura IV- 31: Detección del dispositivo conectado | 106 |
| Figura IV- 32: Dialogo online | 107 |
| Figura IV- 33: Configuración de los parámetros operativos de la CPU | 107 |
| Figura IV- 34: Creación segmento simple..... | 109 |
| Figura IV- 35: Editor de Programación. | 110 |
| Figura V- 1: Estructura Metálica. | 115 |
| Figura V- 2: Estructura de Aluminio..... | 115 |
| Figura V- 3: Cilindros de Apertura y cierre de compuertas. | 116 |
| Figura V- 4: Vibrador Neumático en la plancha de Aluminio..... | 117 |
| Figura V- 5: Cilindros Neumáticos para el sistema de mezclado y sensor magnético..... | 117 |
| Figura V- 6: Tablero de aluminio para el control del proceso..... | 118 |
| Figura V- 7 : Montaje de una electroválvula en un manifold | 118 |
| Figura V- 8 : Relé de Armadura Utilizado | 119 |
| Figura V- 9 : Panel de Aluminio..... | 120 |
| Figura V- 10 : Regulador de Presión. | 120 |
| Figura V- 11: Molino de carne, motor 3 y la batería..... | 121 |
| Figura V- 12 : Molino de granos, motor 1 y el sistema de mezclado..... | 122 |
| Figura V- 13 :Recipiente de almacenamiento con dos divisiones. | 122 |
| Figura V- 14 : Cilindro Compacto Airtac. | 125 |
| Figura V-15: Circuito Neumático..... | 125 |
| Figura V-16: Sensor Magnético..... | 126 |
| Figura V-17: Código del sensor magnético..... | 127 |
| Figura V-18: Conexión Eléctrica..... | 127 |
| Figura V-19: CPU 1212C AC/DC relé (6ES7 212-1BD30-0XB0) | 128 |
| Figura V-20: SM 1222 DQ 6ES7 222 – 1HF30 – 0XB0 | 129 |
| Figura V-21 : Representación de una etapa. | 131 |
| Figura V-22 : Transición que une la etapa 1 con la etapa 2..... | 132 |
| Figura V-23 : Secuencia única. | 133 |
| Figura V- 24 : GRAFCET control de proceso de transporte, calentamiento y mezcla | 134 |
| Figura V- 25 : Introducir variable y dirección a la instrucción. | 141 |

| | |
|--|-----|
| Figura V - 26 : Cambiar nombre de la variable. | 142 |
| Figura V- 27: Introducir la dirección a la variable directamente desde la tabla de variables. | 142 |
| Figura V - 28: Introducir un temporizador al segmento. | 143 |
| Figura V - 29: Bloque de datos del temporizador..... | 144 |
| Figura V - 30: Introducción de la constante de 5 segundos..... | 144 |
| Figura V - 31: Diagrama KOP del proceso | 151 |

INTRODUCCIÓN

Con el paso de los años la industria ha venido evolucionando notablemente y con esto exhortar nuevos métodos para la automatización de procesos y técnica de control y regulación en la elaboración de productos a partir del tratamiento de sólidos granulados es un problema concerniente a diversas industrias tales como química, alimentos, construcción, metalmecánica, farmacéutica, donde el transporte, calentamiento, nivel, dosificación, mezcla y homogenización están presentes, aquí es donde se hace uso de la automatización industrial logrando obtener una optimización en la producción, elaboración de los distintos productos y mejorando la productividad cumpliendo con las distintas necesidades de nuestros consumidores finales.

La tecnológica crece a pasos agigantados por ende las plantas de producción de las industrias deben ir a la par, ya que si no lo hacen pueden llegar al peligro de quedar fuera del ámbito competitivo y comercial.

La búsqueda de soluciones automatizadas a estos procesos solo pueden ser desarrollados en un laboratorio donde se pueda simular soluciones multimodales en la cual intervengan áreas multidisciplinarias tales como: mecatrónica, tecnología de procesos, tecnología apoyada por sistemas TICs aplicados que desarrollen potentes programas que den soluciones estándar o personalizados a los diferentes problemas planteados.

Las técnicas utilizadas para automatizar procesos industriales es un factor prioritario que marca la competitividad de una empresa.

Esta realidad nos conduce a que utilicemos eficaz y eficientemente la capacidad operativa de las máquinas e instalaciones disponibles en una determinada industria; considerando que el eje principal del éxito es el continuo y adecuado perfeccionamiento del personal técnico, altamente capacitado para la construcción, mantenimiento y operación de los sistemas de control industrial.

Po lo antes mencionado surge la necesidad que los estudiantes de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales, se familiaricen con estos temas de forma práctica, con el fin de integrar el talento humano a los recursos tecnológicos y las competencias intelectuales se hace necesario que este tipo de proyectos y herramientas de aprendizaje se faciliten a los estudiantes en primera instancia en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales. Razón por la cual se desarrolló este proyecto de tesis que tiene como objetivo implementar un módulo didáctico para el control de procesos de transporte, calentamiento y mezcla de sólidos granulados, a escala controlados a través de un PLC.

Una vez implementado el módulo se pudo simular el proceso automático de transporte, calentamiento, y mezcla de sólidos granulados a través de sensores magnéticos, actuadores neumáticos, válvulas, etc.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

Con el paso de los años la industria ha venido evolucionando notablemente y con esto exhortar nuevos métodos para la automatización de procesos y técnica de control y regulación en la elaboración de productos a partir del tratamiento de sólidos granulados es un problema concerniente a diversas industrias tales como química, alimentos, construcción, metalmecánica, farmacéutica, donde el transporte, calentamiento, nivel, dosificación, mezcla y homogenización están presentes, aquí es donde se hace uso de la automatización industrial logrando obtener una optimización en la producción, elaboración de los distintos productos y mejorando la productividad cumpliendo con las distintas necesidades de nuestros consumidores finales.

La tecnológica crece a pasos agigantados por ende las plantas de producción de las industrias deben ir a la par, ya que si no lo hacen pueden llegar al peligro de quedar fuera del ámbito competitivo y comercial.

La búsqueda de soluciones automatizadas a estos procesos solo pueden ser desarrollados en un laboratorio donde se pueda simular soluciones multimodales en la

cual intervengan áreas multidisciplinarias tales como: mecatrónica, tecnología de procesos, tecnología apoyada por sistemas TICs aplicados que desarrollen potentes programas que den soluciones estándar o personalizados a los diferentes problemas planteados.

Las técnicas utilizadas para automatizar procesos industriales es un factor prioritario que marca la competitividad de una empresa.

Esta realidad nos conduce a que utilicemos eficaz y eficientemente la capacidad operativa de las máquinas e instalaciones disponibles en una determinada industria; considerando que el eje principal del éxito es el continuo y adecuado perfeccionamiento del personal técnico, altamente capacitado para la construcción, mantenimiento y operación de los sistemas de control industrial.

Po lo antes mencionado surge la necesidad que los estudiantes de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales, se familiaricen con estos temas de forma práctica, con el fin de integrar el talento humano a los recursos tecnológicos y las competencias intelectuales se hace necesario que este tipo de proyectos y herramientas de aprendizaje se faciliten a los estudiantes en primera instancia en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales.

Razón por la cual se desarrolló este proyecto de tesis que tiene como objetivo implementar un módulo didáctico para el control de procesos de transporte, calentamiento y mezcla de sólidos granulados, a escala controlados a través de un PLC.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Controlar el proceso de transporte, calentamiento y mezcla de sólidos granulados, a escala, por medio de un PLC siemens S7-1200.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Diseñar y construir los siguientes sistemas para el control de procesamiento de sólidos granulados: transporte por vibración, simulación de calentamiento y mezcla.
- Integrar las diversas etapas de control y sistemas para formar un proceso continuo
- Realizar el montaje de los sensores y actuadores en los puntos estratégicos para las distintas estaciones de trabajo de la simulación del proceso.
- Controlar los dispositivos electromecánicos (Electroválvulas), sensores y actuadores (Cilindros) por medio de un PLC siemens S7-1200.
- Documentar toda la información necesaria para el fácil manejo del control de proceso de transporte, calentamiento y mezcla de sólidos granulados.

1.3. MARCO HIPOTÉTICO

1.3.1. Hipótesis

Una vez implementando el control de procesos de transporte, calentamiento y mezcla de sólidos granulados, por medio de un PLC siemens S7-1200, se pretende ayudar a los estudiantes de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales, se familiarizaran con los procesos industriales de forma práctica, logrando integrar el talento humano a los recursos tecnológicos.

CAPÍTULO II

2. MANEJO Y PROCESO DE SÓLIDOS GRANULADOS

2.1. INTRODUCCIÓN

La materia granular o materia granulada es aquella que está formada por un conjunto de partículas macroscópicas sólidas lo suficientemente grandes para que la única fuerza de interacción entre ellas sea la de fricción. Colectivamente, este tipo de materia presenta propiedades que pueden semejar, dependiendo del tipo de fuerzas a las que esté sometida, a las del estado sólido, estado líquido o un gas.

Una característica importante es que la materia granular tiende a disipar rápidamente la energía de sus partículas debido a la fuerza de fricción. Esto da lugar a fenómenos de gran importancia como las avalanchas, los atascamientos en descargas de silos, entre otras. Como ejemplos de materia granular se encuentran los granos y semillas, la nieve, la arena, etc.

Aunque la materia granular es conocida desde la antigüedad, la aparición de fenómenos que aparentan ir en contra de la intuición, como el efecto de las nueces del Brasil, ha hecho que en los últimos años se haya incrementado su estudio por parte de los físicos.

El estudio de este tipo de materiales es de suma importancia debido a que es el tipo de materia más utilizada por el hombre solamente después del agua.

Existen dos casos de importancia en el procesamiento de alimentos para el caso de materiales en el estado sólido: sólidos granulados o particulados y sólidos en trozos o piezas.

Los sólidos particulados incluyen desde ingredientes finamente divididos (polvos) hasta gramíneas, mientras que los sólidos en trozos son aquellos en formas definidas y discretas, como frutas o galletas.

2.2. PROPIEDADES DE LOS SÓLIDOS GRANULADOS

Todo los sólidos particulados posee una serie de propiedades que son abordadas en una disciplina ingenieril y tecnológica conocida como *Tecnología de Polvos* o *Tecnología de Partícula*.

En lo concerniente a sólidos en trozos, sus propiedades serían motivo de estudio de la Ciencia de Materiales, como tal. La Ciencia de los Alimentos ha abordado, también, el estudio de sólidos de este tipo por algún tiempo.

Las propiedades de los sólidos particulados se dividen, por conveniencia, en dos tipos: propiedades primarias y propiedades secundarias. Las primeras serían las inherentes de acuerdo a la naturaleza química del material, mientras que las segundas son relevantes sólo cuando el sólido se asocia con otra fase, como por ejemplo con un fluido.

2.2.1. Propiedades Primarias

Las propiedades primarias de las partículas, tales como su forma y su densidad, junto con las propiedades primarias de un fluido (por ejemplo su densidad y viscosidad), aunadas al estado de dispersión y concentración, gobiernan las propiedades secundarias, como la velocidad de asentamiento de partículas, la rehidratación de polvos finos, la resistencia de una torta de filtración, etc.

La caracterización directa de las propiedades secundarias puede llevarse a cabo en la práctica, pero el objetivo final sería poder predecirlas a partir de las propiedades primarias, tal como se haría cuando se determina la resistencia al flujo de un fluido dentro de una tubería, a partir de correlaciones conocidas utilizando datos de las propiedades primarias del fluido (densidad y viscosidad) y de la tubería (rugosidad).

Dentro de las propiedades primarias estas se pueden dividir en:

- Forma y tamaño
- Densidad
- Granulometría
- Otras

Forma y tamaño

Todos los sistemas de partículas finamente divididas se pueden considerar polvos. En la práctica, las partículas que forman un mismo polvo tendrán una forma geométrica aproximadamente similar, pero sus tamaños variarán grandemente. Muchos polvos industriales son de origen mineral (metálico y no metálico) y se han derivado, muy frecuentemente, de procesos de reducción de tamaño. En tal caso, las partículas tendrán formas de poliedros irregulares, con caras relativamente planas en un número de 4 a 7, y con vértices y puntas cortantes. Esto se debe a la estructura atómica de los elementos centrales que constituyen a las partículas.

A medida de que las partículas se hacen más finas, por manipuleo y fricción, los vértices y puntas se suavizan y los poliedros tienden a adoptar una forma esférica.

Los polvos alimenticios son, por otra parte, de origen biológico en su mayoría. La estructura molecular de las partículas que los forman serán, normalmente, mucho más complejas que las correspondientes a los polvos inertes. Las formas de los polvos alimenticios son muy diversas, incluyendo desde las muy complejas (especies molidas), pasando por las muy cristalinas (sal y azúcar granulada), y hasta las relativamente esféricas (almidón y levadura seca).

| Nombre | Descripción |
|------------|---|
| Acicular | Forma de aguja |
| Angular | Forma poliédrica |
| Cristalina | Forma geométrica derivada libremente en un fluido |
| Dentrítica | Forma cristalina ramificada |
| Fibrosa | Forma filamentosa regular o irregular |
| Hojueleada | Forma plana circular u ovoide |
| Granular | Forma irregular aproximadamente equidimensional |
| Irregular | Sin forma definida |
| Modular | Forma irregular redondeada |
| Esférica | Forma de globo |

Tabla II- I: Formas de los sólidos granulados

Tamaño

El término “tamaño de partícula” es muy relativo y a veces difícil de definir. Se puede entender por tamaño una dimensión característica que describa a una partícula, por ejemplo alguna de las relaciones descritas. De acuerdo a la definición de esfericidad, el tamaño se puede definir como un equivalente de un diámetro que tendría la dimensión de una esfera que correspondiese a una esfericidad dada. En realidad, como se discutirá más adelante, se utiliza un concepto conocido como “diámetro equivalente” para identificar tamaños de partículas.

De acuerdo a lo discutido con anterioridad, un polvo posee una gama de tamaños, pero se requiere de un tamaño único que se utilice para clasificarlo o categorizarlo como tal. Un tamaño promediado, que se estudiará posteriormente, se utiliza para clasificar a los polvos de acuerdo a sus grados de finura o grosor. El tamaño mencionado se conoce como “tamaño mediano”

Por convención común, para que un sistema de partículas sea considerado un “polvo”, su tamaño mediano aproximado debe ser menor de 1 μm . Es práctica común referirse a polvos “finos” y “gruesos”, y se han realizado varios intentos de estandarizar tales términos. Posiblemente, quienes han logrado más uniformizar tales conceptos sean los farmacéuticos.

Por conveniencia, los tamaños de partículas se pueden expresar en diferentes unidades de acuerdo a los rangos de dimensiones de los polvos. Los polvos gruesos se pueden expresar en milímetros o centímetros, mientras que los polvos finos pueden definirse en términos de números de malla o micras y los polvos ultra finos en micras o nanómetros. La tendencia en uso de unidades se inclina, sin embargo, a las llamadas unidades SI (MKS), por lo que los tamaños de partícula pudieran expresarse en metros, sobre todo al usarse en cálculos ingenieriles.

| Polvo | Malla (Estándares Británicos) | Micras |
|--------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Granos de arroz y cebada | 6-8 | 2 800 – 2 000 |
| Azúcar granulada | 30-34 | 500 – 355 |
| Sal común | 52-72 | 300 – 210 |
| Cocoa | 200-300 | 75 – 53 |
| Azúcar pulverizada | 350 | 45 |

Tabla II-II: Rangos aproximados de tamaños medianos de algunos polvos alimenticios.

Densidad de la Partícula

La densidad de una partícula se define como su masa total dividida entre su volumen. Se considera de gran relevancia para determinar otras propiedades como estructura y forma de las partículas, por lo que requiere definirse con detalle.

Dependiendo de cómo se mide el volumen, se pueden considerar varios tipos de densidades: la densidad real, la densidad aparente, y la densidad efectiva (o aerodinámica).

Desde que las partículas contienen normalmente fisuras, irregularidades, o poros, tanto abiertos como cerrados, todas estas definiciones resultan prácticamente diferentes. La densidad real representa la masa de la partícula dividida por su volumen, excluyendo los poros tanto abiertos como cerrados, siendo la densidad del material sólido del cual se forman las partículas.

Para sustancias químicas puras, es la densidad que aparece en textos de referencia de datos físicos y químicos. Desde que la mayoría de los materiales inertes consisten de partículas rígidas, mientras que las sustancias biológicas se constituyen de partículas suaves y porosas, la densidad real de muchos polvos alimenticios será, normalmente, considerablemente menor que la de polvos minerales

| Polvo | Densidad (kg/m³) |
|---------------------|------------------------------------|
| Glucosa | 1 560 |
| Sucrosa | 1 590 |
| Almidón | 1 500 |
| Celulosa | 1 270 – 1 610 |
| Proteína (globular) | ~1 400 |
| Grasa | 900 – 950 |
| Sal | 2 160 |
| Ácido cítrico | 1 540 |

Tabla II-III: Densidades de polvos alimenticios comunes

Granulometría (Distribución de Tamaño Partículas)

La granulometría de un polvo constituye parte fundamental de su caracterización, ya que está íntimamente ligado al comportamiento del material y/o las propiedades físicas del producto.

En la industria alimentaria se utilizan numerosos polvos, como materias primas y como productos terminados. Muchas propiedades secundarias, tales como capacidad de flujo y compresibilidad, son afectadas por la granulometría de los polvos. La representación adecuada de la granulometría de un polvo será, consecuentemente, de gran relevancia.

La granulometría de un polvo consiste en una representación adecuada (tabular o gráfica), de la forma en que las diferentes fracciones de tamaños que conforman dicho polvo contribuyen al total de los tamaños presentes en una muestra. La representación gráfica es, quizá, la más recurrida y se forma de representar en un sistema de coordenadas planas los tamaños clasificados en intervalos de clase, contra la frecuencia u ocurrencia de dichos tamaños en una muestra dada.

Los tamaños tabulados contra la frecuencia se determinan por medio de alguna técnica analítica, en forma indirecta por lo general, y basándose en la respuesta de las partículas a un estímulo externo como el paso por un hueco, la velocidad de asentamiento en un fluido o la difracción de un rayo incidente de luz. La frecuencia se expresa en ocurrencia específica contra el total de muestra considerado, así como en fracción o porcentaje de una fracción dada con respecto al total de las fracciones consideradas

2.2.2. Propiedades Secundarias

Las principales propiedades secundarias son:

- Cohesión
- Propiedades de falla
- Propiedades de empacado
- Propiedades de resistencia

Cohesión

En la industria de procesamiento de alimentos se manejan un número considerable de polvos que pueden catalogarse como finos y muy finos, de acuerdo a los criterios ya expuestos.

A medida de que un polvo es más fino, las fuerzas de atracción interparticulares son muy grandes al compararse con el peso de las partículas individuales, por lo que se dice que son cohesivos, y presentan problemas graves de flujo. Por ejemplo, las partículas de un polvo cohesivo pudieran mantenerse inmóviles en la inmediación de la abertura de un silo, miles de veces mayor que el diámetro de ellas.

Los problemas de flujo se presentan con polvos cohesivos de cualquier naturaleza, pero se agravan con polvos alimenticios, los cuales tienden a ser más sensitivos a alteraciones químicas y fisicoquímicas que pueden afectar sus propiedades y composición.

Tales características pueden complicar seriamente las propiedades de flujo, ya que los polvos alimenticios pueden humectarse o liberar sustancias pegajosas, por efecto de la presión, la temperatura o la humedad relativa, entre otros factores.

| Material | Contenido de Humedad (%) | Cohesión (g/cm ²) |
|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Almidón de maiz | <11.0 | 4 – 6 |
| Almidón de maiz | 18.5 | 13 |
| Gelatina | 10.0 | 1 |
| Jugo de toronja | 1.8 | 8 |
| Jugo de toronja | 2.6 | 10 – 11 |
| Leche deshidratada | 1.0 | 7 |
| Leche deshidratada | 4.4 | 10 |
| Cebolla en polvo | <3.0 | <7 |
| Cebolla en polvo | 3.6 | 8 – 15 |
| Harina de soya | 8.0 | 1 |

Tabla II-IV: Cohesión de algunos polvos alimenticios

Propiedades de Falla

Para garantizar flujo estable y confiable es necesario determinar la capacidad de fluir de los polvos alimenticios. Las fuerzas involucradas en el flujo de polvos son la fuerza de gravedad, la de fricción, la de cohesión (partícula-partícula) y la de adhesión (partícula-material). Otros factores que afectan el flujo serían las propiedades superficiales de las partículas, sus formas y granulometrías, así como las características geométricas de los equipos. Por lo tanto, es difícil contar con una teoría general de aplicación para cualquier polvo alimenticio en cualquier condición.

La percepción de que la posibilidad de fluir de un polvo es función del ángulo de reposo, y que los criterios de diseño de silos pueden basarse en dicho ángulo, es errónea y debe evitarse. Como se ha discutido con oportunidad los polvos de cualquier tipo son sistemas dispersos difásicos. En reposo los polvos se consolidan, por lo que el ángulo de reposo es indeterminado ya que depende del historial de una muestra en particular. En confinamiento, existen otros ángulos de relevancia en el diseño de sistemas de almacenamiento de polvos

Un polvo de bajo grado de cohesividad puede fluir uniformemente a través de un orificio en la base de un recipiente para formar una pila con una pendiente igual al ángulo de reposo. Sin embargo, después de comprimirse por algún tipo de vibración o sacudida, el flujo será menos uniforme o se detendrá por completo, debido a la formación de un arco cohesivo estable sobre el orificio. Un cambio leve en la densidad a granel del material causó un cambio dramático en la capacidad de fluir.

Un rasgo relevante de un polvo se refiere a la forma en que el esfuerzo de corte varía con el esfuerzo de consolidación. Las propiedades utilizadas para identificar y cuantificar las relaciones entre estos esfuerzos se conocen como “propiedades de falla o ruptura de polvos”.

Las propiedades de falla son:

- Ángulo efectivo de fricción interna (δ)
- Ángulo de fricción con la pared (φ)
- Función de falla (F)
- Cohesión (C)
- Adhesión (T)

Propiedades de Empacado

Cada vez que una muestra particular de un polvo se vierte en un recipiente, las partículas individuales se ubican en posiciones diferentes al azar, por lo que la estructura de tal polvo es diferente.

Como se comentó en su oportunidad, es difícil predecir las propiedades secundarias de un polvo a partir de las primarias, por lo que se requieren técnicas para medir las propiedades secundarias directamente.

Desde que las mediciones experimentales para determinar las propiedades secundarias estarán sujetas a los arreglos estructurales que los polvos llevan a cabo en cada cambio de posición, las lecturas experimentales pueden tener grados altos de dispersión.

En la medición de propiedades secundarias es crítico tratar de llevar a cabo experimentación, tan reproducible como sea posible.

2.3. PROCESAMIENTO SE SOLIDOS GRANULADOS, TRANSPORTE, CALENTAMIENTO Y MEZCLA

2.3.1. Introducción

Los seres humanos son los únicos del reino animal que cosechan, almacenan y procesan los alimentos que han cultivado. Casi todos los animales cazan sus alimentos y muchos los almacenan para consumo posterior, pero no los cultivan o los procesan. En su evolución, los hombres aprendieron a cultivar alimentos para su subsistencia y luego desarrollaron muchos procesos para preservarlos o aumentar sus características deseables, a veces mejorando y otras disminuyendo su valor nutricional.

La gente busca preservar los alimentos y mejorar su calidad, mediante una variedad de técnicas como secado, enlatado, escabechado, adición de preservativos químicos, refrigeración, congelación e irradiación.

El objetivo principal de estos procesos es lograr que los alimentos permanezcan en condición comestible, sin deterioro serio, durante períodos mayores de lo que sería posible si no se utilizaran estos métodos.

Los procesos incluyen: cocción; adición de sustancias para mejorar el sabor o apariencia de los alimentos; toma de medidas para hacer que los alimentos sean más nutritivos, por ejemplo, agregar micronutrientes o germinar los granos; y substracción de constituyentes indeseables, como ciertas toxinas. Algunas técnicas de procesamiento de alimentos tienen efectos múltiples. Por ejemplo, el refinado de los granos de cereal puede hacerlos menos nutritivos, pero además los puede hacer más fáciles de cocinar y digerir y hay menos probabilidad de deterioro al almacenarlos.

Actualmente, el procesamiento de los alimentos incluye técnicas tradicionales y algunas más industrializadas y modernas. Casi todos los aspectos del procesamiento tienen cierta relevancia para la nutrición.

2.3.2. Niveles de Procesamiento

En función del uso una materia prima puede ser objeto de uno o varios procesamientos a su vez puede generar un producto o bien para el consumo final, uno o varios subproductos o preparar la materia prima para una nueva transformación.

Los niveles de procesamiento son cada una de las transformaciones que se desarrollen en la materia prima o producto intermedio.

En general, los procesos productivos agroindustriales se pueden interpretar como una cadena de procesamientos, los cuales pueden ser operaciones sencillas o complejas, de donde se obtenga un producto, subproductos o productos intermedios.

La diversidad de materias primas, usos y métodos de conservación que existen no permiten establecer una clasificación sistemática de los procesamientos agroindustriales.

Cada producto presenta características de procesamiento específicas y por tanto, deben ser analizados en forma particular.

- Nivel de transformación o procesamiento cero.
- Nivel de transformación o procesamiento uno.
- Nivel de transformación o procesamiento dos.

2.3.2.1. Nivel de Transformación o Procesamiento Cero

Se compone de los procesos mediante los cuales el producto se acondiciona y preserva para su consumo final o intermedio, si se modifica en forma significativa la estructura natural de la materia prima. Son aquellas operaciones inmediatas a la recolección y de la materia primas.

Ejemplo:

- Almacenamiento de granos
- Pasteurización de leche entera.
- Almacenamiento de huevos refrigerados.
- Beneficio y almacenamiento de carnes.

2.3.2.2. Nivel de Transformación o Procesamiento Uno

En este nivel los productos primarios se transforman. Las materias primas son modificadas en su estructura.

Ejemplos:

- Harina de cereales
- Productos lácteos diversos (quesos, yogur, leche en polvo, mantequilla).
- Pulpas de frutas.
- Aceites y grasas, etc.

2.3.2.3. Nivel de Transformación o Procesamiento Dos

En el cual la modificación del producto va acompañada d combinaciones de productos transformados y semiprocesados.

Ejemplos:

- Conservas de diversos tipos.
- Alimentos dietéticos.
- Comidas preparadas.
- Embutidos.
- Pastelería, etc.

2.3.3. Transporte Neumático

Por muchos años los gases han sido utilizados satisfactoriamente en la industria para transportar un amplio rango de sólidos particulados desde harina de trigo a granos de trigo y de chips plásticos a carbón.

Hasta hace relativamente poco, la mayoría del transporte neumático se realizaba en suspensiones diluidas usando grandes volúmenes de aire a gran velocidad. Desde mediados de los '60, sin embargo, hubo un incremento en el interés en el modo de transporte comúnmente denominado "fase densa" en el cual las partículas sólidas no están completamente suspendidas. Consecuentemente, en transporte en fase densa, una mínima cantidad de aire es entregada al proceso junto con los sólidos (de particular interés en el caso de alimentación de sólidos en reactores de lecho fluidizado, por ejemplo).

Un menor requerimiento de aire, generalmente, también implica un menor requerimiento de energía (a pesar de que se necesitan mayores presiones). Las bajas velocidades de sólido resultantes implican que en transporte en fase densa, la degradación del producto por abrasión y la erosión de las cañerías no son grandes problemas como sí lo son en transporte neumático en fase diluida.

2.3.3.1. Transporte en Fase Diluida y en Fase Densa

El transporte neumático de sólidos particulados es ampliamente clasificado en dos regímenes de flujo:

- Flujo en fase diluida.
- Flujo en fase densa.

El primero es el más conocido y se caracteriza por altas velocidades de gas (mayores a 20 m/s), bajas concentraciones de sólidos (menores a 1% en volumen) y bajas pérdidas de carga por unidad de longitud de cañería (típicamente, menores a 5 mbar/m).

El transporte neumático en fase diluida está limitado a cortas distancias, transporte de sólidos continuo a caudales menores a 10 ton/h y el único sistema capaz de operar bajo presiones negativas.

Bajo estas condiciones, las partículas sólidas se comportan como si se encontraran completamente suspendidas en el gas en forma individual (es decir que se comportan como si se encontraran solas en el gas), y las fuerzas fluido-partícula predominan.

En el otro extremo se encuentra el flujo en fase densa, caracterizado por bajas velocidades de gas (1-5 m/s), altas concentraciones de sólidos (mayores a 30% en volumen) y grandes pérdidas de carga por unidad de longitud de cañería (usualmente mayores a 20 mbar/m).

En el transporte en fase densa, las partículas no se encuentran completamente suspendidas y la interacción entre ellas es mucho mayor.

El límite entre el transporte en fase densa y fase diluida, sin embargo, no es marcado y aún no hay una definición universalmente aceptada de ambos tipos de transporte.

En este apunte, se utilizarán las velocidades de bloqueo y ruptura, para marcar el límite entre el transporte en fase diluida y en fase densa, en cañerías verticales y horizontales respectivamente.

Estos conceptos se definen en las secciones siguientes considerando las relaciones entre la velocidad del gas, el caudal másico de sólido y la caída de presión por unidad de longitud tanto en transporte vertical como horizontal.

2.3.4. Calentamiento de Sólidos Granulados

2.3.4.1. Introducción

Los granos se venden a distintas partes del mundo y, una vez que están en el lugar de destino, se tuestan. Esta es una fase clave para obtener finalmente un **producto** exquisito.

El proceso de tueste es el que le brinda a los granos su color característico y el aroma que todos amamos. El objetivo de tostar los granos es hacerlos perder su humedad y liberar los aceites distintivos que dan el sabor y el aroma. Con el calor, estas sustancias aceitosas se hacen presentes en la superficie del grano. Pueden disolverse en agua y de ellas depende la calidad del producto.

Para realizar el tueste se someten los granos a una fuente de calor, lo que produce que estos cambien de color. Además, al tostar los granos se agrietan en el medio, adquiriendo su forma característica. Existen diversas formas de tueste, según las temperaturas a que se exponen los granos y el tiempo de exposición.

El sabor de cada producto está directamente relacionado con esta etapa del proceso. Cuanto más tiempo se tuestan los granos o a más temperatura, más oscuros quedan. Y cuanto más oscuros son los granos el sabor será cada vez más fuerte. Cuando los granos se vuelven casi negros, el producto adquiere un sabor a quemado.

Los niveles o grados de tueste son varios y se pueden identificar por el color de los granos: rubio, canela, marrón claro, marrón, marrón oscuro, marrón muy oscuro, marrón casi negro. Generalmente los sólidos más claros (es decir, poco tostados) tienen un sabor agrio.

Por otra parte, además del tueste convencional hay una variante, llamada torrefacción, que consiste en tostar los sólidos granulados. De esta manera se obtienen granos de mucho brillo, debido al caramelo creado, y un **producto** fuerte y exquisito.

2.3.4.2. Calentamiento de sólidos por arrastre neumático

Se realiza a través de un calentamiento directo en los que la eliminación de la humedad se realiza dispersando el material a secar en una corriente de gases calientes que lo transportan a velocidades elevadas.

El calentamiento tiene lugar durante el transporte, la gran superficie expuesta al aire, la diferencia entre la velocidad del aire y la del producto y la gran turbulencia originada hace que la velocidad de transmisión de calor desde el gas a las partículas sólidas suspendidas sea alta y los tiempos de secado muy breves, pudiendo emplearse aire a altas temperaturas.

Aquí se utiliza el medio secado aire-caliente para suministrar el calor necesario para evaporar el agua, para transportar el producto y ocasionalmente para la calcificación del producto deshidratado por el tamaño de partícula.

En esencia los elementos básicos que integran un deshidratador neumático son:

- Generador de aire caliente
- Alimentador de producto húmedo
- Ventilador
- Conducto de secado y transporte simultáneos
- Ciclón o ciclones

Para determinados productos se incorpora asimismo un molino triturador. La alimentación húmeda entra por el mezclador, en donde se incorpora suficiente material seco para que pueda fluir libremente.

El material mezclado descarga en el interior de un molino de martillos, que es barrido por los gases de combustión calientes procedentes del generador.

El sólido pulverizado es arrastrado fuera del molino por la corriente gaseosa a través de una conducción bastante larga, en la cual tiene lugar el secado. Los gases y el material seco separan en el ciclón y el gas limpio sale por el extractor.

Los sólidos se retiran del ciclón a través del alimentador de estrella, que los lleva hasta el repartidor de sólidos que recircula parte del material seco para mezclarlo con la alimentación húmeda.

Las ventajas que presenta este método de calentamientos son:

- Transporte simultáneo de producto
- Posibilidad de clasificación por tamaño de partícula
- Coste inicial bajo
- Simplicidad mecánica
- Economía de espacio en planta
- Polivalencia

En torno a este sistema se han desarrollados dispositivos particulares que permiten la mejora del producto adaptándolo a las necesidades de este.

Para el buen funcionamiento de este sistema, el tamaño de las partículas del material no debe variar entre límites muy amplios.

El calentamiento por transporte neumático son apropiados para todos los materiales que pueden dispersarse adecuadamente en una corriente de gases y transportarse. Resultan adecuados productos granulares o muy divididos (forrajes, almidones, harinas, etc.) que pierdan rápidamente su humedad y que no resulten afectados por la erosión que sufren

durante el transporte. Se utilizan asimismo para materiales pastosos acondicionándose adecuadamente.

No son adecuados, sin embargo para materiales muy abrasivos que no admiten rotura y para los que tiene tendencia a adherirse a las paredes.

Este tipo de calentadores son especialmente adecuados para tratar grandes cantidades de producto y son por lo general el tipo mas económico de instalaciones para capacidades de evaporación superiores a 100 kg de agua evaporada por hora.

2.3.5. Trituración de Sólidos Granulados

En la industria generalmente se trabaja con sólidos los cuales precisan de una reducción previa del tamaño de los trozos, gránulos o partículas.

La operación de disminución o reducción de tamaños consiste en la producción de unidades de menor masa a partir de trozos mayores; para ello hay que provocar la fractura o quebrantamiento de los mismos mediante la aplicación de presiones.

Razones para la reducción de tamaño:

- Facilitar la extracción de un constituyente deseado.
- Puede ser una necesidad específica del producto.
- Aumentar la superficie del sólido.
- Favorecer la mezcla de ingredientes.

Las técnicas de reducción de tamaño son:

- **COMPRESIÓN:** Es utilizada para la reducción gruesa de sólidos duros, genera productos gruesos, medios o finos.
- **CORTE:** Se utiliza cuando se requiere un tamaño definido de partículas.
- **FROTACIÓN O ROZAMIENTO:** Genera productos finos a partir de materiales blandos no abrasivos.
- **IMPACTO:** Esta técnica consiste en el choque de las partículas para la disminución de su tamaño.

Los requerimientos de tamaño son diversos para cada tipo de productos, de ahí que se utilicen diferentes máquinas y procedimientos. La operación de desintegración, también tiene la finalidad de generar productos que posea un determinado tamaño granular, comprendido entre límites preestablecidos

2.3.6. Mezcla de Sólidos Granulados

Es una operación unitaria que tiene por objeto conseguir que cualquier porción de una mezcla de materiales tenga idéntica composición que otra porción y que el total de la muestra.

Características a considerar:

➤ **Físicas**

- Estructura del sólido.
- Forma cristalina.
- Granulometría.
- Friabilidad y dureza.
- Volumen aparente y Volumen real.
- Comportamiento reológico.
- Electricidad estática.
- Humedad.
- Estabilidad de la mezcla

➤ **Estabilidad de la mezcla**

- Comportamiento del producto frente a la humedad
- Punto eutéctico.
- Punto de fusión muy bajo.
- Capacidad de oxidación.
- Capacidad de hidrólisis.
- Capacidad de reacción química entre sólidos.
- Dispersión granulométrica de la mezcla.

Mecanismos mezcla:

Por convección: Un grupo de partículas de un componente se traslada en bloque a regiones ocupadas por otro.

Por difusión: Transferencia de partículas aisladas de un componente a regiones ocupadas por otro.

2.3.6.1. Clases de Mezcladores

Mezcladores estáticos: Son aquellos que tienen un recipiente en posición horizontal o vertical, disponen de espas o palas internas

Mezcladores de cintas (ribbonblenders): Dos cintas helicoidales que giran sobre el mismo eje en el interior de la cámara de mezcla.

La primera se mueve despacio en un sentido y la otra gira con rapidez en dirección contraria.

Características:

- Obtiene mezcla convectiva.
- No válido para materiales friables
- Inconveniente: dejar zonas muertas sin mezclar, en los extremos de la cámara

Mezclador de espas con forma de Z (sigmabladeblender): En este tipo la granulación se la realizar por vía húmeda, la geometría de las espas reduce al mínimo las zonas muertas.

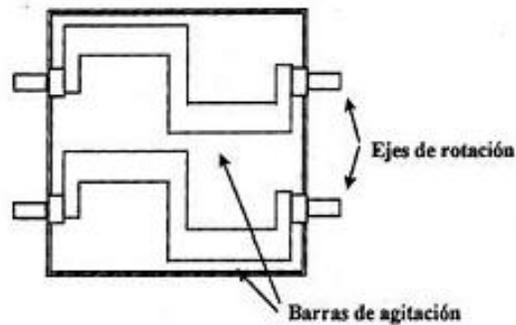


Figura II-1: Mezclador de aspas con forma de Z

Mezclador estático de contenedor troncocónico, orbital y con tornillo interno (screwmixer): Es un recipiente cónico de mezcla, en el que se inserta un tornillo sinfín que efectúa movimiento planetario, los componentes se mezclan por difusión y convección.

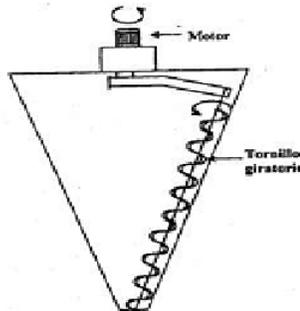


Figura II-2: Mezclador estático de contenedor troncocónico, orbital y con tornillo interno

Mezcladores móviles: Son aquellos que están en continuo movimiento, comúnmente llamados bombos mezcladores. El volumen de llenado del contenedor está en función del tipo de mezclador y de las características del producto a mezclar.

Normalmente, no debe ocuparse más del 60% de la capacidad total del mezclador para obtener una buena mezcla.

Tipos de mezcladores móviles.

Contenedor móvil:

- **Cilíndrico:** Las mezcladoras cilíndricas son del tipo móvil-giratorio y trabajan por difusión, esto es mediante la transferencia de partículas aisladas de un

competente a regiones ocupadas por otro. Son ideales para mezclas de pequeña o mediana escala.

Pueden ser fabricadas en forma simple o complejas, incorporando algún dispositivo agitador, como un eje de palas o espas para agilizar el proceso.

Entre las ventajas de estas mezcladoras se encuentran la facilidad para la carga y descarga de los componentes, su cómoda limpieza y el mantenimiento mínimo que requieren.



Figura II-3: Mezclador móvil cilíndrico.

- **Doble cono:** Las mezcladoras romboidales o de doble cono son del tipo móvil-caída libre y trabajan por difusión esto es mediante la transferencia de partículas aisladas de un componente a regiones ocupadas por otro y son utilizados para la producción industrial. Son ideales para mezclas de sólidos en polvo o granulados y se caracterizan por su rapidez en la carga y descarga de los productos a mezclar, facilidad de limpieza y mínimo mantenimiento.



Figura II-4: Mezclador móvil de doble cono.

- **Mezcladoras tipo V:** Esta mezcladora destaca por su rapidez, facilidad de limpieza, amplia utilidad y gran precisión para mezclas de sólidos en polvo o granulados con una dispersión de 1 a 10,000 partes y con posibilidad de adición de líquidos hasta un máximo del 10%.

Las mezcladoras son del tipo móvil-caída libre y trabajan por difusión, esto es mediante la transferencia de partículas aisladas de un componente a regiones ocupadas por otro y son utilizados en la producción de pequeña o mediana escala.

La carga del producto puede ser en “diagonal” (comúnmente utilizada) o bien en forma horizontal para productos que vienen con grumos; en este caso, se adaptan rejillas en ambas entradas permitiendo el cernido del producto sin que se caiga al piso.

El sistema de transmisión puede ser por medio de motor con poleas y “catarinas” o bien por medio de motorreductor con “catarinas” o “coples”.



Figura II- 5: Mezclador móvil Tipo V.

CAPÍTULO III

3. TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS DE CONTROL

3.1. INTRODUCCIÓN

En esta capítulo se explican detalladamente los diferentes tipos de actuadores, prestando especial atención a su construcción interna, funcionamiento y campo de aplicación más usual.

Es de suma importancia el conocimiento de dichos actuadores, ya que esto nos permitirá realizar la selección más adecuada a nuestras necesidades. No obstante, no podemos olvidar que la neumática es un campo en evolución constante por lo que este se verá sólo los actuadores más utilizados en la industria.

Por otro lado la neumática no va sola para un mejor rendimiento se a complementando con sistemas eléctricos, unidas estas dos tenemos los que conocemos como sistemas electroneumáticos estos están compuestas especialmente por cilindros de accionamiento neumático y válvulas solenoides que proporcionan los movimientos y la lógica o eléctrica necesarios para el control.

3.2. ACTUADORES

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

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón-cremallera). También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial.

Los actuadores se dividen en 2 grande grupos: cilindros y motores

3.2.1. Clasificación

3.2.2. Actuadores neumáticos lineales

El cilindro neumático consiste en un cilindro cerrado con un pistón en su interior que desliza y que transmite su movimiento al exterior mediante un vástago. Se compone de las tapas trasera y delantera, de la camisa donde se mueve el pistón, del propio pistón, de las juntas estáticas y dinámicas del pistón y del anillo rascador que limpia el vástago de la suciedad. Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos.

CARACTERÍSTICAS

- Proporcionan potencia y movimiento a sistemas automatizados, máquinas y procesos mediante el consumo de aire comprimido.
- La presión máxima de trabajo depende del diseño del cilindro.
- Un cilindro neumático es un componente sencillo, de bajo coste y fácil de instalar; es ideal para producir movimientos lineales.

- La carrera del cilindro determina el movimiento máximo que este puede producir.
- El diámetro del cilindro y su presión de trabajo determinan la fuerza máxima que este puede hacer
- La fuerza es controlable a través de un regulador de presión.
- La velocidad tiene un amplio margen de ajuste.
- Toleran condiciones adversas como alta humedad y ambientes polvorientos, y son de fácil limpieza.

PARTES DE UN CILINDRO

Las partes del cilindro son:

- Camisa
- Tapa trasera
- Pistón
- Vástago
- Tapa delantera
- Juntas de estanqueidad (estáticas y dinámicas)
- Entrada/salida de aire trasera
- Entrada/salida de aire delantera, (D. Efec.)
- Resorte para el retroceso, (S. Efec.)

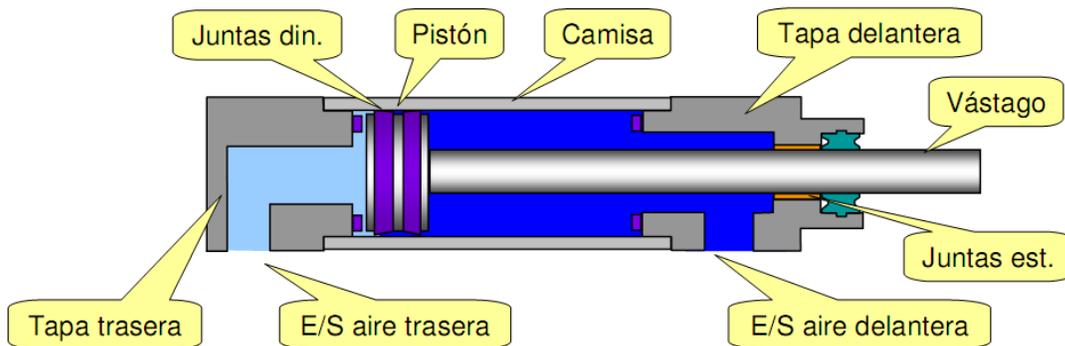


Figura III-1: Partes de un Cilindro Neumático.

Existen dos tipos fundamentales de los cuales derivan construcciones especiales.

- Cilindros de doble efecto, con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso.
- Cilindros de simple efecto, con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido.

3.2.2.1. Cilindros de simple efecto

Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”.

Los cilindros de simple efecto se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc. Tienen un consumo de aire algo más bajo que un cilindro de doble efecto de igual tamaño.

Sin embargo, hay una reducción de impulso debida a la fuerza contraria del resorte, así que puede ser necesario un diámetro interno algo más grande para conseguir una misma fuerza.

También la adecuación del resorte tiene como consecuencia una longitud global más larga y una longitud de carrera limitada, debido a un espacio muerto. Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”.

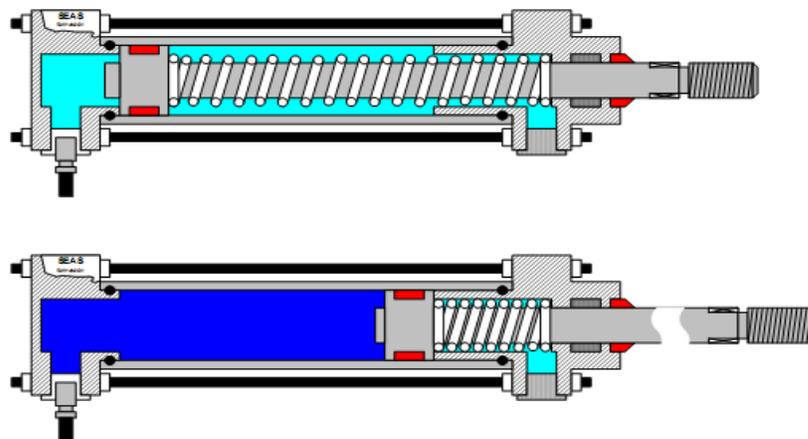


Figura III-2: Cilindros de Simple Efecto tipo “dentro”.

La variedad constructiva de los cilindros de simple efecto es muy importante, pero todos ellos presentan la misma mecánica de trabajo. Se muestran a continuación algunos ejemplos de los mismos:



Figura III-3: Cilindro de Simple Efecto tradicional tipo “dentro”.

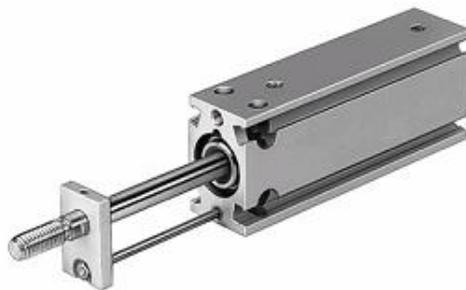


Figura III-4: Simple Efecto con guiado y camisa plana, normalmente fuera.

3.2.2.2. Cilindros de Doble Efecto

Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido.

Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí pueden realizar trabajo en ambos sentidos.

Sus componentes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción.

Algunas de las más notables las encontramos en la culata anterior, que ahora ha de tener un orificio roscado para poder realizar la inyección de aire comprimido (en la disposición

de simple efecto este orificio no suele prestarse a ser conexasión, siendo su función la comunicación con la atmósfera con el fin de que no se produzcan contrapresiones en el interior de la cámara).

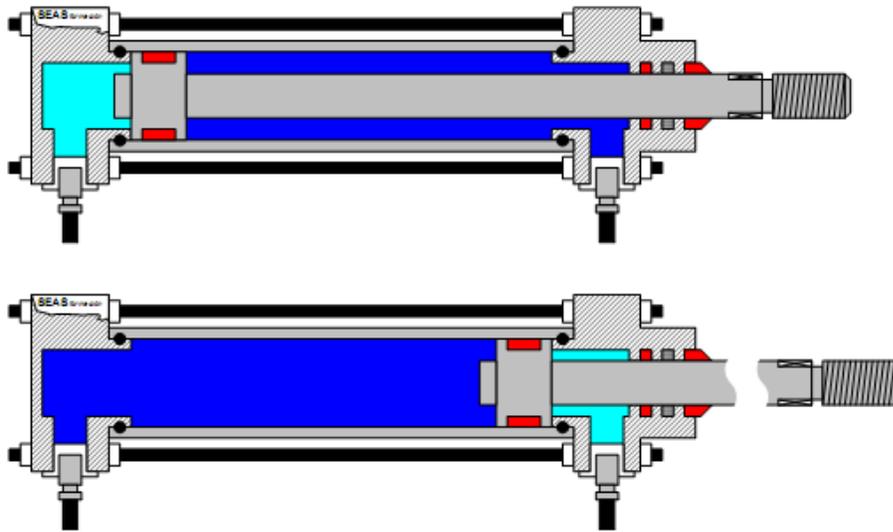


Figura III-5: Cilindro de Doble Efecto.

El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los de simple, incluso cuando no es necesaria la realización de esfuerzo en ambos sentidos. Esto es debido a que, por norma general (en función del tipo de válvula empleada para el control), los cilindros de doble efecto siempre contienen aire en una de sus dos cámaras, por lo que se asegura el posicionamiento.

El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los de simple, incluso cuando no es necesaria la realización de esfuerzo en ambos sentidos. Esto es debido a que, por norma general (en función del tipo de válvula empleada para el control), los cilindros de doble efecto siempre contienen aire en una de sus dos cámaras, por lo que se asegura el posicionamiento.

Para poder realizar un determinado movimiento (avance o retroceso) en un actuador de doble efecto, es preciso que entre las cámaras exista una diferencia de presión. Por norma general, cuando una de las cámaras recibe aire a presión, la otra está comunicada con la atmósfera, y viceversa.

En definitiva, podemos afirmar que los actuadores lineales de doble efecto son los componentes más habituales en el control neumático. Esto es debido a que:

- Se tiene la posibilidad de realizar trabajo en ambos sentidos (carreras de avance y retroceso).
- Para una misma longitud de cilindro, la carrera en doble efecto es mayor que en disposición de simple, al no existir volumen de alojamiento.



Figura III-6: Cilindro de Doble Efecto Convencional.

3.2.3. Otros Tipos de Cilindros

Cilindro neumático de fuelle.- También conocido como motor neumático de fuelle, incorpora un cilindro de doble efecto, un sistema de accionamiento de válvula de control direccional y dos tornillos de regulación de velocidad de avance y retroceso.

Cilindro neumático de impacto.- El vástago de este cilindro se mueve a una velocidad elevada del orden de los 10 m/s y esta energía se emplea para realizar trabajos de marcado de bancadas del motor, de perfiles de madera, de componentes electromecánicos y trabajos en presas de tiempo embutición, estampado, remachado, doblado, etc.

Cilindro neumático sin vástago.- Cuando el espacio disponible para el cilindro es limitado, el cilindro neumático sin vástago es la elección. Puede tener una carrera relativamente larga de unos 800 mm y mayor.

Cilindro neumático guiado.- Uno de los problemas que presentan los cilindros convencionales es el movimiento de giro que puede sufrir el vástago, ya que el pistón, el vástago y la camisa del cilindro son de sección circular, por lo que ninguno de ellos evita la rotación. En algunas aplicaciones la rotación libre no es tolerable por lo que es necesario algún sistema anti giro.

Uno de los sistemas que aparte de la función anti giro tiene otras ventajas es el cilindro neumático guiado que contiene dos o más pistones con sus vástagos, lo que da lugar a una fuerza doble de la de los cilindros convencionales.

Cilindros de doble efecto multiposición.- Consisten en dos o más cilindros de doble efecto acoplados en serie. Dos cilindros con carreras diferentes permiten obtener cuatro posiciones diferentes del vástago.

Cilindros tándem.- Está constituido por dos cilindros de doble efecto que forman una unidad. Gracias a esta disposición, al aplicar simultáneamente presión sobre los dos émbolos se obtiene en el vástago una fuerza de casi el doble de la de un cilindro normal para el mismo diámetro.

3.2.4. Actuadores neumáticos giratorios

Los actuadores rotativos o giratorios son los encargados de transformar la energía neumática en energía mecánica de rotación. Dependiendo de si el móvil de giro tiene un ángulo limitado o no, se forman los dos grandes grupos a analizar:

- **Actuadores de giro limitado.-** Son aquellos que proporcionan movimiento de giro pero no llegan a producir una revolución (exceptuando alguna mecánica particular como por ejemplo piñón – cremallera). Existen disposiciones de simple y

doble efecto para ángulos de giro de 90°, 180°..., hasta un valor máximo de unos 300° (aproximadamente).

- **Motores neumáticos.-** Proporcionan un movimiento rotatorio constante. Se caracterizan por proporcionar un elevado número de revoluciones por minuto.

3.2.5. Cálculo de la fuerza de los cilindros neumáticos

El diámetro del émbolo establece la fuerza que puede realizar el actuador. Inicialmente tendremos en cuenta la fórmula:

$$P = F/A$$

Donde:

P = es la presión en N/cm^2

F = es la fuerza en Newton

A = es la superficie del émbolo en cm^2

De la fórmula $P = F/A$. despejamos la fuerza, entonces $F = P * A$.

Como la presión que se maneja a nivel industrial normalmente esta estandarizada en 6 bar, nos damos cuenta entonces que la fuerza del cilindros está determinada por el diámetro del émbolo.

3.3. COMPONENTES DE CONTROL

3.3.1. Electroválvulas.

También llamadas válvulas electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoide.



Figura III-7: Electroválvula.

En el momento en que pasa la energía a través de la bobina, el flujo magnético recorre el armazón y la parte estática superior del tubo guía. Efectivamente, este convierte el armazón y la sección estática en imanes que se atraen, lo cual hace que el armazón se mueva hacia un resorte que cierra el circuito magnético. La junta de la parte inferior deja pasar el aire de un pequeño surtidor al orificio de salida número 2. La junta de la parte superior cierra el surtidor de escape.

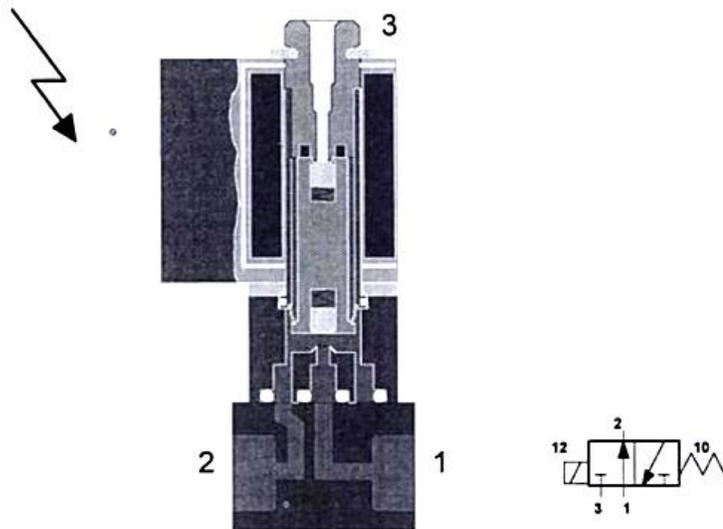


Figura III-8: Válvula solenoide piloto en posición de operación

El diseño es fruto de la relación entre la cantidad de aire empleado y la energía eléctrica consumida. En el caso de un gran volumen de aire, el orificio de entrada debe ser mayor, aunque esto exija un resorte más fuerte para mantener la junta de la parte inferior sellada contra un área mayor.

Cuanto más fuerte sea el resorte, más potente deberá ser el campo magnético y por lo tanto, se necesitará más energía eléctrica.

La exigencia de bajo consumo eléctrico implica que la válvula deberá tener un orificio de entrada pequeño, normalmente de entre 1 y 2 mm de diámetro. Excepto en aplicaciones

de poco consumo de aire, este tipo de válvulas solenoide incorporan un piloto que hace funcionar una válvula que necesita mayor volumen de aire.

3.3.2. Reguladores de Flujo

Los reguladores de flujo de reguladores de caudal tienen la misión de estrangular el caudal de aire en las conducciones. Su instalación se la realiza sobre los orificios de entrada o salida de aire en los diferentes sistemas mecánicos.



Figura III-9: Regulador de Flujo

Los reguladores de caudal para el control de velocidad de cilindros tienen la aguja generalmente de punta cónica.

3.3.3. Componentes auxiliares

3.3.3.1. Manguera de poliuretano US98A, UE95A



Figura III-10: Mangueras de poliuretano

3.3.3.2. Racores



Figura III-11: Racores de la Industria AIRTAC

3.3.3.3. Silenciadores



Figura III-12: Silenciadores

Utilizados para silenciar el ruido producto del escape de los sistemas neumáticos y también atrapar cualquier partícula que pudiera ser expulsada a alta velocidad junto a los gases de salida, además de ayudar a un ambiente de trabajo más amigable.

3.4. RELÉS

La (Figura III-13) se muestra un relé electromecánico típico. Cuando el electroimán esta desconectado, un resorte mantiene una palanca lejos del polo magnético. Esta palanca forma parte del circuito magnético y soporta aisladamente una barra de contacto que normalmente se mantiene contra el contacto del lado derecho. Al pasar energía a través de la bobina electromagnética, la placa es empujada contra el resorte completando así el circuito magnético, de manera que el contacto cerrado se desplazará hasta abrirse y cerrar el contacto que está abierto.

A menudo los relés poseen una serie de contactos, cada uno de los cuales integran un circuito separado y se encuentran normalmente en grupos de 2, 3, 4, 5 y 6.

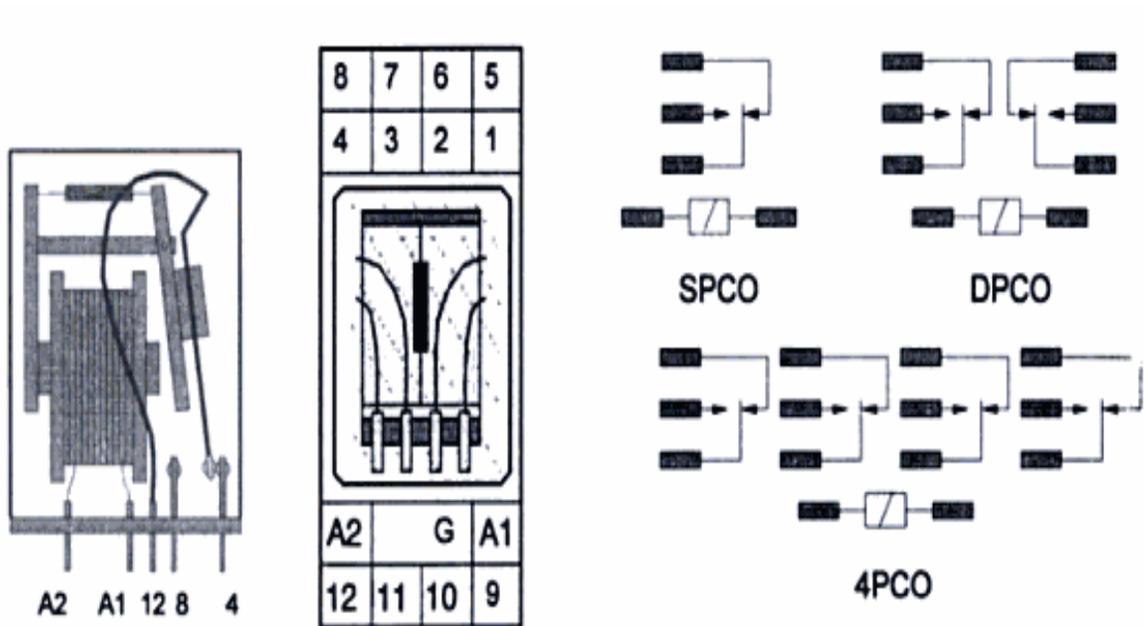


Figura III-13: Relé electromecánico típico

3.5. MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA

Los motores de corriente continua son máquinas compactas y con excelentes propiedades dinámicas, atendiendo las más difíciles aplicaciones en las áreas de automatización, en la industria automovilística, aeronáutica, robots y control de procesos.

Los motores de DC son máquina utilizadas tanto como motores, que como generadores de DC es decir, físicamente es la misma máquina y únicamente difieren en la forma de convertir la potencia.

Accionar un motor DC es muy simple y solo es necesario aplicar la tensión de alimentación entre sus bornes. Para invertir el sentido de giro basta con invertir la alimentación y el motor comenzará a girar en sentido opuesto.

A diferencia de los motores paso a paso y los servomecanismos, los motores DC no pueden ser posicionados y/o enclavados en una posición específica. Estos simplemente giran a la máxima velocidad y en el sentido que la alimentación aplicada se los permite.

3.5.1. Definición

Es un convertidor electro-mecánico de energía. Transforma energía eléctrica, de naturaleza continua, en energía mecánica.

3.5.2. Funcionamiento

Los motores eléctricos de corriente directa o continua se basan en la repulsión que ejercen los polos magnéticos de un imán permanente cuando, de acuerdo con la Ley de Lorentz, interactúan con los polos magnéticos de un electroimán que se encuentra montado en un eje. Este electroimán se denomina “rotor” y su eje le permite girar libremente entre los polos magnéticos norte y sur del imán permanente situado dentro de la carcasa o cuerpo del motor.

Cuando la corriente eléctrica circula por la bobina de este electroimán giratorio, el campo electromagnético que se genera interactúa con el campo magnético del imán permanente. Si los polos del imán permanente y del electroimán giratorio coinciden, se produce un rechazo y un torque magnético o par de fuerza que provoca que el rotor rompa la inercia y

comience a girar sobre su eje en el mismo sentido de las manecillas del reloj en unos casos, o en sentido contrario, de acuerdo con la forma que se encuentre conectada al circuito la pila o la batería.

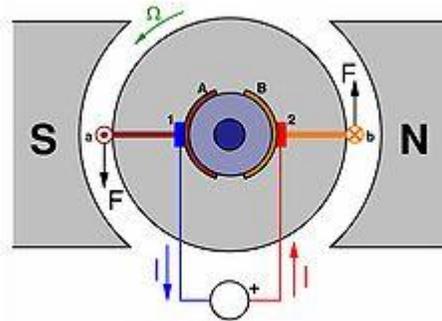


Figura III-14: Principio de funcionamiento de un motor.

3.5.3. Partes de un Motor DC

3.5.3.1. Rotor

Constituye la parte móvil del motor, proporciona el torque para mover a la carga. Está formado por:

- **Eje:** Formado por una barra de acero fresada. Imparte la rotación al núcleo, devanado y al colector.
- **Núcleo:** Se localiza sobre el eje. Fabricado con capas laminadas de acero, su función es proporcionar un trayecto magnético entre los polos para que el flujo magnético del devanado circule.
- **Devanado:** Consta de bobinas aisladas entre sí y entre el núcleo de la armadura. Estas bobinas están alojadas en las ranuras, y están conectadas eléctricamente con el colector, el cual debido a su movimiento rotatorio, proporciona un camino de conducción conmutado.

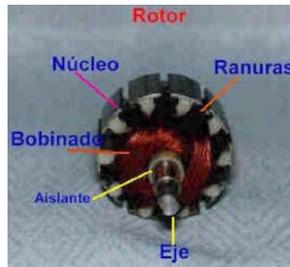


Figura III-15: Rotor y sus partes.

3.5.3.2. Colector

Situado en uno de los extremos del eje del rotor, se compone de un anillo deslizante seccionado en dos o más segmentos. Generalmente el colector de los pequeños motores comunes de C.D. se divide en tres segmentos.

3.5.3.3. Estator

Constituye la parte fija de la máquina. Su función es suministrar el flujo magnético que será usado por el bobinado del rotor para realizar su movimiento giratorio.

Está formado por:

- **Armazón:** Denominado también yugo, tiene dos funciones primordiales: servir como soporte y proporcionar una trayectoria de retorno al flujo magnético del rotor y del imán permanente, para completar el circuito magnético.
- **Imán permanente:** Compuesto de material ferromagnético altamente remanente, se encuentra fijado al armazón o carcasa del estator. Su función es proporcionar un campo magnético uniforme al devanado del rotor o armadura, de modo que interactúe con el campo formado por el bobinado, y se origine el movimiento del rotor como resultado de la interacción de estos campos.



Figura III-16: Estator y sus partes.

3.5.3.4. Escobillas

Las escobillas están fabricadas se carbón, y poseen una dureza menor que la del colector, para evitar que éste se desgaste rápidamente. Se encuentra albergada por los porta escobillas. La función de las escobillas es transmitir la tensión y corriente de la fuente de alimentación hacia el colector y, por consiguiente, al bobinado del rotor.

3.5.4. Aplicaciones de los motores dc

- Industria del papel, además de una multitud de máquinas que trabajan a velocidad constante y por lo tanto se equipan con motores de corriente continua, existen accionamientos que exigen par constante en un amplio margen de velocidades.
- Aplicaciones como máquinas extractoras, elevadores, ferrocarriles.
- Los motores desmontables para papeleras, trefiladoras, control de tensión en máquinas bobinadoras, velocidad constante de corte en tornos grandes
- El motor de corriente continua se usa en grúas que requieran precisión de movimiento con carga variable (cosa casi imposible de conseguir con motores de corriente alterna).

3.5.5. Motor Eléctrico DC

Los motores que se utilizó para la implementación del módulo se encuentran en la industria automotriz específicamente en la dirección asistida del HundayAccent MC, entre una de sus características tenemos su gran potencia, seguridad y eficiencia motivo por el cual fue y es todavía requerido por esta empresa. Este motor se utiliza para generar la fuerza de asistencia de conducción en la columna de dirección del volante cuando éste es girado por el conductor.



Figura III-17: Motor eléctrico instalado en el HiundayAccent.

La tensión y la corriente del motor es comandada mediante un puente H y con un PWM para el buen funcionamiento del vehículo pero en nuestro caso no necesitamos variar la velocidad del motor ni su giro, solo necesitamos una velocidad constante y que gira en un solo sentido esto se utilizara en el proceso de trituración y transporte del producto terminado



Figura III-18: Motor eléctrico DC.

3.5.5.1. Características Técnicas

| | | |
|------------------|-----------|--------|
| Corriente Máxima | 65 | A |
| Diámetro [D] | $\phi 76$ | Mm |
| Longitud [L] | 125 | Mm |
| Peso | 2.6 | Kg |
| Velocidad Máxima | 2000 | r/min |
| Torque | 3.4 | N.m |
| Velocidad | 1180 | r/min |
| Potencia | 420 | W |
| inercia | 0,43 | gm^2 |

Tabla III-I: Características técnicas motor electico.

3.6. SENSORES

Un sensor es un dispositivo que responde a propiedades de tipo eléctrico, mecánico, térmico, magnético, químico, etc. Generando una señal eléctrica que puede ser susceptible de medición, normalmente las señales obtenidas a partir de un sensor son de

pequeña magnitud y necesitan ser tratadas convenientemente en aspectos de amplificación y filtrado.

Los sensores basados en fenómenos eléctricos, magnéticos u ópticos adoptan una estructura general que se componen de tres etapas:

Sensor o captador. Efectúa la conversión de las variaciones de una magnitud física en variaciones de una magnitud eléctrica o magnética.

Etapas de tratamiento de la señal. Puede o no existir, se encarga de efectuar el filtrado, ampliación y comparación de la señal mediante circuitos electrónicos.

Etapas de salida. Está formada por los circuitos de ampliación, conversión, o conmutación necesarios en la puesta en forma de la señal de salida.

3.6.1. Clasificación

Dependiendo de la variable de salida los sensores pueden clasificarse en analógicos y digitales, en la actualidad los sensores más empleados son los últimos debido sobre todo a la compatibilidad de uso con las computadoras.

Sensores Analógicos.- suministran una señal proporcional a una variable analógica como pueden ser presión, temperatura, velocidad, posición.

Sensores Digitales.- este tipo de captador suministra una señal que solamente tiene dos estados asociados al cierre o apertura de un contacto eléctrico, o bien a la conducción o corte de un interruptor estático como transistor o tiristor, son los más utilizados en la industria de la automatización de movimiento y adoptan diferentes formas: detector de proximidad inductivo, capacitivo, óptico, magnético entre otros.

3.6.2. Características de los Sensores

Exactitud.- Un sensor tiene que dar un valor verdadero de la variable sin errores sistemáticos. Sobre varias mediciones la desviación de los errores cometidos debe tender a cero.

Presión.- Una medida será más precisa que otra si los posibles errores aleatorios en la medición son menores.

Rango de funcionamiento.- Un sensor optimo tiene un amplio rango de funcionamiento es decir debe ser capaz de medir de manera exacta y precisa un amplio abanico de valores de la magnitud correspondiente.

Velocidad de respuesta.- Tiene que ser capaz de responder a cambios de la variable a medir en un tiempo mínimo entre más rápido mucho mejor.

Calibración.- Se dice que un transductor está listo para usarse cuando se realiza este proceso que no es más que la relación entre la variable medida y la señal de salida que produce el sensor. Este procedimiento debe realizarse de forma sencilla además este no debe precisar una re calibración.

Fiabilidad.- No debe estar sujeto a fallos inesperados durante su funcionamiento.

Costo.- En las industrias lo que se trata es de abaratar costos por esta razón un sensor debe tener las siguientes características fácil de conseguir, bajo costo en la compra, así como también en la instalación.

3.6.3. Sensores de Proximidad

3.6.3.1. Sensores Inductivos

Están basados en el cambio de inductancia que provoca un objeto metálico en un campo magnético. Estos sensores constan de una bobina y un imán.

Los detectores de proximidad inductivos permiten detectar sin contacto objetos metálicos a una distancia de 0 a 60 mm.

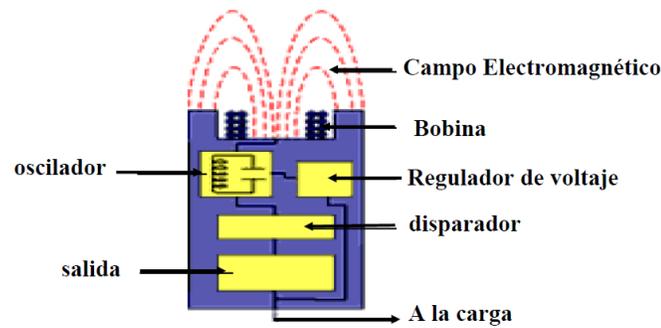


Figura III-19: Componentes de un sensor inductivo

Funcionamiento

Cuando un objeto ferromagnético penetra o abandona el campo del imán el cambio que se produce en dicho campo induce una corriente en la bobina; si se detecta una corriente en la bobina, algún objeto ferromagnético ha entrado en el campo del imán.

Ventajas

- No entran en contacto directo con el objeto a detectar.
- No se desgastan.
- Tienen un tiempo de reacción muy reducido.
- Tiempo de vida largo e independiente del número de detecciones.
- Son insensibles al polvo y a la humedad.
- Incluyen indicadores LED de estado y tienen una estructura modular.

Desventajas:

- Sólo detectan la presencia de objetos metálicos.
- Pueden verse afectados por campos electromagnéticos intensos.
- El margen de operación es más corto en comparación con otros sensores.

Aplicaciones

Los sensores inductivos están presentes en diversas industrias tales como la:

- Soldadoras.
- Ensambladoras.
- Líneas transportadoras.

- Sistema de transporte.
- Industria automotriz.

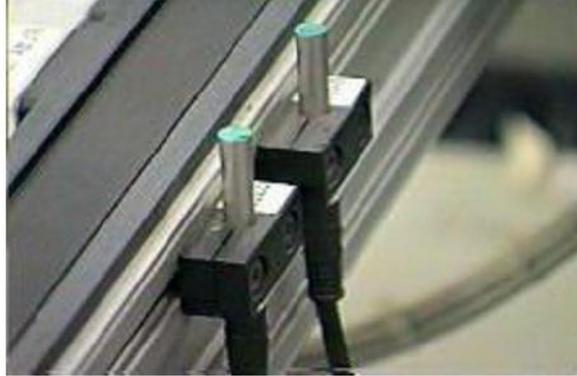


Figura III-20: Sensor Inductivo en una Banda Transportadora.

3.6.3.2. Sensores Capacitivos

Se basan en la detección de un cambio en la capacidad del sensor provocado por una superficie próxima a éste, consta de un elemento cuya capacidad se altera (que suele ser un condensador formado por electrodos), y el dispositivo que detecta el cambio de capacidad (un circuito electrónico conectado al condensador).

Los sensores capacitivos detectan objetos metálicos, o no metálicos, midiendo el cambio en la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño, y distancia hasta la superficie sensible del detector.

La diferencia entre un sensor inductivo y un capacitivo es que estos últimos producen un campo electrostático y los inductivos un campo electromagnético.

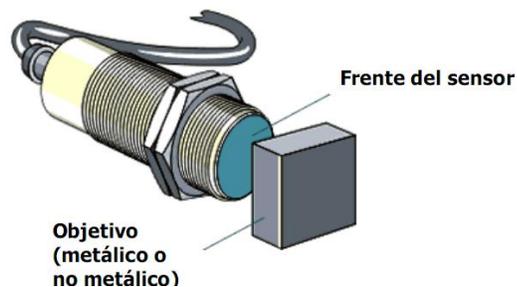


Figura III-21: Sensor Capacitivo.

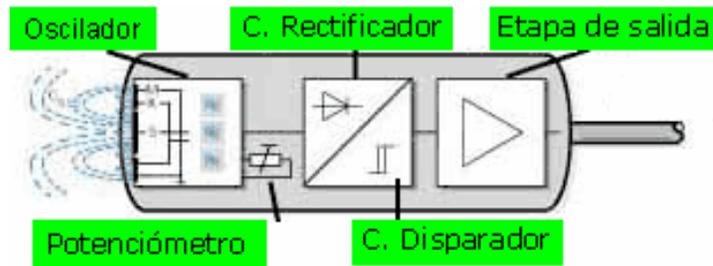


Figura III-22: Partes de un Sensor Capacitivo.

Funcionamiento

Cuando el objeto se encuentra fuera del campo electrostático, el oscilador permanece inactivo, pero cuando el objeto se aproxima, se desarrolla un acoplamiento capacitivo entre éste y la sonda capacitiva. Cuando la capacitancia alcanza un límite especificado, el oscilador se activa, lo cual dispara el circuito de encendido y apagado.

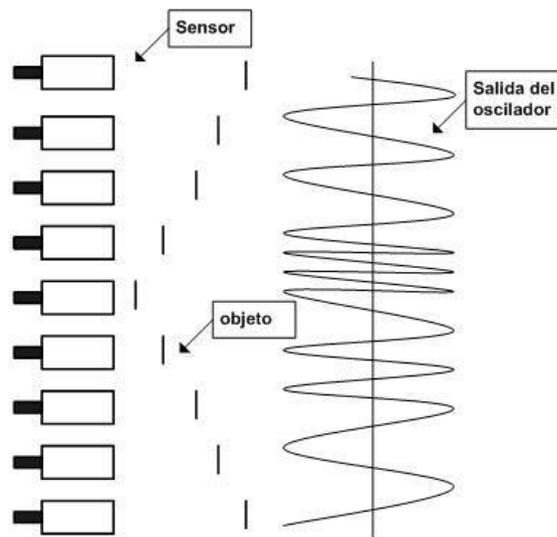


Figura III-23: Principio de funcionamiento

Ventajas:

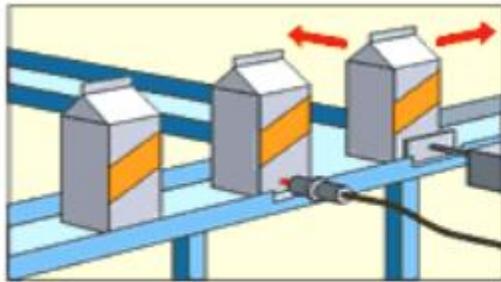
- Detectan sin necesidad de contacto físico de cualquier objeto.
- Buena adaptación e entornos industriales.
- Adecuado para la detección de materiales polvorientos o granulados.
- Tiene una vida útil larga.

Desventajas:

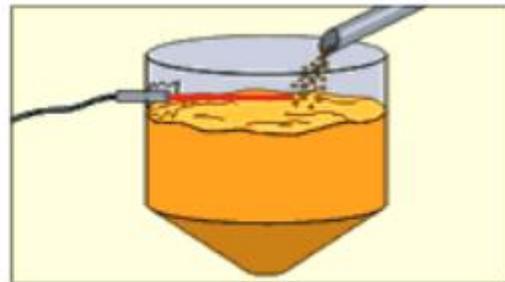
- Alcance limitado.
- Dependemos de la masa, si queremos realizar una detección de cualquier objeto no nos sirve este sensor.
- Son muy sensibles a factores ambientales: la humedad en climas costeros o lluviosos puede afectar el resultado de la detección.

Aplicaciones:

- Detección de nivel
- Sensor de humedad
- Detección de posición



Detección de fluidos en contenedores de leche



Control de nivel de llenado de sólidos

Figura III-24: Ejemplos de aplicaciones de un sensor capacitivo

3.6.3.3. Sensor Óptico

Emplean fotocélulas como elementos de detección. A veces disponen de un cabezal que contiene un emisor de luz y la fotocélula de detección del haz reflejado sobre el objeto. Otros trabajan en modo barrera y se utilizan para cubrir mayores distancias, con fuentes luminosas independientes del detector. Ambos tipos suelen trabajar con frecuencias en la banda de infrarrojos.

Funcionamiento.

Se basan en la generación de un haz luminoso por parte de un foto emisor, que se proyecta sobre un foto receptor, o bien, sobre un dispositivo reflectante. La interrupción

o reflexión del haz, por parte del objeto a detectar, provoca el cambio de estado en la salida de la fotocélula.



Figura III-25: Sensores Ópticos.

Los sensores ópticos pueden clasificarse en:

- Sistema de detección de “barrera
- Sistema de detección “réflex”
- Sistema de detección “auto réflex”

Sensor fotoeléctrico de barrera

Nos sirve para detectar y señalar una condición de cambio, con frecuencia una condición de cambio, se trata de la presencia o ausencia de un objeto o material, también tiene la capacidad de medir un cambio de distancia, tamaño o color.

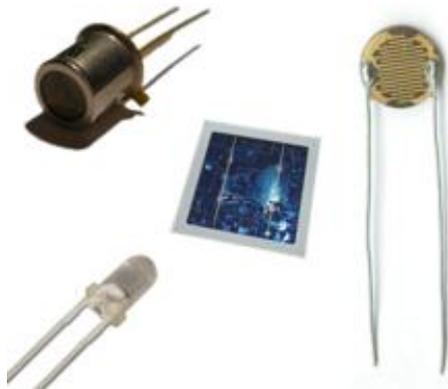


Figura III-26 Sensores Fotoeléctrico de barrera.

Aplicaciones

- Detección, clasificación, y posicionado de objetos.
- Detección de formas, colores y diferencias de superficie.
- Monitoreo, medición, control y procesamiento en industrias.

Sensor óptico réflex

La luz se refleja en un dispositivo especial, cuya característica es que devuelve la luz en el mismo ángulo que la recibe, está compuesta en un solo bloque del emisor y receptor, siendo más fácil su instalación, dispone de una mayor distancia de detección que el sistema de barrera.



Figura III-27 Sensores Fotoeléctrico de barrera.

Sensor óptico auto réflex

Este tipo de sensores el propio objeto a detectar funciona como elemento reflector, lo cual simplifica la tarea de instalación. Su inconveniente radica en que dispone de una menor distancia de detección en comparación con los dos tipos anteriores.

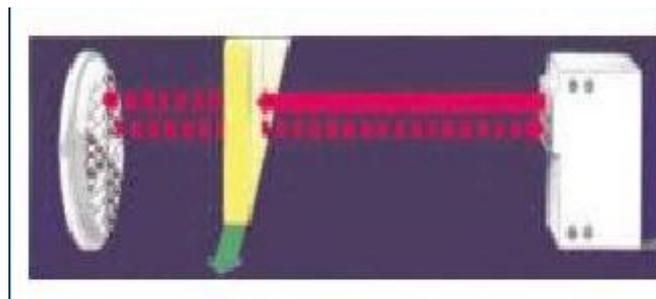


Figura III-28 Sensores Foto eléctrico auto réflex.

3.6.3.4. Sensor magnético

Los sensores de proximidad magnéticos son caracterizados por la posibilidad de distancias grandes de la conmutación, disponible en los sensores con dimensiones pequeñas. Los sensores magnéticos usan el efecto Magneto Resistivo, propiedad por la cual, un material magnético cambia su resistencia en presencia de un campo magnético externo. Esto proporciona un excelente medio para medir con precisión desplazamientos lineales y angulares (por ejemplo, en varillas metálicas, levas, cremalleras), pues pequeños movimientos mecánicos producen cambios medibles en el campo magnético.



Figura III-29: Sensores Magnéticos.

3.6.3.5. Principio de funcionamiento

Los sensores magnéticos constan de un sistema de contactos cuyo accionamiento vendrá ocasionado por la aparición de un campo magnético. Los contactos se cerrarán bajo la influencia de un campo magnético provocado por un dispositivo imantado alojado en el objeto a detectar, en los cilindros neumáticos el imán permanente va integrado en el émbolo, estos cuando el campo magnético se acerca al sensor, estos transmiten una señal eléctrica o neumática a los controles, electro válvulas o elementos de conmutación neumáticos.

Aplicaciones

- Instrumentación y control de procesos
- Automatización industrial.

3.6.4. Otros tipos de sensores

Detectores de ultrasonidos

Los detectores de ultrasonidos resuelven los problemas de detección de objetos de prácticamente cualquier material. Trabajan en ambientes secos y polvorientos. Normalmente se usan para control de presencia/ausencia, distancia o rastreo.

Interruptores básicos

Se consiguen interruptores de tamaño estándar, miniatura, subminiatura, herméticamente sellados y de alta temperatura.

Los mecanismos de precisión se ofrecen con una amplia variedad de actuadores y características operativas. Estos interruptores son idóneos para aplicaciones que requieran tamaño reducido, poco peso, repetitividad y larga vida.

Interruptores manuales

Estos son los sensores más básicos, incluye pulsadores, llaves, selectores rotativos y conmutadores de enclavamiento.

Estos productos ayudan al técnico e ingeniero con ilimitadas opciones en técnicas de actuación y disposición de componentes.

Productos encapsulados

Diseños robustos, de altas prestaciones y resistentes al entorno o herméticamente sellados. Esta selección incluye finales de carrera miniatura, interruptores básicos estándar y miniatura, interruptores de palanca y pulsadores luminosos.

Productos para fibra óptica

El grupo de fibra óptica está especializado en el diseño, desarrollo y fabricación de componentes optoelectrónicos activos y submontajes para el mercado de la fibra óptica. Los productos para fibra óptica son compatibles con la mayoría de los conectores y cables de fibra óptica multimodo estándar disponibles actualmente en la industria.

Productos infrarrojos

La optoelectrónica es la integración de los principios ópticos y la electrónica de semiconductores. Los componentes optoelectrónicos son sensores fiables y económicos. Se incluyen diodos emisores de infrarrojos (IREDs), sensores y montajes.

Sensores para automoción

Se incluyen sensores de efecto Hall, de presión y de caudal de aire. Estos sensores son de alta tecnología y constituyen soluciones flexibles a un bajo costo. Su flexibilidad y durabilidad hace que sean idóneos para una amplia gama de aplicaciones de automoción.

Sensores de caudal de aire

Los sensores de caudal de aire contienen una estructura de película fina aislada térmicamente, que contiene elementos sensibles de temperatura y calor. La estructura de puente suministra una respuesta rápida al caudal de aire u otro gas que pase sobre el chip.

Sensores de corriente

Los sensores de corriente monitorizan corriente continua o alterna. Se incluyen sensores de corriente lineales ajustables, de balance nulo, digitales y lineales. Los sensores de corriente digitales pueden hacer sonar una alarma, arrancar un motor, abrir una válvula o desconectar una bomba. La señal lineal duplica la forma de la onda de la corriente captada, y puede ser utilizada como un elemento de respuesta para controlar un motor o regular la cantidad de trabajo que realiza una máquina.

Sensores de efecto Hall

Son semiconductores y por su costo no están muy difundidos pero en codificadores ("encoders") de servomecanismos se emplean mucho.

Sensores de humedad

Los sensores de humedad relativa/temperatura y humedad relativa están configurados con circuitos integrados que proporcionan una señal acondicionada. Estos sensores contienen un elemento sensible capacitivo en base de polímeros que interacciona con

electrodos de platino. Están calibrados por láser y tienen una intercambiabilidad de +5% HR, con un rendimiento estable y baja desviación.

Sensores de posición de estado sólido

Los sensores de posición de estado sólido, detectores de proximidad de metales y de corriente, se consiguen disponibles en varios tamaños y terminaciones. Estos sensores combinan fiabilidad, velocidad, durabilidad y compatibilidad con diversos circuitos electrónicos para aportar soluciones a las necesidades de aplicación.

Sensores de presión y fuerza

Los sensores de presión son pequeños, fiables y de bajo costo. Ofrecen una excelente repetitividad y una alta precisión y fiabilidad bajo condiciones ambientales variables. Además, presentan unas características operativas constantes en todas las unidades y una intercambiabilidad sin recalibración.

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: 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

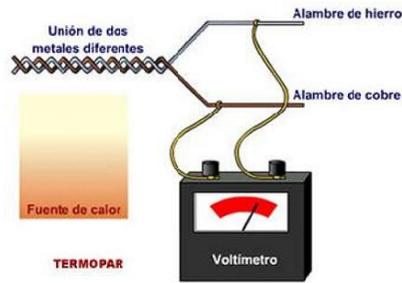


Figura III - 30: Esquema de Funcionamiento de Termopar

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.

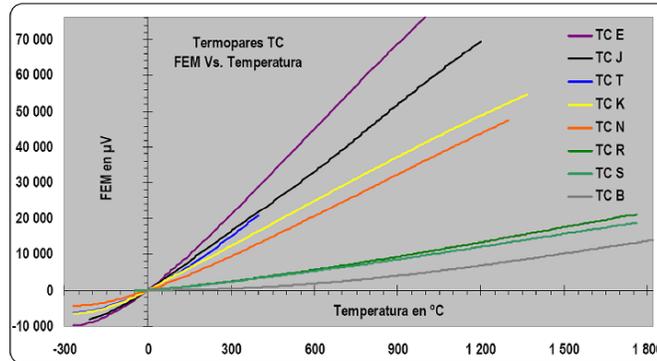


Figura III- 31: Esquema de Funcionamiento de Termopar

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 Termal Coefficient). También lo son las NTC (Negative Termal 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.

Sensores de turbidez

Los sensores de turbidez aportan una información rápida y práctica de la cantidad relativa de sólidos suspendidos en el agua u otros líquidos. La medición de la conductividad da una medición relativa de la concentración iónica de un líquido dado.

Sensores de presión

Los sensores de presión están basados en tecnología piezo resistiva, combinada con microcontroladores que proporcionan una alta precisión, independiente de la temperatura, y capacidad de comunicación digital directa con PC. Las aplicaciones afines

a estos productos incluyen instrumentos para aviación, laboratorios, controles de quemadores y calderas, comprobación de motores, tratamiento de aguas residuales y sistemas de frenado.

3.6.5. Criterio de la selección de sensores en la automatización

La selección se basa en la decisión sobre cuál es el sensor más adecuado. Esto depende del material del objeto el cual debe detectarse. Si el objeto es metálico, se requiere un sensor inductivo. Si el objeto es de plástico, papel, o si es líquido (basado en aceite o agua), granulado o en polvo, se requiere un sensor capacitivo. Si el objeto puede llevar un imán, es apropiado un sensor magnético.

Se introducen las características que hacen de cada uno de ellos un tipo de sensor adecuado a cada situación.

Sensores Capacitivos.

- El funcionamiento de este tipo de sensores se basa en la detección de la variación de permitividad del medio próximo al sensor, lo cual repercute en una variación de la capacidad electrostática.
- Se emplean en la detección de objetos de materiales diversos, siempre que puedan servir como medio dieléctrico o conductor.
- Bastante buena sensibilidad, pero depende del material del que está compuesto el objeto a detectar.
- Distancias de detecciones pequeñas.
- Presentan sensibilidad a la presencia de polvo y suciedad, y su funcionamiento se ve afectado por la humedad.
- Son muy empleados en la detección de nivel de líquidos en depósitos.

Sensores Inductivos.

- Se basan en la detección de corrientes parasitas inducidas en el objeto a detectar. Estas corrientes son producidas por un campo electromagnético emitido por el propio sensor.

- Como se puede deducir de lo anterior, solamente detectan objetos metálicos.
- Son menos sensibles a efectos externos no deseados que los capacitivos.
- Presentan distancias de detección similares a los capacitivos o un poco mayores, pero siempre relativamente pequeñas.
- Pueden verse afectados por elementos externos que provoquen algún campo electromagnético, y debe protegerse la posible interferencia entre varios inductivos.
- Sensibilidad buena.

Sensores Ópticos.

- Es un grupo muy amplio debido a las grandes configuraciones que existen. Se basan en la emisión de luz y su posterior detección.
- Son sensores de gran precisión en general (depende mucho de la configuración concreta).
- Se consiguen distancias de detección mayores que los anteriores.
- Suelen presentar el inconveniente de que su colocación es más costosa y exigente.
- Presentan gran rapidez de respuesta.
- Sirven para detectar casi todo tipo de materiales.
- Se ven afectados por la suciedad ambiental. La luz ambiental puede ocasionar en algunas ocasiones detección en el receptor.

Finales de Carrera.

- Son sensores de contacto.
- Son muy baratos en comparación con los anteriores tipos de sensores.
- Manejan cargas superiores, pudiendo trabajar directamente en alterna.
- Se utilizan en tareas de control pero también en tareas de mando.
- Soportan fuerzas de actuación elevadas.
- Una aplicación muy típica es la de detección de apertura de puertas en máquinas.

CAPÍTULO IV

4. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

4.1. PROGRAMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)

4.1.1. Introducción

Las empresas de hoy, que piensan en el futuro, se encuentran provistas de modernos dispositivos electrónicos en sus máquinas y procesos de control. Hoy las fábricas automatizadas deben proporcionar en sus sistemas, alta confiabilidad, gran eficiencia y flexibilidad. Una de las bases principales de tales fábricas es un dispositivo electrónico llamado Controlador Lógico Programable.

Los primeros PLCs se usaron solamente como remplazo de relevadores, es decir, su capacidad se reducía exclusivamente al control On -Off (de dos posiciones) en máquinas y procesos industriales. De hecho todavía se siguen usando en muchos casos como tales.

La gran diferencia con los controles por relevador fue su facilidad de instalación, ocupan menor espacio, costo reducido, y proporcionan autodiagnósticos sencillos.

Este dispositivo fue inicialmente introducido en 1970 y se ha ido refinando con nuevos componentes electrónicos, tales como Microprocesadores de alta velocidad, agregándole funciones especiales para el control de proceso más complejos. Hoy los Controladores Programables son diseñados usando lo último en diseño de Micro-procesadores y circuitería electrónica lo cual proporciona una mayor confiabilidad en su operación en aplicaciones industriales donde existen peligro debido al medio ambiente, alta repetibilidad, altas temperaturas, ruido ambiente o eléctrico, suministro de potencia eléctrica no confiable, vibraciones mecánicas etc.

Este capítulo contiene información sobre cómo montar y programar los PLCs S7-1200 y está dirigido a ingenieros, programadores, técnicos de instalación y electricistas que dispongan de conocimientos básicos sobre los controladores lógicos programables.

4.1.2. Definición de PLC.

EL PLC es un aparato electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones las cuales implementan funciones específicas tales como lógicas, secuenciales, temporización, conteo y aritméticas, para controlar a través de módulos de entrada /salida digitales y analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. Una computadora digital que es usada para ejecutar las funciones de un controlador programable, se puede considerar bajo este rubro. Se excluyen los controles secuenciales mecánicos.

De una manera general podemos definir al controlador lógico programable a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control. Su programación y manejo puede ser realizado por personal con conocimientos electrónicos sin previos conocimientos sobre informática.

4.1.3. Ventajas de los PLCs

Los Controladores Lógicos Programables, PLC como ellos son comúnmente llamados, ofrecen muchas ventajas sobre otros dispositivos de control tales como relevadores, temporizadores electrónicos, contadores y controles mecánicos como del tipo tambor.

El objetivo de este texto es mostrar el funcionamiento interno y de programación de este tipo de controladores, además de mostrar algunas de sus aplicaciones en la industria, también realizar una serie de prácticas para que el técnico o ingeniero en la industria pueda iniciarse en este apasionante rama de la automatización.

4.1.4. Clasificación de los PLC

Debido a la gran variedad de distintos tipos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías.

➤ **PLC tipo Nano:**

Generalmente PLC de tipo compacto (Fuente, CPU e I/O integradas) que puede manejar un conjunto reducido de I/O, generalmente en un número inferior a 100. Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

➤ **PLC tipo Compactos:**

Estos PLC tienen incorporado la Fuente de Alimentación, su CPU y módulos de I/O en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas I/O hasta varios cientos (alrededor de 500 I/O) , su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- entradas y salidas análogas
- módulos contadores rápidos
- módulos de comunicaciones

- interfaces de operador
- expansiones de i/o

➤ **PLC tipo Modular:**

Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son:

- Rack
- Fuente de Alimentación
- CPU

➤ **Módulos de I/O**

De estos tipos existen desde los denominados MicroPLC que soportan gran cantidad de I/O, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de I/O.

➤ **Constitución.**

Un autómata programable propiamente dicho está constituido por:

Un dispositivo de alimentación: que proporciona la transformación de la energía eléctrica suministrada por la red de alimentación en las tensiones continuas exigidas por los componentes electrónicos.

Una tarjeta procesadora: es el cerebro del autómata programable que interpreta las instrucciones que constituyen el programa grabado en la memoria y deduce las operaciones a realizar.

Una tarjeta de memoria: contiene los componentes electrónicos que permiten memorizar el programa, los datos (señales de entrada) y los accionadores (señales de salida).

Por otro lado es necesario utilizar una consola de programación para escribir y modificar el programa , así como para los procesos de puesta a punto y pruebas. Esta consola es. Por el contrario, inútil en la explotación industrial del autómatas

4.1.5. Campos de aplicación de los PLCS

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del Hardware y Software amplía continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el aspecto de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc.,... por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo al de transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, las extremas facilidades de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficiencia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se reduce necesidades tales como: Espacio reducido. Procesos de producción periódicamente cambiantes Maquinaria de procesos variables. Instalación de procesos complejos y amplios. Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Ejemplos de aplicaciones de un PLC

- Maniobras de máquinas.
- Maquinaria industrial del mueble y la madera.
- Maquinaria en proceso de grava, arena y cemento.
- Maquinaria en la industria del plástico.
- Maquinaria de ensamblaje.

4.2. PLC SIEMENS S7 1200

4.2.1. Introducción al PLC SIMATIC S7-1200

El mundo del S7-1200, el último dentro de una gama de controladores SIMATIC de Siemens. El controlador compacto SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a su diseño compacto, su bajo coste y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas.



Figura IV - 1: Controlador S7-1200 Compacto

En el marco del compromiso SIMATIC para con la automatización plenamente integrada (TIA: Totally Integrated Automation), la familia de productos S7-1200 y la herramienta de programación STEP 7 Basic proporcionan la flexibilidad necesaria para cubrir las diferentes necesidades de automatización de cada caso.

La gama S7-1200 abarca distintos controladores lógicos programables (PLCs) que pueden utilizarse para numerosas tareas. Gracias a su diseño compacto, bajo coste y amplio juego de instrucciones, los PLCs S7-1200 son idóneos para controlar una gran variedad de aplicaciones. Los modelos S7-1200 y el software de programación basado en Windows ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización.

La solución basada en el controlador SIMATIC S7-1200, diseñado dentro de la categoría de "compactos", se compone del controlador SIMATIC S7-1200 y los paneles SIMATIC HMI Basic, ambos programables con el software de configuración SIMATIC STEP 7 Basic. La posibilidad de programar ambos dispositivos con el mismo software reduce significativamente los costes de desarrollo.

El controlador S7-1200 compacto incluye:

- PROFINET incorporado
- E/S de alta velocidad aptas para el control de movimiento, entradas analógicas incorporadas para minimizar el espacio requerido y excluir la necesidad de E/S adicionales, 2 generadores de impulsos para aplicaciones con modulación del ancho de pulso, y hasta 6 contadores rápidos.
- Diferentes entradas y salidas incorporadas en los módulos CPU proporcionan entre 6 y 14 entradas y entre 4 y 10 salidas
- Módulos de señales para DC, relé o E/S analógicas amplían el número de E/S, mientras que las innovadoras SignalBoards integradas en el frontal de la CPU proporcionan entradas y salidas adicionales.

4.2.2. Características del PLC SIMATIC S7-1200

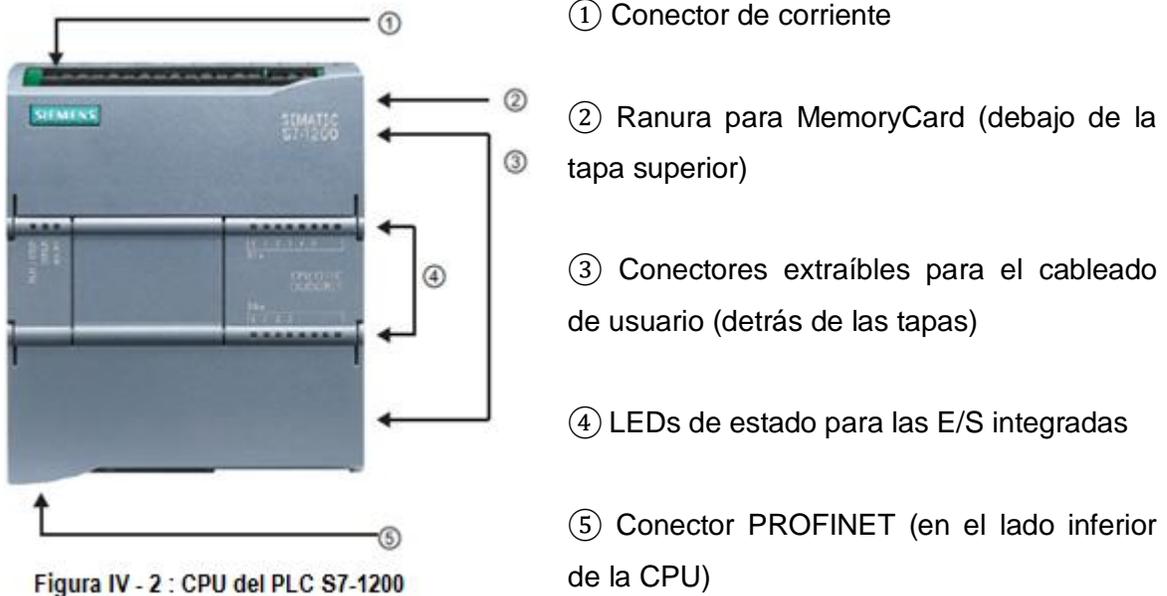
La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC.

Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control:

- Toda CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones.
- Es posible utilizar la "protección de know-how" para ocultar el código de un bloque específico.

La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232.



La gama S7-1200 ofrece una gran variedad de módulos de señales y SignalBoards que permiten ampliar las prestaciones de la CPU. También es posible instalar módulos de comunicación adicionales para soportar otros protocolos de comunicación.

| Función | CPU 1212C |
|---|--|
| Tamaño físico | 90 mm x 100 mm x 75 mm |
| <ul style="list-style-type: none">• Memoria de trabajo• Memoria de carga• Memoria remanente | <ul style="list-style-type: none">• 25 KB• 1 MB• 2 KB |
| <ul style="list-style-type: none">• E/S digitales integradas• E/S analógicas integradas | <ul style="list-style-type: none">• 8 entradas y 6 salidas• 2 entradas |
| <ul style="list-style-type: none">• Memoria imagen de proceso (entradas)• Memoria imagen de proceso (salidas)• Área de marcas (M) | <ul style="list-style-type: none">• 1024 bytes• 1024 bytes• 4096 bytes |

Tabla IV- I: Funciones de SIMATIC S7 1200

4.2.3. SignalBoards

Una SignalBoard (SB) permite agregar E/S a la CPU. Es posible agregar una SB con E/S digitales o analógicas. Una SB se conecta en el frente de la CPU.

- SB con 4 E/S digitales (2 entradas DC y 2 salidas DC)
- SB con 1 entrada analógica

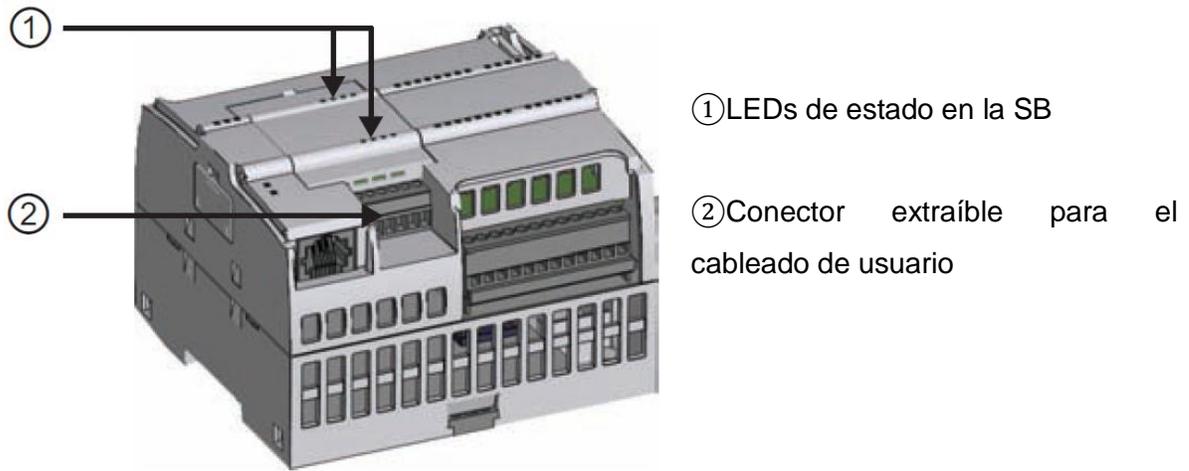


Figura IV-3: SignalBoard

4.2.4. Ampliar la capacidad de la CPU

La gama S7-1200 ofrece una gran variedad de módulos de señales y SignalBoards que permiten ampliar las prestaciones de la CPU. También es posible instalar módulos de comunicación adicionales para soportar otros protocolos de comunicación. Para más información sobre un módulo en particular.

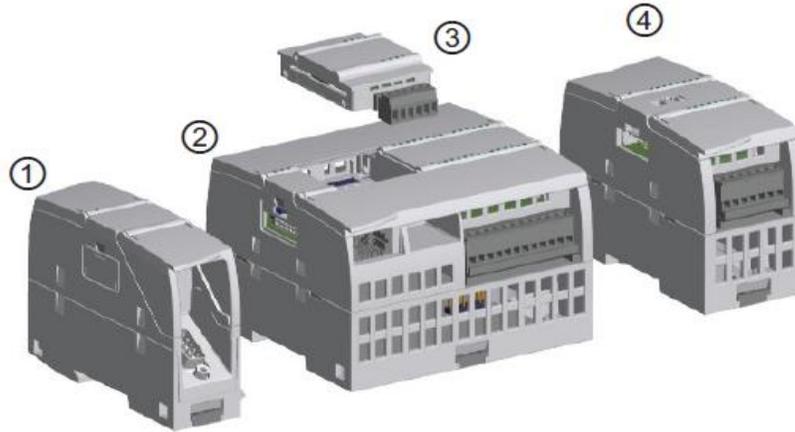


Figura IV-4: Módulos de Ampliación

- ① Módulo de comunicación (CM)
- ② CPU
- ③ SignalBoard (SB)
- ④ Módulo de señales (SM)

| Módulo | | Sólo entradas | Sólo salidas | Entradas y salidas |
|--|-----------|--|--|---|
| Módulo de señales (SM) | Digital | 8 entradas DC | 8 salidas DC 8 salidas de relé | 8 entradas DC/8 salidas DC 8 entradas DC/8 salidas de relé |
| | | 16 entradas DC | 16 salidas DC 16 salidas de relé | 16 entradas DC/16 salidas DC 16 entradas DC/16 salidas de relé |
| | Analógico | 4 entradas analógicas 8 entradas analógicas | 2 salidas analógicas 4 salidas analógicas | 4 entradas analógicas/2 salidas analógicas |
| Signal Board (SB) | Digital | - | - | 2 entradas DC/2 salidas DC |
| | Analógico | - | 1 salida analógica | - |
| Módulo de comunicación (CM) | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • RS485 • RS232 | | | | |

Tabla IV- II: Especificaciones para los Módulos de Ampliación

4.2.5. Estados operativos de la CPU

La CPU tiene tres estados operativos, a saber: STOP, ARRANQUE y RUN. Los LEDs de estado en el frente de la CPU indican el estado operativo actual.

- En estado operativo STOP, la CPU no ejecuta el programa, por lo que es posible cargar un proyecto en la CPU.
- En estado operativo ARRANQUE, la CPU ejecuta la lógica de arranque, si la hubiere. Los eventos de alarma no se procesan durante el arranque.
- En estado operativo RUN, el ciclo se ejecuta repetidamente. Pueden aparecer eventos de alarma que se procesan en cualquier fase del ciclo del programa.

La CPU no dispone de interruptores físicos para cambiar de estado operativo (STOP o RUN). Al configurar la CPU en la configuración de dispositivos, es posible definir el comportamiento en arranque en las propiedades de la CPU.

STEP 7 Basic ofrece un panel de mando que permite cambiar el estado operativo de la CPU online.

Utilice el botón del panel de mando para cambiar el estado operativo (STOP o RUN). El panel de mando también dispone de un botón MRES para inicializar la memoria.



Figura IV - 5: Herramientas Online

El color del indicador RUN/STOP muestra el estado operativo actual de la CPU:

- Amarillo indica el estado operativo STOP.
- Verde indica el estado operativo RUN.
- Intermitente indica el estado operativo ARRANQUE



Figura IV-6: Estado Operativo CPU

4.2.6. Dimensiones de montaje y espacio libre necesario

El PLC S7-1200 ha sido diseñado para un fácil montaje. Tanto montado sobre un panel como sobre un perfil DIN, su tamaño compacto permite optimizar el espacio.

Las CPUs, los SMs y CMs pueden montarse en un perfil DIN o en un panel. Utilice los clips del módulo previstos para el perfil DIN para fijar el dispositivo al perfil. Estos clips también pueden extenderse a otra posición para poder montar la unidad directamente en un panel.

La dimensión interior del orificio para los clips de fijación en el dispositivo es 4,3 mm.

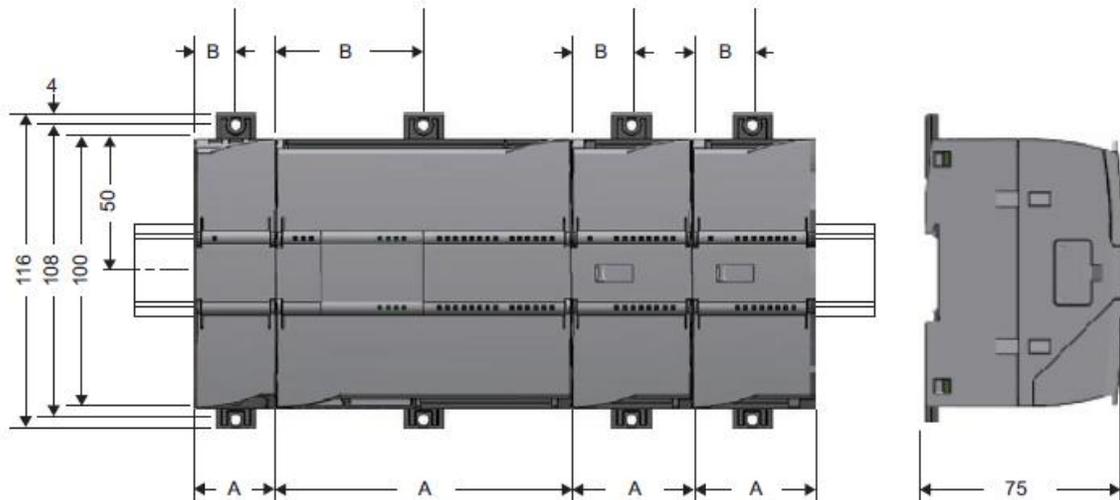


Figura IV- 7: Dimensiones de Montaje

| Dispositivos S7-1200 | | Ancho A | Ancho B |
|-----------------------------|---|---------|---------|
| CPU | CPU 1211C y CPU 1212C | 90 mm | 45 mm |
| | CPU 1214C | 110 mm | 55 mm |
| Módulo de señales (SM) | 8 y 16 E/S, DC y relé (8I, 16I, 8Q, 16Q, 8I/8Q) Analogicos (4AI, 8AI, 4AI/4AQ, 2AQ, 4AQ) | 45 mm | 22.5 mm |
| | 16I/16Q relé (16I/16Q) | 70 mm | 35 mm |
| Módulo de comunicación (CM) | CM 1241 RS232 y CM 1241 RS485 | 30 mm | 15 mm |

Tabla IV- III: Dimensiones de Montaje

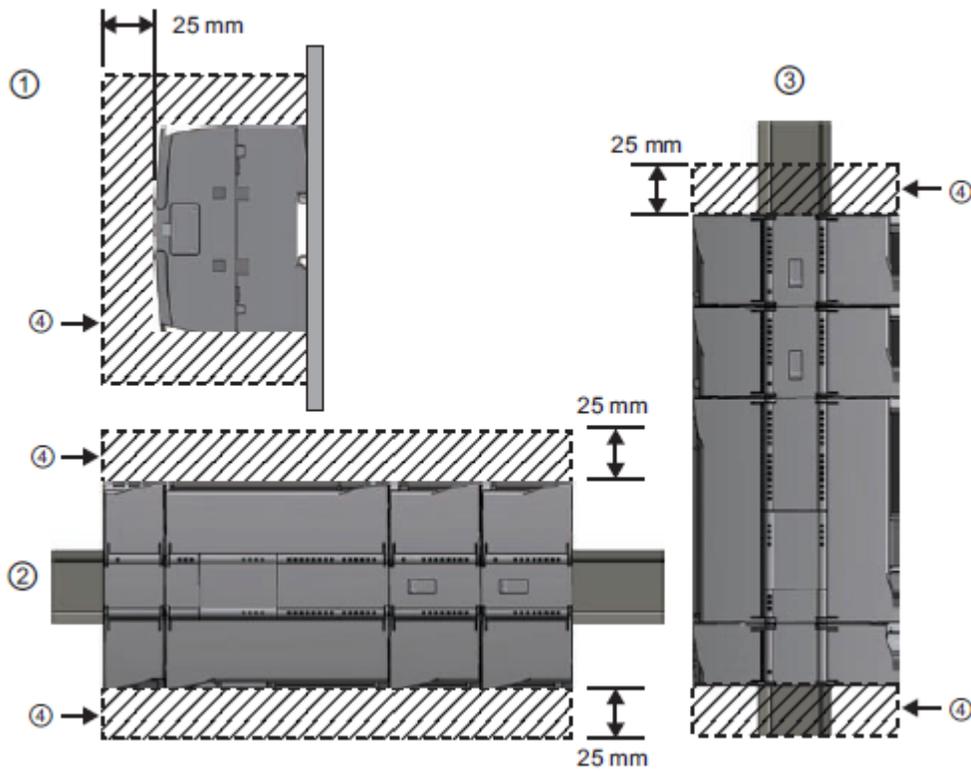


Figura IV-8: Espacio libre necesario.

- ① Vista lateral
- ② Montaje horizontal
- ③ Montaje vertical
- ④ Espacio libre

A la hora de planificar la instalación, observe las siguientes directrices:

- Aleje los dispositivos de fuentes de calor, alta tensión e interferencias.

- Procure espacio suficiente para la refrigeración y el cableado. Es preciso prever una zona de disipación de 25 mm por encima y por debajo de la unidad para que el aire pueda circular libremente.

4.3. Funciones básicas de STEP 7 Basic

STEP 7 Basic proporciona un entorno de fácil manejo para configurar la lógica del controlador, la visualización de HMI y la comunicación por red. Para aumentar la productividad, STEP 7 Basic ofrece dos vistas diferentes del proyecto, a saber: Distintos portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto). El usuario puede seleccionar la vista que considere más apropiada para trabajar eficientemente. Con un solo clic es posible cambiar entre la vista del portal y la vista del proyecto.

La vista del proyecto proporciona una vista funcional de las tareas del proyecto y organiza las herramientas de acuerdo con la tarea que se va a realizar. Es posible determinar fácilmente el procedimiento y la tarea que debe seleccionarse.



- ① Portales para las diferentes tareas
- ② Tareas del portal seleccionado
- ③ Panel de selección para la acción seleccionada
- ④ Cambia a la vista del proyecto

Figura IV-9: Vista principal del TIA Portal STEP 7

La vista del proyecto proporciona acceso a todos los componentes del proyecto.

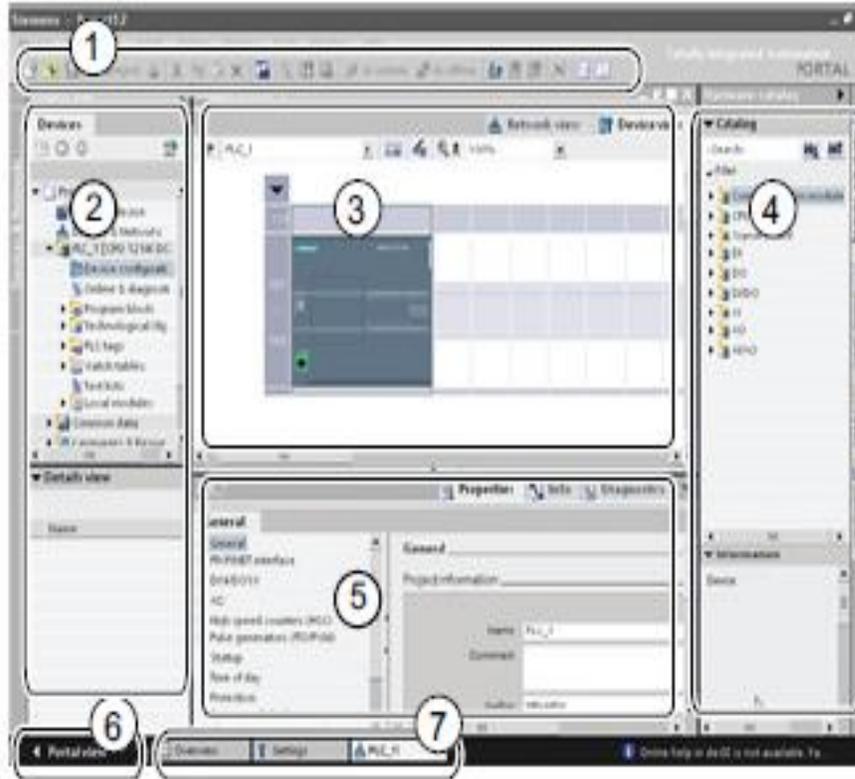


Figura IV-10: Componentes del proyecto

- ① Menús y barra de herramientas
- ② Árbol del proyecto
- ③ Área de trabajo
- ④ TaskCards
- ⑤ Ventana de inspección
- ⑥ Cambia a la vista del portal
- ⑦ Barra del editor

Puesto que todos estos componentes se encuentran en un solo lugar, es posible acceder fácilmente a todas las áreas del proyecto. La ventana de inspección, por ejemplo, muestra las propiedades e información acerca del objeto seleccionado en el área de trabajo.

Si se seleccionan varios objetos, la ventana de inspección muestra las propiedades que pueden configurarse. La ventana de inspección incluye fichas que permiten ver información de diagnóstico y otros mensajes.

La barra de editores agiliza el trabajo y mejora la eficiencia, ya que muestra todos los editores que están abiertos. Para cambiar entre los editores abiertos, basta con hacer clic sobre el editor en cuestión.

También es posible visualizar dos editores simultáneamente, ya sea en mosaico vertical u horizontal. Esta función permite mover elementos entre los editores mediante Drag&Drop.

4.3.1. Acceso fácil a la ayuda

Para facilitar la localización de más información y ayudar a solucionar las tareas de forma rápida y eficiente, STEP 7 Basic proporciona asistencia inteligente donde se necesite: Por ejemplo, algunos de los tooltips de la interfaz de usuario (p. ej. en las instrucciones) se abren "en cascada", ofreciendo información adicional. Un triángulo negro junto al tooltip indica que hay más información disponible (Ver Figura IV-11).

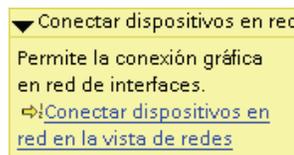


Figura IV-11: Tooltips en cascada

STEP 7 Basic provee un completo sistema de información y ayuda en pantalla, en el que se describen todos los productos TIA SIMATIC que se han instalado.

El sistema de información se abre en una ventana que no oculta las áreas de trabajo. Haga clic en el botón "Mostrar/ocultar contenido" del sistema de información para ver el contenido y desacoplar la ventana de ayuda.

Entonces se puede cambiar el tamaño de la ventana de ayuda.

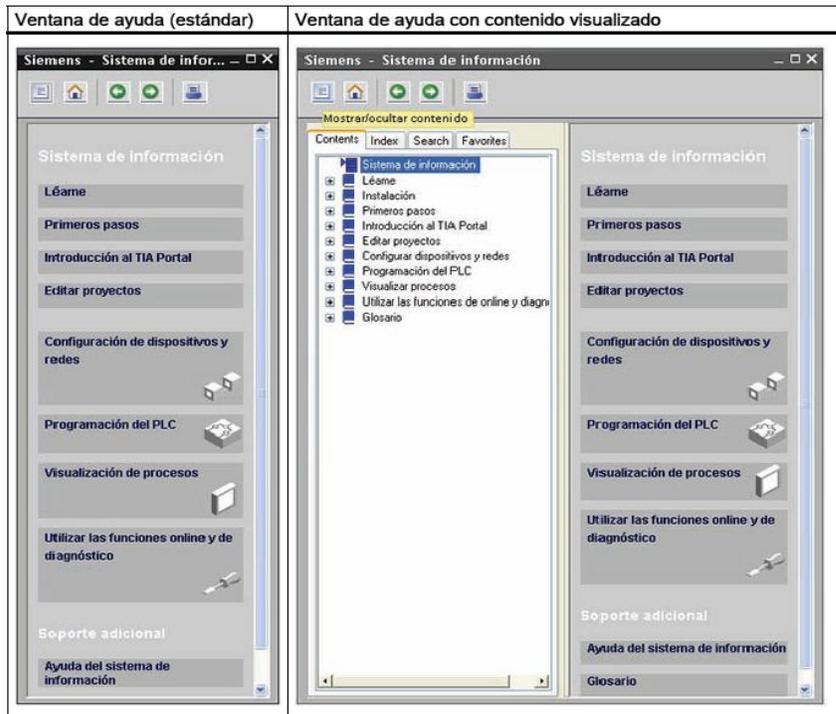


Figura IV- 12: Ventana de ayuda del STEP7

4.3.2. Herramientas fáciles de utilizar

4.3.2.1. Fácil entrada de instrucciones en el programa de usuario

STEP 7 Basic dispone de TaskCards que contienen las instrucciones que pueden utilizarse en el programa. Las instrucciones se agrupan por funciones.

Para crear el programa, arrastre las instrucciones desde las TaskCards a los diferentes segmentos mediante Drag&Drop.



Figura IV- 13: Fácil entrada de instrucciones

4.3.2.2. Fácil acceso a las instrucciones más utilizadas desde la barra de herramientas

STEP 7 Basic proporciona una barra de herramienta de "Favoritos" que permite acceder rápidamente a las instrucciones utilizadas con mayor frecuencia.



Figura IV- 14: Barra de Herramientas

Sólo tiene que hacer clic en el botón de la instrucción que desea insertar en el segmento. Los "Favoritos" pueden personalizarse fácilmente agregando nuevas instrucciones. Para ello sólo hay que mover la instrucción a "Favoritos" mediante Drag&Drop. La instrucción ya está al alcance de un clic.



Figura IV- 15: Barra de Herramientas Favoritos

4.3.2.3. La función de Drag&Drop puede utilizarse fácilmente entre editores

Para ayudar a realizar las tareas rápida y fácilmente, STEP 7 Basic permite arrastrar elementos mediante Drag&Drop de un editor a otro. Así, es posible, por ejemplo, arrastrar una entrada de la CPU a la dirección de una instrucción del programa de usuario. (Es necesario ampliar el zoom como mínimo al 200% para poder seleccionar la E/S de la CPU.)

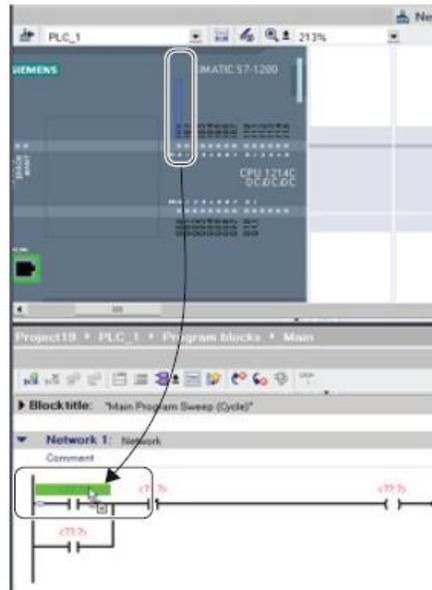


Figura IV- 16: Función de Drag&Drop

Recuerde que los nombres de las variables no sólo se muestran en la tabla de variables PLC, sino también en la CPU. Para visualizar dos editores al mismo tiempo, utilice los comandos de menú "Dividir el área del editor" o los botones correspondientes de la barra de herramientas.



Figura IV- 17: Dividir el área del editor

Para cambiar entre los editores abiertos, haga clic en los botones de la barra de editores.



Figura IV- 18: Barra de editores

4.3.3. Ejecución del programa de usuario

La CPU soporta los siguientes tipos de bloques lógicos que permiten estructurar eficientemente el programa de usuario:

- Los bloques de organización (OBs) definen la estructura del programa. Algunos OBs tienen reacciones y eventos de arranque predefinidos. No obstante, también es posible crear OBs con eventos de arranque personalizados.
- Las funciones (FCs) y los bloques de función (FBs) contienen el código de programa correspondiente a tareas específicas o combinaciones de parámetros. Cada FC o FB provee parámetros de entrada y salida para compartir datos con el bloque invocante. Un FB utiliza también un bloque de datos asociado (denominado DB instancia) para conservar el estado de valores durante la ejecución que pueden utilizar otros bloques del programa.
- Los bloques de datos (DBs) almacenan datos que pueden ser utilizados por los bloques del programa.

La ejecución del programa de usuario comienza con uno o varios bloques de organización (OBs) de arranque que se ejecutan una vez al cambiar a estado operativo RUN, seguidos de uno o varios OBs de ciclo que se ejecutan cíclicamente. También es posible asociar un OB a un evento de alarma que puede ser un evento estándar o de error y que se ejecuta cada vez que ocurre el evento en cuestión.

Una función (FC) o un bloque de función (FB) es un bloque de código del programa que puede llamarse desde un OB, o bien desde otra FC u otro FB. Son posibles los niveles siguientes:

- 16 desde OBs de ciclo o de arranque
- 4 desde OBs de alarma de retardo, alarma cíclica, alarma de proceso, alarma de error de tiempo o alarma de diagnóstico.

Las FCs no están asociadas a ningún bloque de datos (DB) en particular, mientras que los FBs están vinculados directamente a un DB que utilizan para transferir parámetros, así como para almacenar valores intermedios y resultados.

El tamaño del programa de usuario, los datos y la configuración está limitado por la memoria de carga disponible y la memoria de trabajo de la CPU. El número de bloques soportado no está limitado dentro de la cantidad de memoria de trabajo disponible.

En cada ciclo se escribe en las salidas, se leen las entradas, se ejecutan las instrucciones del programa de usuario y se realiza el mantenimiento del sistema o procesamiento en segundo plano. En inglés, el ciclo también se llama "scancycle" o "scan".

La SignalBoard, así como los módulos de señales y de comunicación, se detectan y se dan de alta durante el arranque.

La CPU ejecuta las siguientes tareas:

- La CPU escribe las salidas desde la memoria imagen de proceso de las salidas en las salidas físicas.
- La CPU lee las entradas físicas inmediatamente antes de ejecutar el programa de usuario y almacena los valores de entrada en la memoria imagen de proceso de las entradas. Así se garantiza que estos valores sean coherentes durante la ejecución de las instrucciones programadas.
- La CPU ejecuta la lógica de las instrucciones programadas y actualiza los valores de salida en la memoria imagen de proceso de las salidas, en vez de escribirlos en las salidas físicas reales.

Este proceso ofrece una lógica coherente al ejecutar las instrucciones programadas durante un ciclo determinado y previene la fluctuación de las salidas físicas cuyo estado puede cambiar varias veces en la memoria imagen de proceso de las salidas.

4.3.4. Estados operativos de la CPU

La CPU tiene tres estados operativos, a saber: STOP, ARRANQUE y RUN. Los LEDs de estado en el frente de la CPU indican el estado operativo actual.

- En estado operativo STOP, la CPU no ejecuta el programa. Entonces es posible cargar un proyecto en la CPU.
- En estado operativo ARRANQUE, los OBs de arranque (si existen) se ejecutan una vez. Los eventos de alarma no se procesan durante la fase de arranque del estado operativo RUN.
- El ciclo se ejecuta repetidamente en estado operativo RUN. Los eventos de alarma pueden ocurrir y procesarse en cualquier fase del ciclo del programa. En estado operativo RUN no es posible cargar proyectos en la CPU.

La CPU soporta el arranque en caliente para pasar al estado operativo RUN. El arranque en caliente no incluye la inicialización de la memoria. Los datos de sistema no remanentes y los datos de usuario se inicializan en un arranque en caliente. Se conservan los datos de usuario remanentes.

La CPU soporta los tipos de arranque siguientes:

- Estado operativo STOP.
- Cambio a estado operativo RUN después del arranque en caliente.
- Cambio al estado operativo anterior después del arranque en caliente.

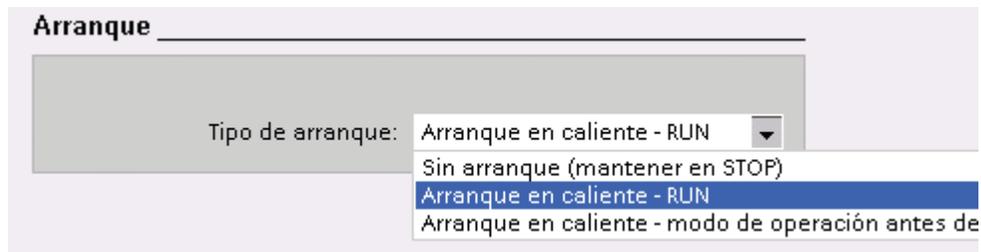


Figura IV- 19: Tipos de arranque de la CPU.

El estado operativo actual se puede cambiar mediante los comandos "STOP" o "RUN" de las herramientas online del software de programación. También se puede insertar una instrucción STP en el programa para cambiar la CPU a estado operativo STOP. Esto permite detener la ejecución del programa en función de la lógica.

4.3.5. Estructura del programa S7-1200 en STEP 7 Basic

STEP 7 Basic utiliza la misma arquitectura de bloques que el S7-300.

- Modularización y reutilización más sencilla.
- Los objetos tecnológicos (p.ej.. PID control) se pueden estandarizar y llamar varias veces.
- Soporta referencias simbólicas.

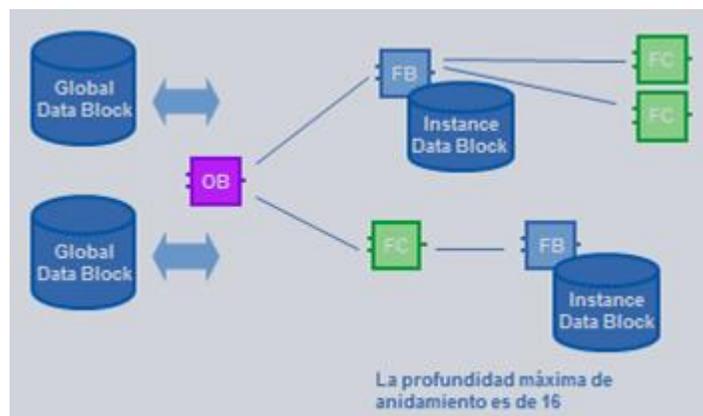


Figura IV- 20: Estructura del programa S7-1200

4.3.6. Tipos de bloques de datos de instancias del S7-1200

STEP 7 Basic utiliza bloques de datos de instancia única y multi-instancia.

- Un bloque de función (FB) puede llamarse varias veces.
- Un tipo de FB (p.ej.. el FB "Motor") puede controlar varios accionamientos.
- Los datos reales de los diferentes accionamientos se pueden almacenar en distintos DBs de instancia única o multi-instancia.
- Dos FB pueden compartir un DB multi-instancia y así optimizar el uso de la memoria.

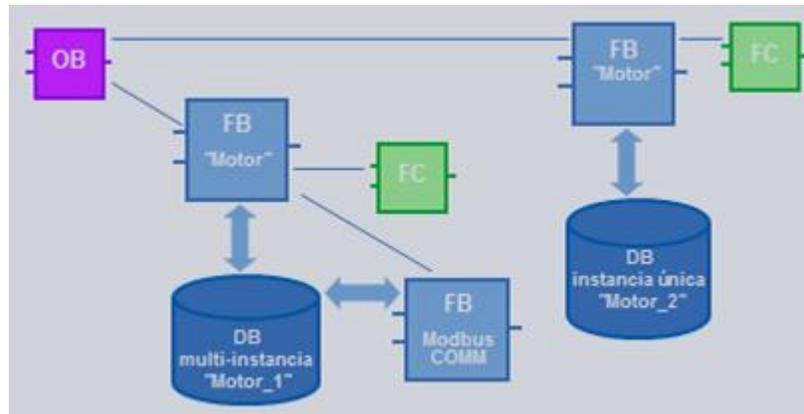


Figura IV- 21: Tipos de bloques de datos.

4.3.7. Interfaz PROFINET

La interfaz PROFINET integrada puede usarse indistintamente para la programación o para la comunicación HMI o de CPU a CPU. Además, permite la comunicación con equipos de otros fabricantes, mediante protocolos abiertos de Ethernet. Esta interfaz ofrece una conexión RJ45 con función Autocrossing y permite velocidades de transferencia de datos de 10/100 Mbits/s.

La interfaz PROFINET integrada permite la comunicación con:

- Programadora
- Dispositivos HMI
- Otros controladores SIMATIC

Los siguientes protocolos son compatibles:

- TCP/IP
- ISO on TCP
- Comunicación S7

Es posible conectar:

- Programadora Field PG y PC mediante cable CAT5 estándar.

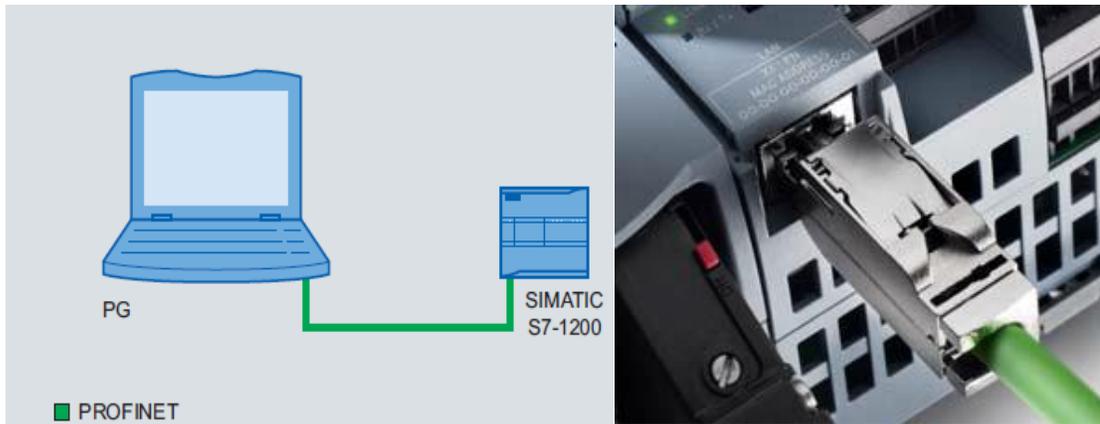


Figura IV- 22: Conexión de PG y CPU de SIMATIC S7-1200.

4.3.8. Instalar STEP 7 Basic

El disco de instalación de STEP 7 Basic contiene el siguiente software SIMATIC:

- STEP 7 Basic para la CPU S7-1200
- WinCC Flexible Basic para los SIMATIC HMI Basic Panels
- License Manager para autorizar los productos de software SIMATIC

Inserte el disco en la unidad correspondiente del equipo. El programa de instalación se inicia automáticamente. Seleccione el idioma de los diálogos de instalación y siga las instrucciones que aparecen en pantalla.

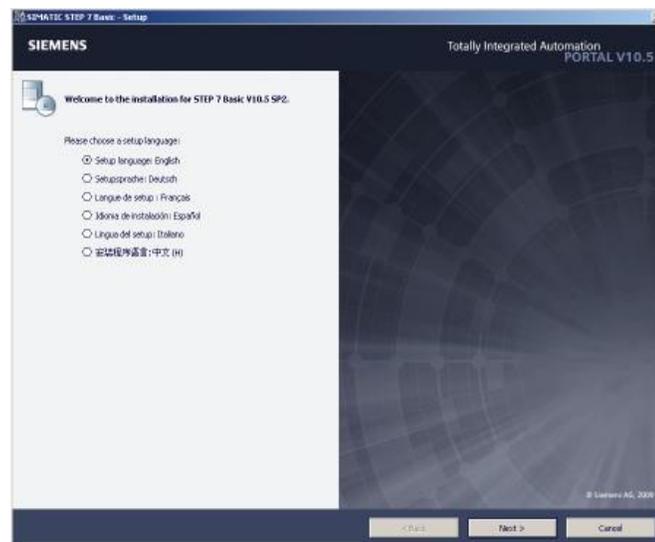


Figura IV- 23: Instalación STEP 7.

Es posible instalar el software en varios idiomas. Por lo general, se recomienda instalar únicamente el idioma que se utilizará. No obstante, es posible instalar todos o cualquiera de los demás idiomas. Tenga en cuenta que si instala más de un idioma, necesitará más espacio en el disco duro.

4.3.9. Crear un proyecto para el programa de usuario

Haga doble clic en el icono del Escritorio para iniciar STEP 7 Basic. Tras abrir STEP 7 Basic, haga clic en "Crear proyecto" en el portal de inicio. Introduzca el nombre del proyecto y haga clic en "Crear".

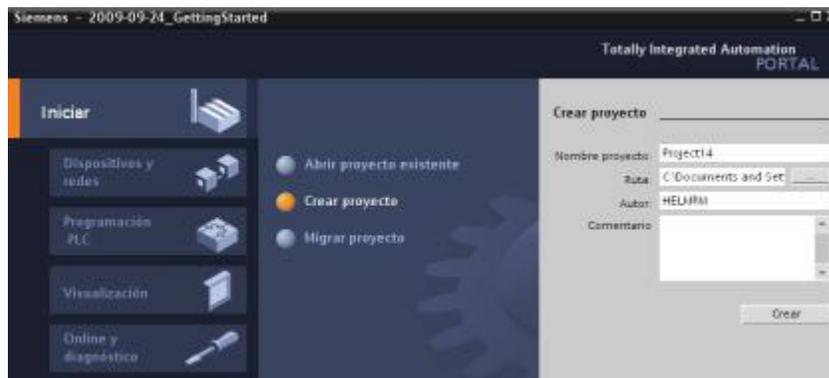


Figura IV- 24: "Crear proyecto".

STEP 7 Basic visualiza los "Primeros pasos". Cree un programa de usuario haciendo clic en "Crear un programa PLC". STEP 7 Basic crea el bloque lógico "Main" para el programa de usuario y abre el portal "Programación PLC".

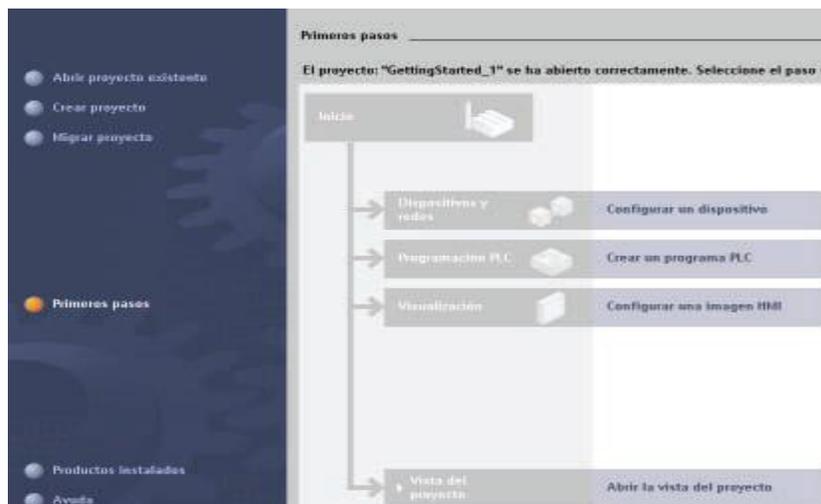


Figura IV- 25: Primeros pasos.

4.3.10. Configuración de dispositivos

Para crear la configuración de dispositivos, agregue un dispositivo al proyecto.

- En la vista del portal, seleccione "Dispositivos y redes" y haga clic en "Agregar dispositivo".

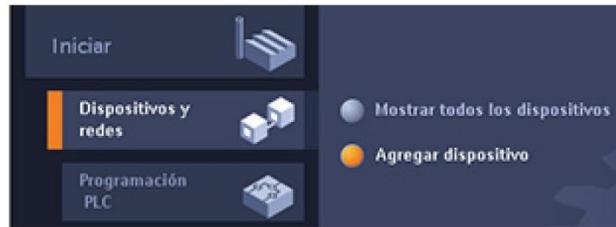


Figura IV-26: Forma de agregar dispositivo en STEP7

- En la vista del proyecto, bajo el nombre del proyecto, haga doble clic en "Agregar nuevo dispositivo".



Figura IV- 27: Agregar un nuevo dispositivo

4.3.10.1. Inserta una CPU

La configuración de dispositivos se crea insertando una CPU en el proyecto. Al seleccionar la CPU en el diálogo "Agregar nuevo dispositivo" se crean el rack y la CPU.

Diálogo "Agregar nuevo dispositivo"



Figura IV- 281: Forma de insertar un dispositivo

Vista de dispositivos de la configuración de hardware.

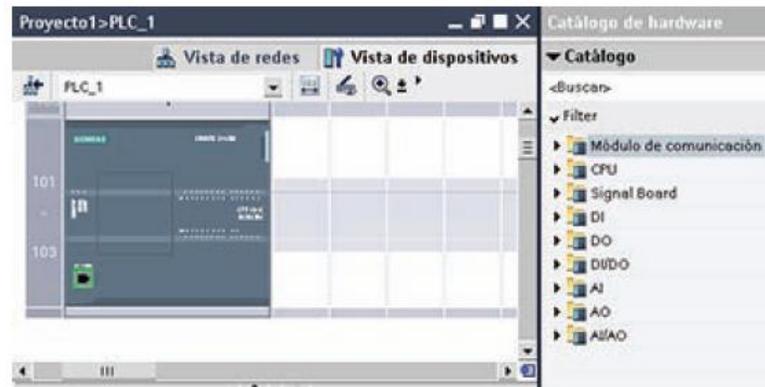


Figura IV- 29: CPU insertada

4.3.10.2. Detectar la configuración de la CPU sin especificar

Cargar una configuración hardware existente es muy fácil. Si existe una conexión con una CPU, es posible cargar su configuración en el módulo (incluidos los módulos). Tan sólo hay que crear un proyecto nuevo y seleccionar la "CPU sin especificar" en lugar de una específica. (También es posible omitir la configuración de dispositivo por completo

seleccionando "Crear un programa PLC" en "Primeros pasos". Entonces STEP 7 Basic crea automáticamente una CPU sin especificar.) En el editor de programación, seleccione el comando "Detección de hardware" del menú "Online".



Figura IV- 30: Detección del hardware

En el editor de configuración de dispositivos, seleccione la opción de detección del dispositivo conectado.



Figura IV- 31: Detección del dispositivo conectado

Tras seleccionar la CPU en el cuadro de diálogo online, STEP 7 Basic carga la configuración hardware de la CPU, incluyendo todos los módulos (SM, SB o CM).

Entonces pueden configurarse los parámetros de la CPU y de los módulos.



Figura IV- 32: Dialogo online

4.3.10.3. Configurar el funcionamiento de la CPU

Para configurar los parámetros operativos de la CPU, selecciónela en la vista de dispositivos (recuadro azul alrededor de la CPU) y utilice la ficha "Propiedades" de la ventana de inspección.

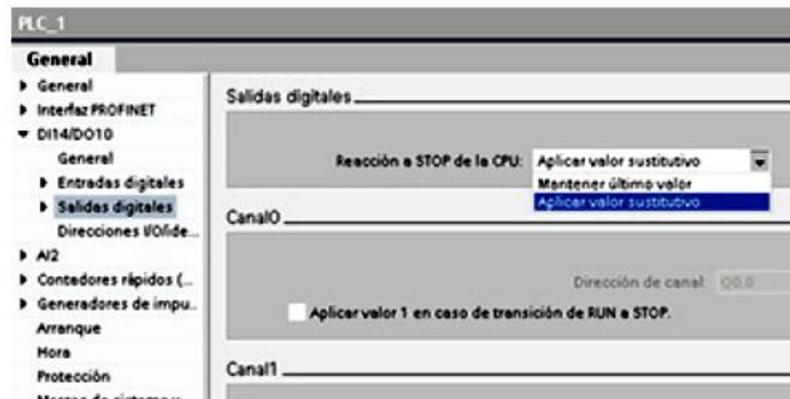


Figura IV- 33: Configuración de los parámetros operativos de la CPU

Edite las propiedades para configurar los siguientes parámetros:

- Interfaz PROFINET: Permite configurar la dirección IP de la CPU y la sincronización horaria

- DI, DO y AI: Permite configurar la reacción de las E/S locales (integradas) digitales y analógicas
- Contadores rápidos y generadores de impulsos: Permite habilitar y configurar los contadores rápidos (HSC) y generadores de impulsos utilizados para las operaciones de tren de impulsos (PTO) y modulación del ancho de pulso (PWM)
- Si las salidas de la CPU o SignalBoard se configuran como generadores de impulsos (para su utilización con la PWM o instrucciones de Motion Control básicas), las direcciones de las salidas correspondientes (Q0.0, Q0.1, Q4.0 y Q4.1) se eliminarán de la memoria Q y no podrán utilizarse para ningún otro fin en el programa de usuario. Si el programa de usuario escribe un valor en una salida utilizada como generador de impulsos, la CPU no escribirá ese valor en la salida física.
- Arranque: Permite configurar la reacción de la CPU a una transición de OFF a ON, p. ej. el arranque en estado operativo STOP o la transición a RUN tras un arranque en caliente.

4.3.11. Crear un segmento simple en el programa de usuario

La lógica del programa consiste en una serie de instrucciones que el PLC ejecuta siguiendo una secuencia. Para este ejemplo utilizamos la lógica de Esquema de contactos (KOP) para crear la lógica del programa. El programa KOP es una secuencia de segmentos semejantes a los peldaños de una escalera.

Para abrir el editor de programación, proceda del siguiente modo:

1. Abra la carpeta "Bloques de programa" en el árbol del proyecto para ver el bloque "Principal [OB1]".
2. Haga doble clic en el bloque "Principal [OB1]".

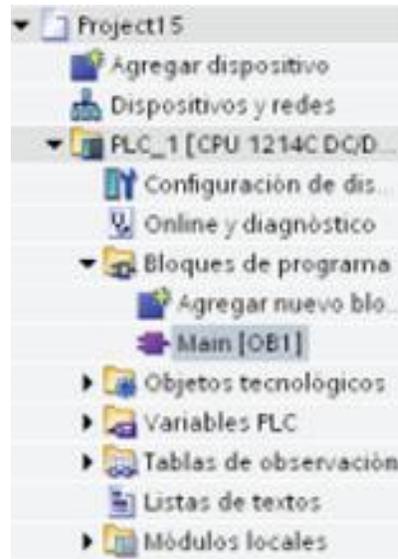


Figura IV- 34: Creación segmento simple.

El editor de programación abre el bloque de programa (OB1). Utilice los botones de "Favoritos" para insertar contactos y bobinas en el segmento:

1. Haga clic en el botón "Contacto normalmente abierto" de "Favoritos" para agregar un contacto al segmento.
2. Para este ejemplo se agrega un segundo contacto.
3. Haga clic en el botón "Bobina de relé" para insertar una bobina.

Los "Favoritos" también incluyen un botón para crear una rama:

1. Haga clic en el botón "Abrir rama" para agregar una rama al perfil del segmento.
2. Inserte otro contacto normalmente abierto en la rama abierta.
3. Arrastre la flecha de doble cabeza hasta un punto de conexión (el cuadrado verde del circuito) entre los contactos abierto y cerrado del primer circuito.

Para guardar el proyecto, haga clic en el botón "Guardar proyecto" de la barra de herramientas. Recuerde que no es necesario terminar de editar el circuito antes de guardarlo.

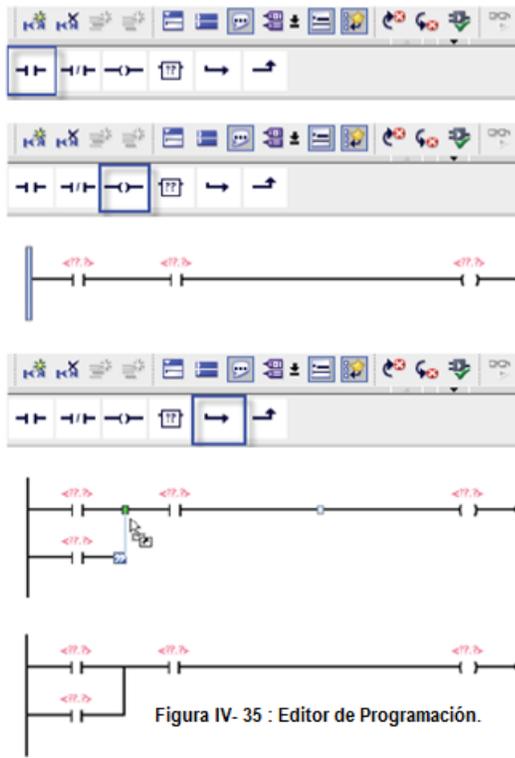


Figura IV- 35 : Editor de Programación.

CAPÍTULO V

5. DISEÑO DEL MÓDULO

5.1. INTRODUCCIÓN

La implementación de este tipo de módulos didácticos nos facilitara el aprendizaje en las asignaturas tanto de control neumático como en la automatización de procesos con lo que se busca principalmente aumentar la eficiencia del proceso incrementando la velocidad, la calidad y la precisión, y disminuyendo los riesgos del personal humano.

La tecnología avanza de acuerdo a las necesidades de las diferentes industrias y de los procesos que cada una de ellas lo ameritan por lo que los ingenieros electrónicos en control y redes industriales debemos estar permanentemente informados acerca de los nuevos productos, métodos de proceso, solución de fallas, sistemas de control, etc, para dar soluciones a cualquier problema que pudiera surgir en el campo laboral.

La mayoría de industrias poseen al menos un pequeño sistema automático para controlar algún proceso que facilite el trabajo humano. Por esta razón, debemos estar preparados y conocer el funcionamiento de dichos sistemas, por insignificantes que parezcan.

El sistema consta de dos módulos de almacenamiento para dos tipos de sólidos granulados con compuertas de apertura controladas por cilindros neumáticos con sensores de posición. Al abrir las compuertas los sólidos granulados caen sobre una plancha inclinada con vibrador neumático para ser transportados hacia el proceso de molienda, dependiendo de una receta preestablecida los sólidos triturados caen sobre una tolva en la cual se realiza el proceso de mezclado.

La plancha transportadora dispone de un sistema para simular el control de calentamiento de la plancha. Por medio del vibrador se puede controlar la velocidad y la cantidad de solido transportado.

El control de todo este proceso lo realizaremos con la programación de un PLC siemensS7-1200.

5.2. INVENTARIOS DE MATERIALES Y ELEMENTOS DISPONIBLES

Para realizar el diseño del módulo didáctico primero se procedió a seleccionar materiales y elementos que se iban a utilizar en el proyecto de tesis titulado: "CONTROL DE PROCESOS DE TRANSPORTE, CALENTAMIENTO Y MEZCLA DE SÓLIDOS GRAULADOS, A ESCALA", toda la estructura y diseño del equipo fueron previamente diseñadas por un ingeniero mecánico, la selección de materiales y el control del proceso corresponde a nuestra investigación.

Por parte del Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales se recibió el préstamo del compresor, el PLC S7-1200 y el modulo de expansión de salidas nos facilitó el Ing. Víctor Ramos

Con estos antecedentes se ha elaborado un inventario de materiales y elementos disponibles que se utilizaran en el presente proyecto de tesis.

5.2.1. Inventario de Materiales

| CANT | DESCRIPCION |
|------|---|
| 1 | Recipiente plástico con 2 divisiones para el almacenamiento |
| 1 | Tolva de metal para la mezcla |
| 2 | Aluminio Perfilado (cantidad en metros) |
| 4 | Tubo metálico (cantidad en metros) |
| 2 | Manguera de poliuretano (cantidad en metros) |
| 1 | Acero Inoxidable para el calentador |
| 8 | Tapas plásticas para el aluminio perfilado |
| 5 | Cable flexible #18 color rojo (cantidad en metros) |
| 5 | Cable flexible #18 color negro (cantidad en metros) |
| 3 | Cable flexible #18 color rojo (cantidad en metros) |
| 4 | Tapas para la estructura metálica |
| 1 | Canaleta plástica (cantidad en metros) |
| 2 | Luces piloto |
| 2 | Pulsadores |
| 1 | Selector de tres posiciones |
| 100 | Terminales en punta |
| 10 | Borneras triples |
| 1 | Libreta para etiquetar |
| 2 | Cinta doble fas |
| 10 | Amarras plásticas |
| 10 | Bases para soportar cable |
| 2 | Abrazaderas de metal |
| 4 | Reguladores de flujo |
| 4 | Racor codo |
| 4 | Silenciadores de bronce |
| 1 | Cable de poder |
| 1 | Mánifold |

Tabla V-I: Inventario de Materiales

5.2.2. Inventario de Elementos Mecánicos y Neumáticos

| CANT | DESCRIPCIÓN |
|------|---------------------------|
| 1 | Molino de granos |
| 1 | Molino de carnes |
| 4 | Cilindros de doble efecto |
| 1 | Vibrador Neumático |
| 1 | Regulador de presión |

Tabla V-II: Inventario de elementos mecánicos/neumáticos

5.2.3. Inventario de Elementos Eléctrico/Electrónicos

| CANT | DESCRIPCIÓN |
|------|--|
| 1 | PLC Siemens S7-1200 |
| 1 | Modulo de Expansión de Salidas digitales |
| 1 | Cable de Red |
| 4 | Relés de 24Vdc |
| 4 | Electroválvulas de 24Vdc |
| 3 | Sensores capacitivos |
| 1 | Calentador eléctrico de agua |
| 1 | Termocupla K |

Tabla V-III: Inventario de elementos eléctricos/electrónicos

5.3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA DEL MÓDULO

La estructura mecánica de nuestro equipo va a estar combinada con tubo de metal (Figura V-1) que es la base donde se colocaran los dos motores uno para cada molino y el sistema de mezclado, sobre esta base va ir la estructura de aluminio (Figura V-2) la misma que contendrá el recipiente plástico con dos divisiones para dos tipos de sólidos granulados y la plancha con el vibrador neumático.

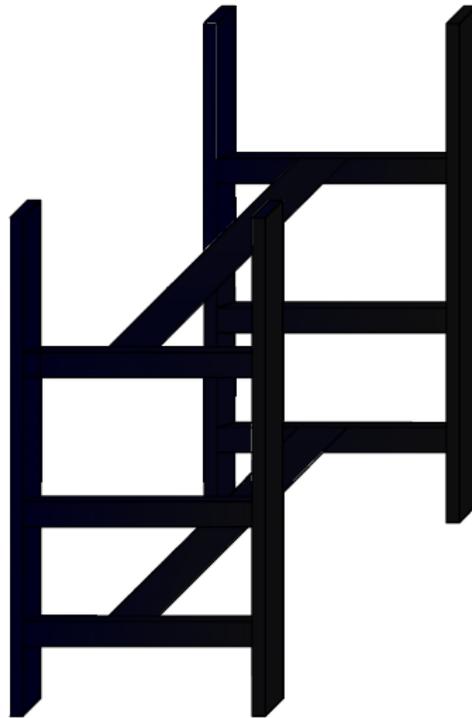


Figura V- 1: Estructura metálica.

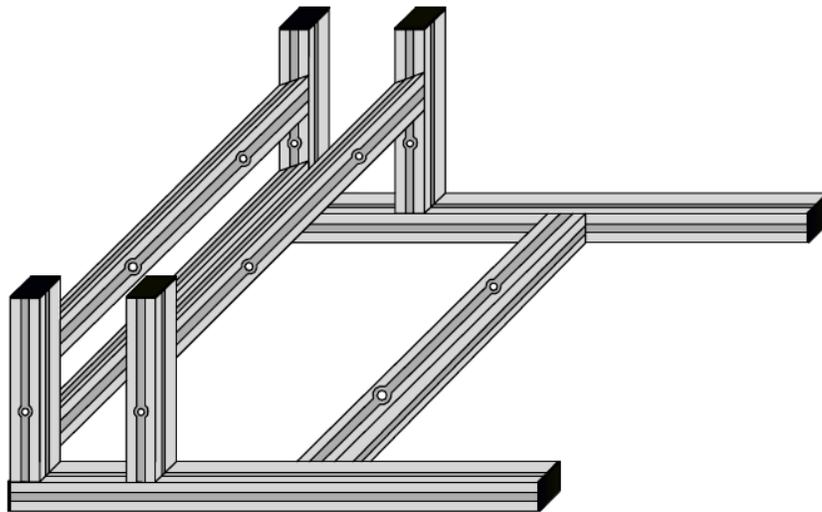


Figura V- 2: Estructura de Aluminio.

El diseño de las dos estructuras se las realizo con el software AUTOCAD 2007, en el ANEXO 3 se puede observar las dimensiones de las mismas.

5.4. UBICACIÓN DE DISPOSITIVOS EN LA ESTRUCTURA DE ALUMINIO.

El proceso consta de varias etapas, teniendo diferentes elementos que necesitan ser sujetadas unas en la estructura de aluminio y otras en la estructura metálica.

A continuación detallamos algunas de estas etapas.

Se tiene 4 cilindros de doble efecto y un vibrador neumático cada uno de estos designados para una operación específica en cada una de las etapas para el control de transporte, calentamiento y mezcla de sólidos granulados.

- Dos cilindros se ubican en el recipiente plástico de almacenamiento cada uno de ellos activara la apertura/cierre de las compuertas además ubicamos un sensor magnético para cada cilindro los cuales nos ayudaran a verificar la activación de los contadores que utilizamos en el programa del PLC.



Figura V- 3: Cilindros de Apertura y cierre de compuertas.

- El vibrador se coloca en la parte posterior de la plancha de aluminio que nos permite el transporte de los solidos granulados.



Figura V- 4: Vibrador Neumático en la plancha de Aluminio.

- Dos cilindros se ubican en el sistema de mezclado los cuales servirán para alzar y bajar la tapa de la tova de mezclado para poder dejar pasar el material a la siguiente etapa y un sensor magnético para comprobar el accionamiento de los mismos.

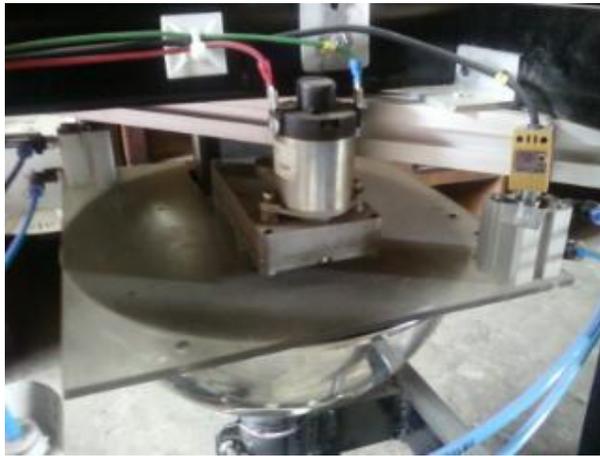


Figura V- 5: Cilindros Neumáticos para el sistema de mezclado y sensor magnético.

- En un tablero de aluminio de 40cmx30cm colocamos un riel dim el cual sujetara el PLC Siemens S7-1200 con su respectivo módulo de expansión de salidas digitales, las borneras triples, los relés de 24 Vdc también colocaremos el bloque de electroválvulas y las canalestas por donde van a ir todos los cables para sus debidas conexiones



Figura V- 6: Tablero de aluminio para el control del proceso

Adaptación de válvulas a la estructura del modulo.

Para esto se necesitan de los manifold o también llamados montajes múltiples, son modulares y adaptables a la necesidad, de acuerdo al número de electroválvulas a instalar.

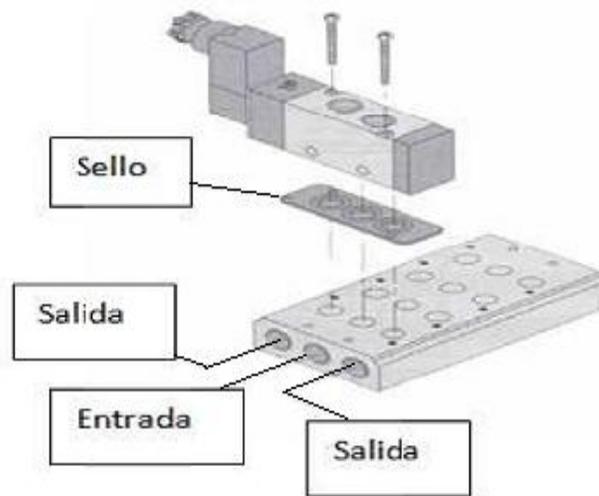


Figura V-7: Montaje de una electroválvula en un manifold

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 V- IV: Datos Técnicos de los Relés Seleccionados



Figura V-8: Relé de Armadura Utilizado

- En el panel de aluminio colocaremos un selector para el encendido y apagado del sistema de control, tendremos 2 pulsadores, dos luces piloto para verificar el estado de funcionamiento del modulo.



Figura V-9: Panel de Aluminio.

- En un perfil sujetaremos el regulador de presión para poder tener el control de la velocidad y la cantidad de solidos granulados que se va a transportar.

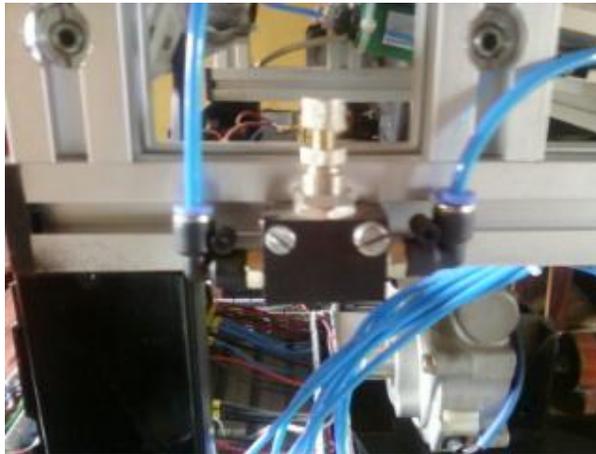


Figura V-10: Regulador de Presión.

5.5. UBICACIÓN DE DISPOSITIVOS EN LA ESTRUCTURA METÁLICA.

Esta estructura es la base donde se colocaran los molinos, los motores, el sistema de mezclado y la estructura de aluminio que contiene el recipiente de

almacenamiento por esta razón deberá ser lo suficientemente resistente y firme para soportar todos los elementos que forman parte de este módulo.

Esta estructura posee tres divisiones la parte inferior la parte del medio y la parte superior a continuación detallamos cada una de estas divisiones.

- **Parte Inferior:** Aquí colocamos el molino de carne el cual nos servirá para transportar el producto terminado es decir después de la mezcla este molino se encuentra unido a un motor que tiene la base respectiva y los acoples necesarios para su correcto funcionamiento, también tenemos la fuente de alimentación que es una batería de 12Vdc/7A para los dos motores grandes y el sistema de calentamiento que contiene un tubo de acero inoxidable con un calentador de agua y una termocupla.



Figura V-11: Molino de carne, motor 3 y la batería.

- **Parte Media:** Se ubica el sistema de mezclado y el molino de granos acoplados con el segundo motor. Aquí colocamos también en la parte trasera de la estructura el tablero de aluminio que controla la secuencia del proceso y un panel con sus respectivos indicadores y pulsadores.

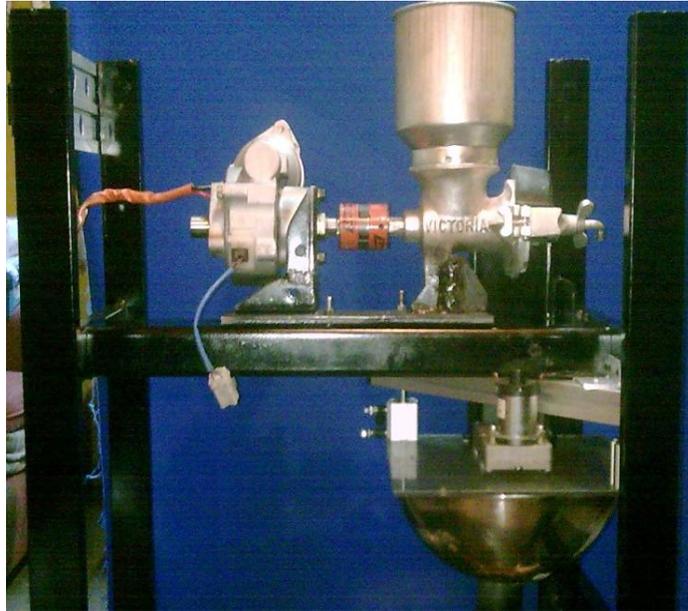


Figura V-12: Molino de granos, motor 1 y el sistema de mezclado.

- **Parte Superior:** Aquí se coloca la estructura de aluminio la que contendrá el recipiente de almacenamiento y la plancha con el vibrador para transportar los sólidos granulados.

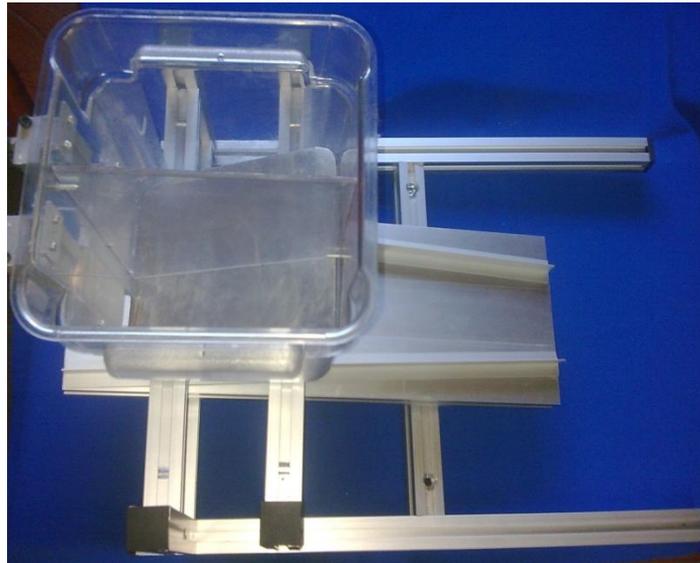


Figura V-13: Recipiente de almacenamiento con dos divisiones.

5.6. FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO DEL CONTROL DE PROCESOS DE TRANSPORTE, CALENTAMIENTO Y MEZCLA DE SÓLIDOS GRANULADOS.

5.6.1. Sistema de transporte

Nuestro sistema de transporte se lo realizara a través de una plancha de aluminio al cual se le sujetara el vibrador neumático el mismo que está conectado a un regulador de presión que determinara la velocidad y cantidad de solidos granulados que queramos transportar.

5.6.2. Sistema de simulación de calentamiento.

Para la simulación del calentamiento de la plancha de aluminio se utilizará un tubo de acero inoxidable en su interior colocamos agua y el calentador en la parte inferior de dicho tubo ubicamos una termocupla tipo K.

Al encender el calentador el agua empezara a calentarse y por ende la termocupla empezara a tomar valores los cuales son receptados por las entradas analógicas del PLC Siemens S7-1200, dichos valores serán utilizados en la programación del Plc.

5.6.3. Sistema de trituración de los sólidos granulados.

Una vez que los sólidos granulados han sido transportados y simulado el calentamiento estos caen en un molino de granos que se encuentra acoplado a un motor eléctrico de 12 Vdc con su respectiva base de montaje, aquí realizamos la trituración de estos sólidos.

Los tres motores y el calentador de agua que se utilizan en el módulo serán activados mediante su respectivo relé de 24Vdc para proteger las salidas de nuestro Plc.

5.6.4. Sistema de mezclado.

Luego del sistema de trituración los sólidos triturados pasan a una tolva de mezclado que consta de una tapa de material acrílico que tiene acoplado un motor eléctrico pequeño que sujeta una hélice de plástico al activar el motor la hélice empieza a girar produciendo la mezcla de los dos tipos de sólidos granulados.

5.6.5. Sistema de control.

Para controlar toda la secuencia de nuestro módulo utilizaremos un PLC Siemens S7-1200 y un módulo de expansión de salidas, la programación del plc se lo realiza dependiendo la secuencia que nosotros queramos que realice el módulo más adelante detallamos el funcionamiento del módulo, el respectivo método graficet, método KOP, y los circuitos eléctricos.

5.7. SELECCIÓN DE CILINDROS UTILIZADOS EN EL MÓDULO

5.7.1. Cilindros compactos (AirTAC Cilindros compactos SDA)

Características:

- AirTAC cilindros compactos SDA
- Especiales para espacios reducidos
- Fabricados en Aluminio
- Anillo magnético Standard
- No requieren lubricación
- Vástago con rosca hembra



Figura V-14: Cilindro Compacto Airtac.

5.7.2. Circuito neumático para la activación de los cilindros.

Para comprobar la activación de los cilindros colocados en las diferentes etapas del módulo se utiliza el software FluiSim de Festo que es una herramienta muy útil y fácil de implementar estos circuitos neumáticos, en el ANEXO 4 se observan dichas activaciones.

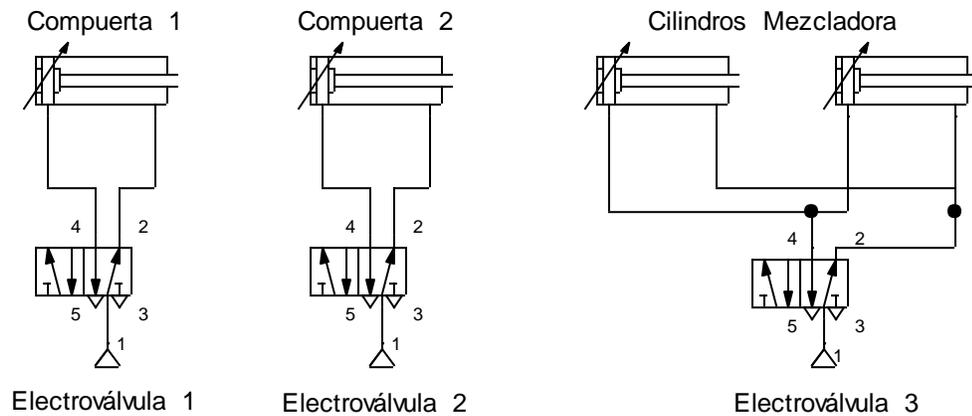


Figura V-15: Circuito Neumático.

5.8. SELECCIÓN SENSORES UTILIZADOS EN EL MÓDULO

5.8.1. Sensor Magnético IBEST IPS-S17PO5B

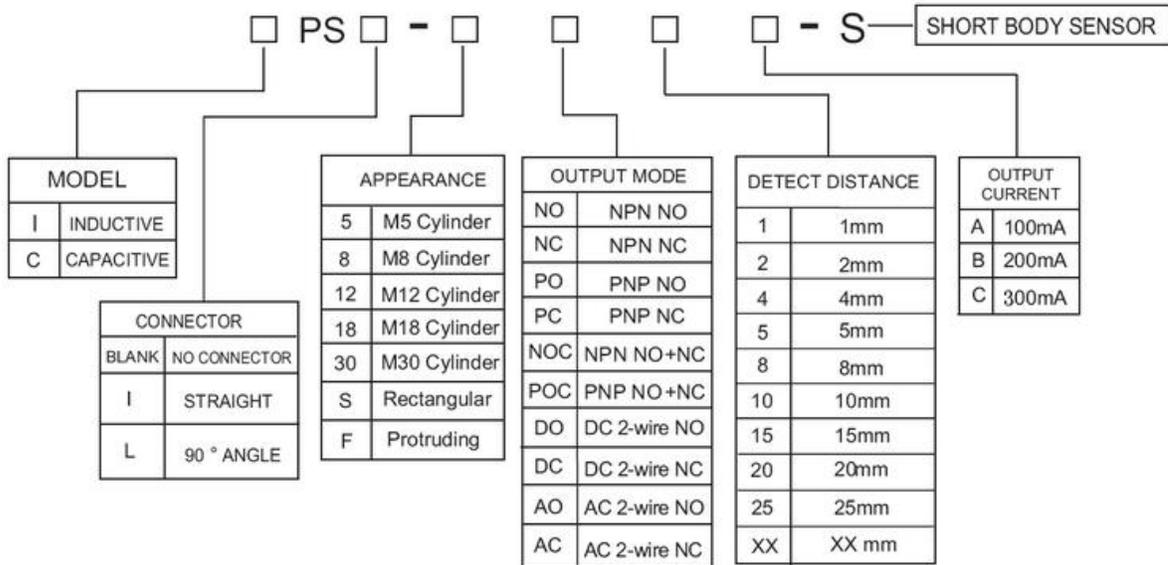


Figura V-16: Sensor Magnético

Características:

- Dim: 17 x 17 x 28 mm, rectangular.
- CC 2-hilos (10-30V DC), DC 3-hilos (10-30V DC), DC 4-hilos (10-30V DC), AC 2-hilos (90-250 AC) tipo de montaje en la distancia: "5mm
- Con la operación de la lámpara LED indican, fácilmente identificable objeto detectable estándar: metales iferrous;
- Grado de protección: IP67, resistente al agua, protección de circuitos contra sobrecarga de corriente y cortocircuito, contra inversión de polaridad.
- Aplicado extensamente en la medición, recuento, medición de RPM en el mecanismo, química, fabricación de papel la industria ligera, etc.

MODELO DEL PRODUCTO



For special request of sensors (e.g. 24V AC, appearance,function), please indicate when order.

Figura V-17: Código del sensor magnético.

DIBUJO DE CONEXIÓN ELÉCTRICA

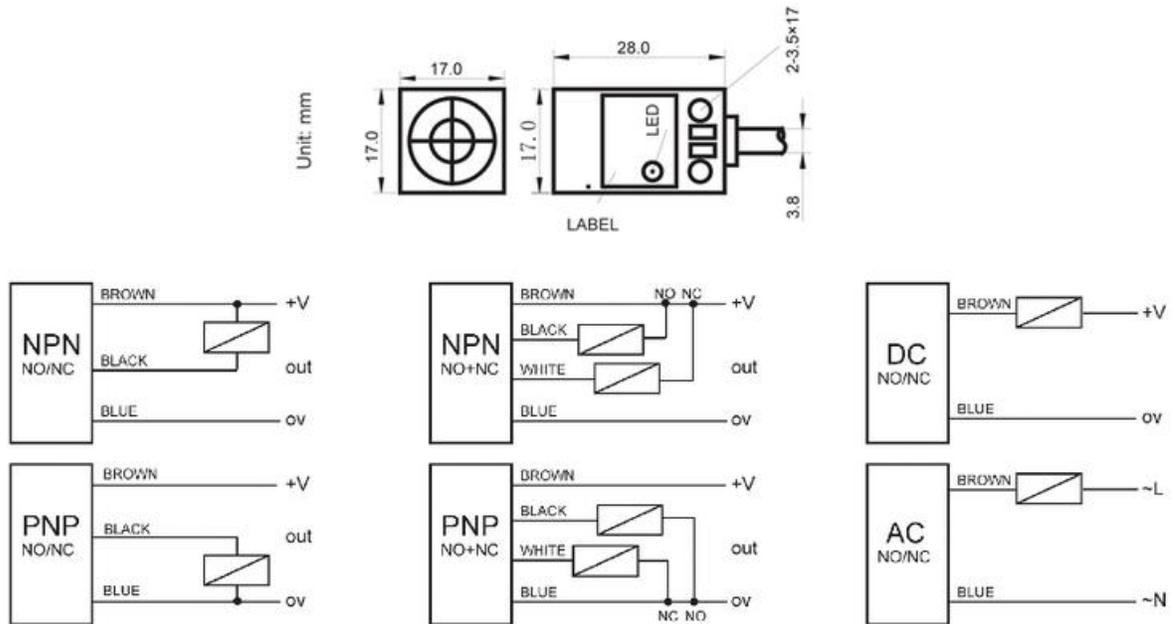
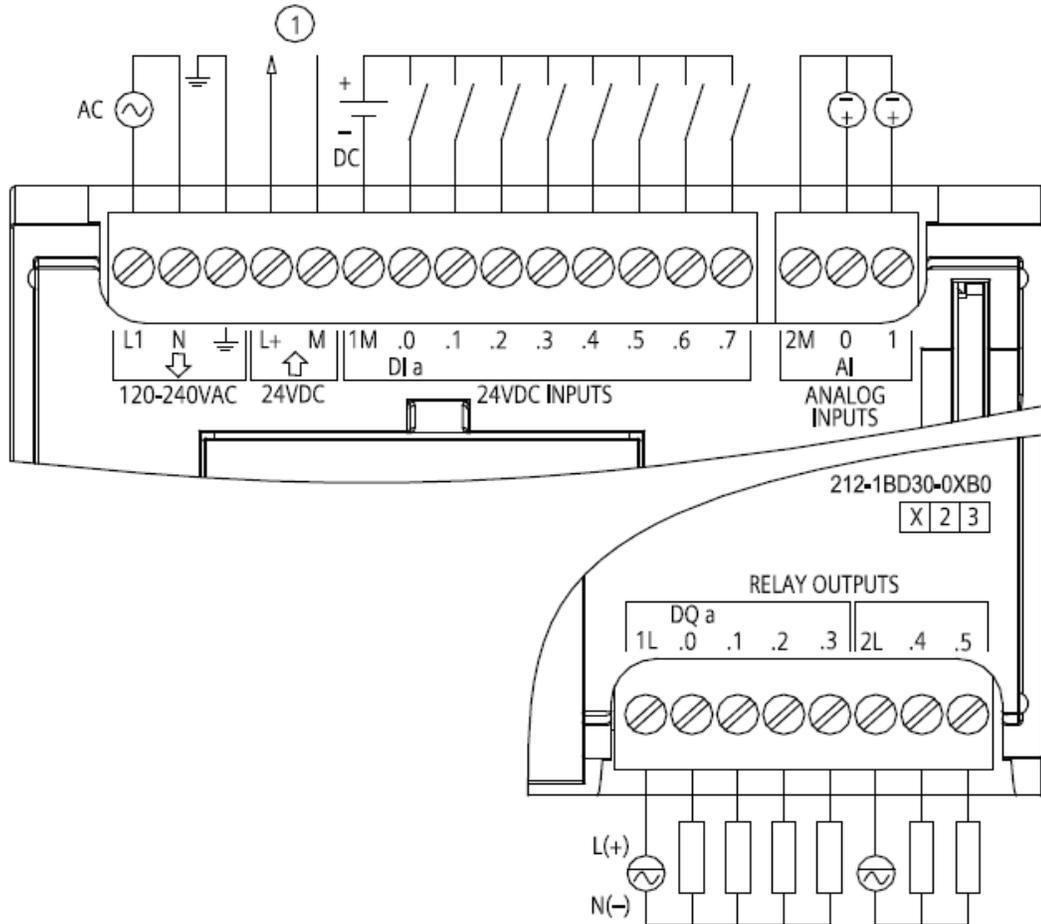


Figura V-18: Conexión eléctrica.

5.9. CONEXIONES FÍSICAS DEL PLC Y DE LOS MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA.

5.9.1. Conexión de la CPU 1212C AC/DC/RLY



① Alimentación de sensores 24 V DC

Figura V-191: CPU 1212C AC/DC relé (6ES7 212-1BD30-0XB0)

5.9.2. Módulo de salidas digitales SM 1222 DQ 8 X RELÉ

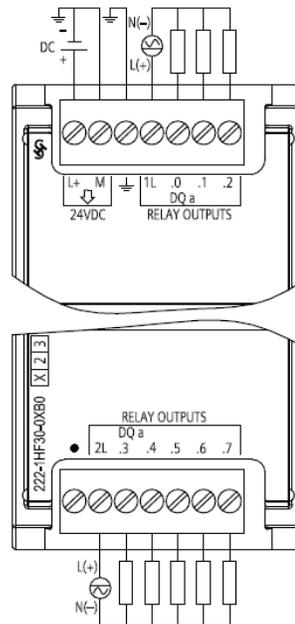


Figura V-20: SM 1222 DQ 6ES7 222 – 1HF30 – 0XB0

5.10. DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA DEL PROCESO.

En el desarrollo del proyecto de tesis “CONTROL DE PROCESOS DE TRANSPORTE, CALENTAMIENTO Y MEZCLA DE SÓLIDOS GRANULADOS, A ESCALA” los procesos son los siguientes:

De forma manual regulamos la presión del aire que pasa por el regulador de flujo y se conecta al vibrador neumático que nos sirve para determinar la velocidad y la cantidad de sólidos granulados a transportar.

Presionamos el pulsador inicio en este momento empieza a funcionar el programa cargado en nuestra CPU 1212C AC/DC/RLY, el cual está programado de la siguiente manera: Inmediatamente luego de presionar el pulsador de inicio se activa el relé que está conectado al calentador de agua, la temperatura empieza a subir y con esto la

termocupla empieza a tomar datos los cuales ingresan a las entradas del PLC, estos valores se los utiliza en el programa el cual consta de un bloque de comparación colocamos una temperatura mínima y una temperatura máxima cuando los datos tomados por la termocupla lleguen a dichos valores empezara la secuencia de nuestro proceso el mismo que empieza de la siguiente manera:

Se activa la compuerta 1 dejando caer el un tipo de solido granulado a la plancha de aluminio que se encuentra vibrando para con esto ser transportados hacia el molino de granos esta compuerta se activa por un tiempo de 5s pero con la condición que el sensor se active en ese momento recién empieza a funcionar el contador, si no se activa el sensor quiere decir que la compuerta no se activó completamente, transcurrido el tiempo correspondiente se cierra la compuerta 1 y se activa la compuerta 2 por un tiempo de 5s con las mismas condiciones que la anterior dejando caer el segundo tipo de solido granulado a la plancha vibratoria, se prende el motor 1 el cual está conectado al molino de granos aquí los sólidos son triturados pasando a una tolva de mezclado pasan los 5s se cierra la compuerta 2 pero el motor 1 sigue prendido hasta que se haya transportado todo los sólidos granulados que están en la plancha vibradora.

Transcurren 10s y se apaga el motor 1 y se prende el motor 2 de la mezcladora el cual está conectado a una hélice de plástico que empieza a girar y realizar la mezcla de los dos tipos de solidos triturados en la parte inferior de la tolva hay unas pequeñas perforaciones las cuales están tapadas por la hélice que esta girando pasan 10s mas hasta que se realice la respectiva mezcla y se activan los dos cilindros simultáneamente que están colocados en la tapa de la tolva de mezclado dejando libre las perforaciones para que la mezcla pase a la siguiente etapa pero siguen prendido el motor 2 y se prende el motor 3.

Pasan 10s mas y se desactivan los dos cilindros de la tapa de la tolva de mezclado y se apaga el motor 2, el motor 3 sigue prendido y acoplado al molino de carne que servirá para transportar el producto terminado y por ultimo después de 10s mas se apaga el motor 3, esperamos 1s y la secuencia se repite automáticamente.

5.11. GRAFCET

Este diagrama funcional permite describir los comportamientos del automatismo en relación a las informaciones que recibe, imponiendo un funcionamiento riguroso, evitando de esta forma incoherencias, bloqueos o conflictos en el funcionamiento. En cada nivel de descripción, este diagrama puede ser modificado o corregido, sin necesidad de volver a partes ya estudiadas.

5.11.1. Metodología Grafcet

El Grafcet se compone de un conjunto de:

- Etapas o Estados a las que van asociadas acciones.
- Transiciones a las que van asociadas receptividades.
- Uniones Orientadas que unen las etapas a las transiciones y las transiciones a las etapas.

Etapas

Una etapa se caracteriza por un comportamiento invariable en una parte o en la totalidad de la parte de mando. En un momento determinado, y según sea la evolución del sistema: Una etapa puede estar activa o inactiva. El conjunto de las etapas activas definen la situación de la parte de mando.

Las etapas se representan por un cuadrado con un número en su parte superior como identificación. La entrada y salida de una etapa aparece en la parte superior e inferior, respectivamente, de cada símbolo. El conjunto formado por el cuadrado y la extensión de las entradas y salidas constituye el símbolo completo de la etapa (Figura V- 18).

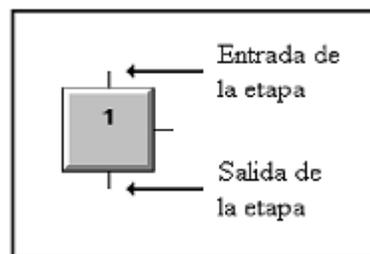


Figura V-21: Representación de una etapa.

Transición

Una transición indica la posibilidad de evolución entre etapas. Esta evolución se presenta al producirse el franqueo de la transición. El franqueo de una transición provoca el paso en la parte de mando de una situación a otra situación. Una transición puede estar validada o no validada.

Validada.- Es cuando todas las etapas inmediatamente unidas a esta transición están activas.

Una transición entre dos etapas se representa mediante una línea perpendicular a las uniones orientadas, también puede llevar una línea paralela a las uniones orientadas. Para facilitar la comprensión del Grafcet cada transición puede ir numerada a la izquierda de la línea Perpendicular

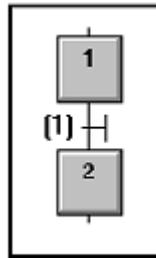


Figura V- 22: Transición que une la etapa 1 con la etapa 2

5.11.2. Estructuras Principales

Las estructuras de base más utilizadas se describen a continuación. Pueden combinarse entre ellas, siendo esta enumeración no limitativa.

Secuencia Única

Una secuencia única se compone de una sucesión de etapas que son activadas una a continuación de otra. A cada Etapa le sigue solamente una transición y cada transición es validada por una sola etapa.

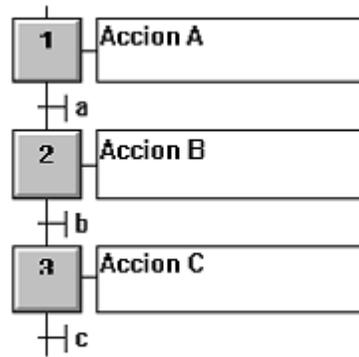


Figura V-23: Secuencia única.

Se dice que la secuencia está activa si al menos lo está una etapa. Por el contrario se dice que está inactiva si todas las etapas están inactivas.

5.11.3. Implementación Del Grafcet

Una vez realizado el Grafcet del proceso que deseamos controlar, el paso siguiente es la obtención de las condiciones de activación de las etapas, así como de las acciones asociadas a las mismas. Para ello se utilizará un proceso de normalización en el cual, y partiendo del Grafcet realizado, se va obteniendo las condiciones de activación para cada una de las etapas y acciones. La obtención de estas condiciones booleanas se basará en la utilización de dos hechos:

Una etapa se activará cuando estando activa la etapa inmediatamente anterior a ella, se evalúe a cierto la receptividad existente entre estas dos etapas, desactivándose la etapa anterior y activándose la nueva etapa. Una acción se deberá ejecutar, si la etapa a la que está asociada está activa.

Una vez obtenidas estas condiciones booleanas, el paso siguiente es la implementación en el lenguaje apropiado para el controlador que se haya escogido como unidad de control del proceso.

5.12. GRAFCET DEL MÓDULO DE CONTROL DE TRANSPORTE, CALENTAMIENTO Y MEZCLA DE SÓLIDOS GRANULADOS

Al elaborar el grafcet (grafico) del proceso del control de transporte, calentamiento y mezcla de sólidos granulados según los requerimientos de funcionamiento se obtuvo el siguiente diagrama.

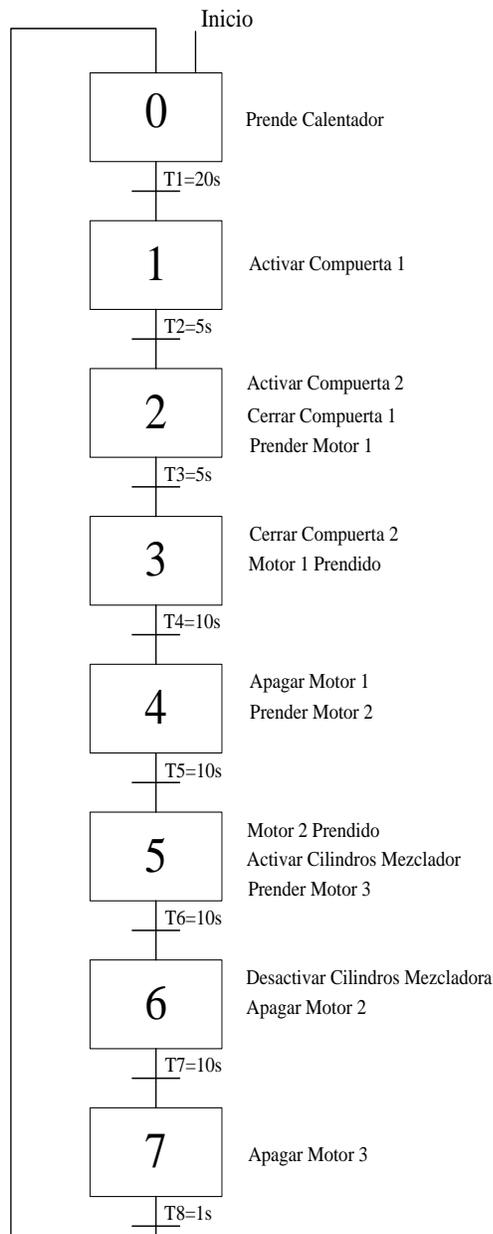


Figura V-24: GRAFCET control de proceso de transporte, calentamiento y mezcla .

Una vez elaborado el diagrama secuencial de bloques procedemos a obtener las diferentes ecuaciones según el análisis respectivo de la figura III.32, las mismas que en lo posterior me servirán para la programación del PLC.

Para la obtención de las ecuaciones hay que seguir los siguientes pasos:

(El estado anterior x la transición anterior) + (el estado actual x el estado siguiente negado), solo a la primera ecuación le agregamos el inicio.

5.12.1. Ecuaciones del graficet

$$M0 = Inicio + M7t8 + M0\overline{M1}$$

$$M1 = M0t1 + M1\overline{M2}$$

$$M2 = M1t2 + M2\overline{M3}$$

$$M3 = M2t3 + M3\overline{M4}$$

$$M4 = M3t4 + M4\overline{M5}$$

$$M5 = M4t5 + M5\overline{M6}$$

$$M6 = M5t6 + M6\overline{M7}$$

$$M7 = M6t7 + M7\overline{M0}$$

5.12.2. Asignación de memorias

A cada una de nuestras etapas asignamos una memoria disponible de la siguiente manera:

M0 = Prender Calentador

M1 = Activar Compuerta 1

M2 = Activar Compuerta 2

M3 = Prender Motor 1

M4 = Prender Motor 2

M5 = Activar Cilindros Mezcladora, Prender Motor 3

M6 = Desactivar Cilindros Mezcladora, Apagar Motor 2

M7 = Apagar Motor 3

5.12.3. Variables de Entradas

| NOMBRE | DIRECCIÓN |
|---------------|------------------|
| Inicio | %I0.0 |
| Stop | %I0.1 |
| s_comp1 | %I0.2 |
| s_comp2 | %I0.3 |
| s_mezclad | %I0.4 |
| Temp | %IW64 |

Tabla V-V: Asignación de variables de entrada

5.12.4. Variables de Salidas

| NOMBRE | DIRECCIÓN |
|---------------|------------------|
| luz_inicio | %Q0.0 |
| luz_stop | %Q0.1 |
| comp2 | %Q0.2 |
| comp1 | %Q0.3 |
| cil_mez | %Q0.4 |
| m_molino1 | %Q8.3 |
| m_mezcladora | %Q12.4 |
| m_molino2 | %Q12.5 |
| Calentador | %Q12.6 |

Tabla V- VI: Asignación de variables de salida

5.13. PROGRAMACIÓN DEL PLC S7-1200.

Realizado todas las conexiones correspondientes en el PLC como son las entradas, salidas de los distintos dispositivos que se utilizan en el módulo procederemos a realizar la programación utilizando el software propio de Siemens que es el Step 7 como se indica en el capítulo IV

Procedemos a pasar las ecuaciones obtenidas por el método del graficet a la programación KOP (esquema de contactos) es un lenguaje de programación gráfico. Su representación se basa en esquemas de circuitos, que se utiliza en el step 7 a continuación una breve descripción de los componentes que ocuparemos en nuestro programa.

5.13.1. Temporizadores

El S7-1200 soporta los temporizadores siguientes:

- El temporizador TP genera un impulso con una duración predeterminada.
- El temporizador TON activa la salida (Q) en estado ON al cabo de un tiempo de retardo predeterminado.
- El temporizador TOF activa la salida (Q) en estado ON y, a continuación, la pone al estado OFF al cabo de un tiempo de retardo predeterminado.
- El temporizador TONR activa la salida (Q) en estado ON al cabo de un tiempo de retardo predeterminado. El tiempo transcurrido se acumula a lo largo de varios periodos de temporización hasta que la entrada de reset (R) se emplea para poner a cero el tiempo transcurrido.

En KOP y FUP, estas instrucciones están disponibles como instrucción de cuadro o bobinado de salida.

El número de temporizadores que pueden utilizarse en el programa de usuario está limitado sólo por la cantidad de memoria disponible en la CPU. Cada temporizador utiliza 16 bytes de memoria.

Todos los temporizadores utilizan una estructura almacenada en un bloque de datos para mantener los datos.

5.13.2. Programación de temporizadores

A la hora de planificar y crear el programa de usuario deben considerarse las siguientes consecuencias del manejo de temporizadores:

- Pueden producirse múltiples actualizaciones de un temporizador en el mismo ciclo. El temporizador se actualiza cada vez que la instrucción de temporizador (TP, TON, TOF, TONR) se ejecuta y cada vez que el miembro ELAPSED o Q de la estructura de temporizador se utiliza como parámetro para otra instrucción ejecutada.
- Pueden producirse ciclos durante los cuales no se actualice ningún temporizador. Es posible arrancar el temporizador en una función y dejar de llamar la función durante uno o más ciclos.
- Aunque no es común, se puede asignar la misma estructura de DB de temporizador a varias instrucciones de temporizador. En general, para evitar una interacción inesperada, debería utilizarse solo una instrucción de temporizador (TP, TON, TOF, TONR) por estructura de temporizador de DB.

5.13.3. Contadores

Las instrucciones con contadores se utilizan para contar eventos del programa internos y eventos del proceso externos.

- El contador "ascendente" (CTU) se incrementa en 1 cuando el valor del parámetro de entrada CU cambia de 0 a 1.

- El contador "descendente" (CTD) se reduce en 1 cuando el valor del parámetro de entrada CD cambia de 0 a 1.
- El contador "ascendente y descendente" (CTUD) se incrementa o se reduce en 1 durante la transición de 0 a 1 de las entradas de conteo ascendente (CU) o descendente (CD).

S7-1200 también ofrece contadores rápidos (HSC) para el contaje de eventos que se producen con mayor rapidez que la frecuencia de ejecución del OB.

Las instrucciones CU, CD y CTUD utilizan contadores de software cuya frecuencia de contaje máxima está limitada por la frecuencia de ejecución del OB en el que se encuentran.

Todo contador utiliza una estructura almacenada en un bloque de datos para conservar sus datos. En SCL, hay que crear primero el DB de la instrucción de contador individual antes de poder emplearla. En KOP y FUP, STEP 7 crea automáticamente el DB al introducir la instrucción.

El número de contadores que pueden utilizarse en el programa de usuario está limitado sólo por la cantidad de memoria disponible en la CPU.

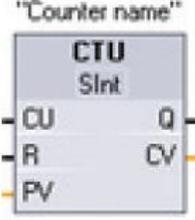
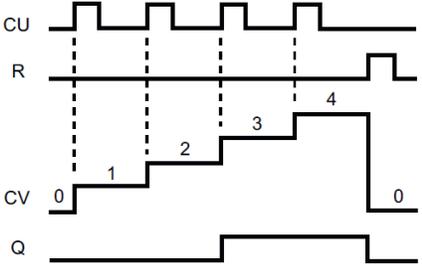
| KOP / FUP | SCL | Funcionamiento |
|---|---|--|
| <p>"Counter name"</p>  | <pre>"ctu_db".CTU(CU:=_bool_in, R:=_bool_in, PV:=_undef_in, Q=>_bool_out, CV=>_undef_out);</pre> |  |

Tabla V-VII: Contador (ascendente) CTU

El cronograma muestra el funcionamiento de un contador CTU con un valor de contaje de entero sin signo (donde PV = 3).

- Si el valor del parámetro CV (valor de contaje actual) es superior o igual que el del parámetro PV (valor de contaje predeterminado), el parámetro de salida del contador Q = 1.
- Si el valor del parámetro de inicialización R cambia de 0 a 1, CV se pone a 0.

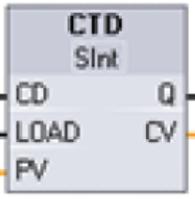
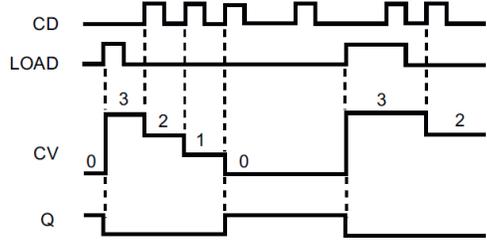
| KOP / FUP | SCL | Funcionamiento |
|---|--|--|
| <p>"Counter name"</p>  | <p>"ctd_db".CTU(CD:=_bool_in, LOAD:=_bool_in, PV:=_undef_in, Q=>_bool_out, CV=>_undef_out)</p> |  |

Tabla V- VIII: Contador (descendente) CTD

El cronograma muestra el funcionamiento de un contador CTD con un valor de contaje de entero sin signo (donde PV = 3).

- Si el valor del parámetro CV (valor de contaje actual) es inferior o igual a 0, el parámetro de salida del contador Q = 1.
- Si el valor del parámetro LOAD cambia de 0 a 1, el valor del parámetro PV (valor predeterminado) se carga en el contador como nuevo CV.

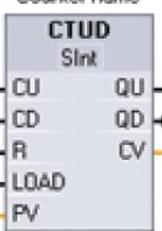
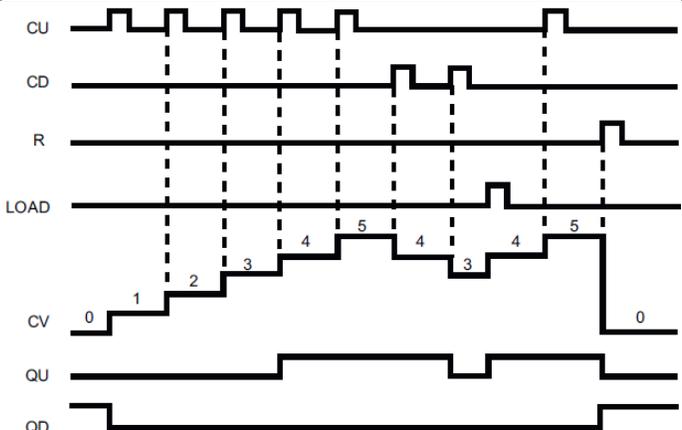
| KOP / FUP | SCL | Funcionamiento |
|---|--|--|
| <p>"Counter name"</p>  | <p>"ctud_db".CTUD(CU:=_bool_in, CD:=_bool_in, R:=_bool_in, LOAD:=_bool_in, PV:=_undef_in, QU=>_bool_out, QD=>_bool_out, CV=>_undef_out);</p> |  |

Tabla V – IX: Contador (ascendente y descendente) CTUD

El cronograma muestra el funcionamiento de un contador CTUD con un valor de contaje de entero sin signo (donde PV = 4).

- Si el valor del parámetro CV (valor de contaje actual) es superior o igual que el del parámetro PV (valor predeterminado), el parámetro de salida del contador QU = 1.
- Si el valor del parámetro CV es inferior o igual a 0, el parámetro de salida del contador QD = 1.
- Si el valor del parámetro LOAD cambia de 0 a 1, el valor del parámetro PV se carga en el contador como nuevo CV.
- Si el valor del parámetro de inicialización R cambia de 0 a 1, CV se pone a 0.

5.13.4. Introducir las variables y direcciones para las instrucciones

El siguiente paso consiste en asignar los contactos y bobinas a las entradas y salidas de la CPU. Para estas direcciones se crean "Variables PLC".

1. Seleccione el primer contacto y haga doble clic en el operando ("`<??.>`").
2. Introduzca la dirección "I0.0" para crear una variable predeterminada para esta entrada.

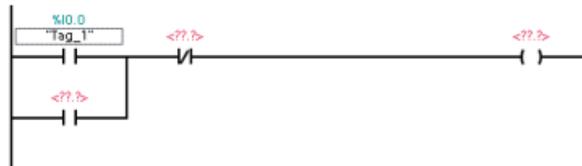


Figura V-25: Introducir variable y dirección a la instrucción.

3. Introduzca la dirección "I0.1" para el contacto normalmente cerrado.
4. Introduzca una dirección de una salida ("Q0.0") para la bobina.

El nombre predeterminado de la variable creado por STEP 7 Basic se puede cambiar fácilmente.

Haga clic con el botón derecho del ratón en la instrucción (contacto o bobina) y elija el comando "Cambiar nombre de la variable" del menú contextual.

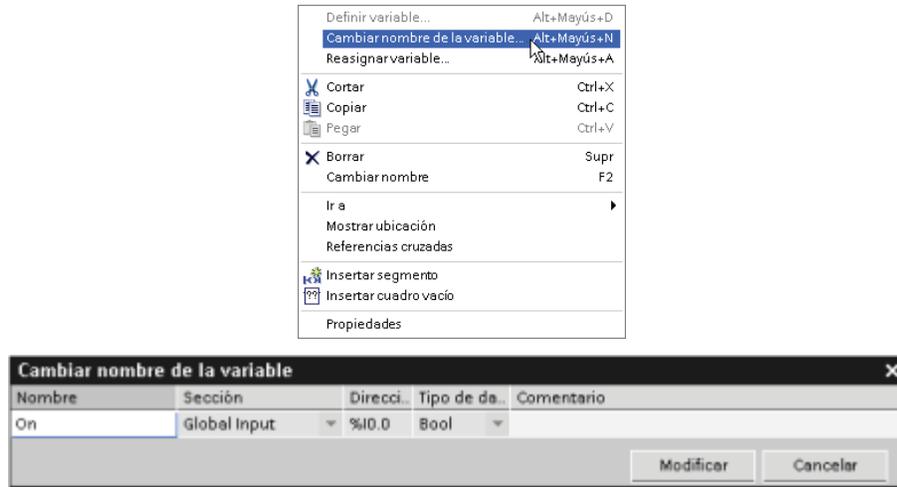


Figura V-26: Cambiar nombre de la variable.

Introduzca los nombres siguientes para las tres instrucciones:

- Cambie "Tag_1" (I0.0) a "On".
- Cambie "Tag_2" (I0.1) a "Off".
- Cambie "Tag_3" (Q0.0) a "Run".

STEP 7 Basic guarda las variables en una tabla de variables. La dirección de la variable se puede introducir directamente desde la tabla de variables en la instrucción.

1. Seleccione el contacto en la rama.
2. Haga clic en el icono próximo al campo, o bien teclee una "r" o una "o" para visualizar las entradas de la tabla de variables.
3. Seleccione "Run" en la tabla de variables.

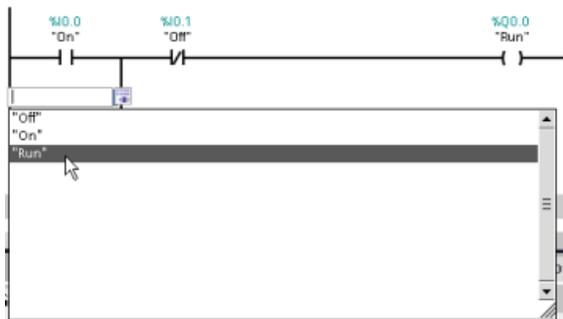


Figura V-27: Introducir la dirección a la variable directamente desde la tabla de variables

El circuito de autorretención está terminado. Haga clic en el botón "Guardar proyecto" de la barra de herramientas para guardar los ajustes realizados.

5.13.5. Insertar un temporizador de retardo a la conexión

El segundo segmento del programa de usuario utiliza una instrucción TON que se activa 5 segundos después de haberse activado la salida "Run" del circuito de autorretención.

Primero, introduzca el contacto que activará el temporizador.

1. Seleccione el segundo segmento del programa de usuario.
2. Al igual que en el circuito de autorretención, haga clic en el contacto normalmente abierto en los "Favoritos" para insertar la instrucción.
3. Para la dirección de la instrucción, seleccione la variable "Run". (Al igual que en el ejercicio anterior, puede teclear una "r" o hacer clic en el icono de la variable para visualizar la lista de variables.)

Expanda la carpeta "Temporizadores" en la TaskCard "Instrucciones" y arrastre el temporizador TON hasta el segmento.



Figura V - 28: Introducir un temporizador al segmento.

Soltando la instrucción TON en el segmento se crea automáticamente un bloque de datos (DB) de instancia única para almacenar los datos del temporizador. Haga clic en "Aceptar" para crear el DB.

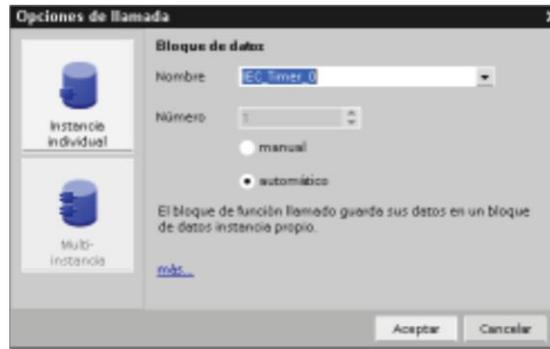


Figura V - 29: Bloque de datos del temporizador.

Cree ahora un retardo de 5 segundos.

1. Haga doble clic en el parámetro del tiempo preseleccionado (PT).
2. Introduzca el valor de constante "5000" (para 5000 ms, es decir, 5 segundos).

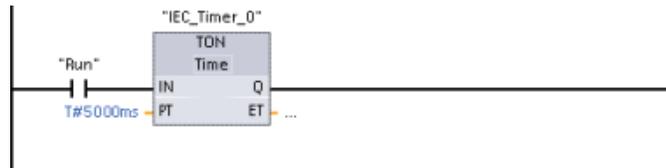


Figura V - 30: Introducción de la constante de 5 segundos.

También es posible introducir "5s", es decir, 5 segundos. ("5h" introduce 5 horas y "5m" introduce 5 minutos.)STEP 7 Basic formatea la constante como "T#5000ms"

Inserte ahora una bobina que se active al cabo de 5 segundos (el valor de preselección de la instrucción TON).

En este ejercicio, introduzca "M0.0" para la dirección. Esto almacena el valor en el área de marcas (M). Cambie el nombre de la variable a "Delay_5sec".

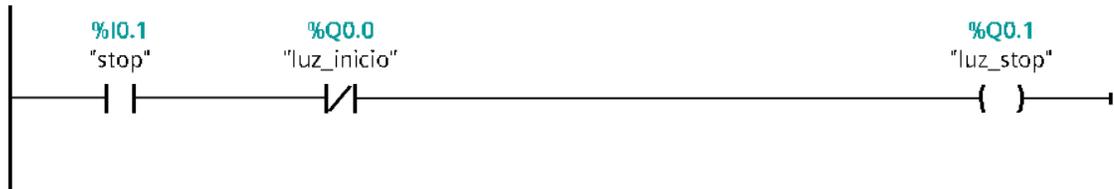
Se ha creado un temporizador de retardo a la conexión que activa el bit "Delay_5sec" al cabo de 5 segundos.

5.14. DIAGRAMA KOP DEL CONTROL DE PROCESO DE TRANSPORTE, CALENTAMIENTO Y MEZCLA DE SOLIDOS GRANULADOS.

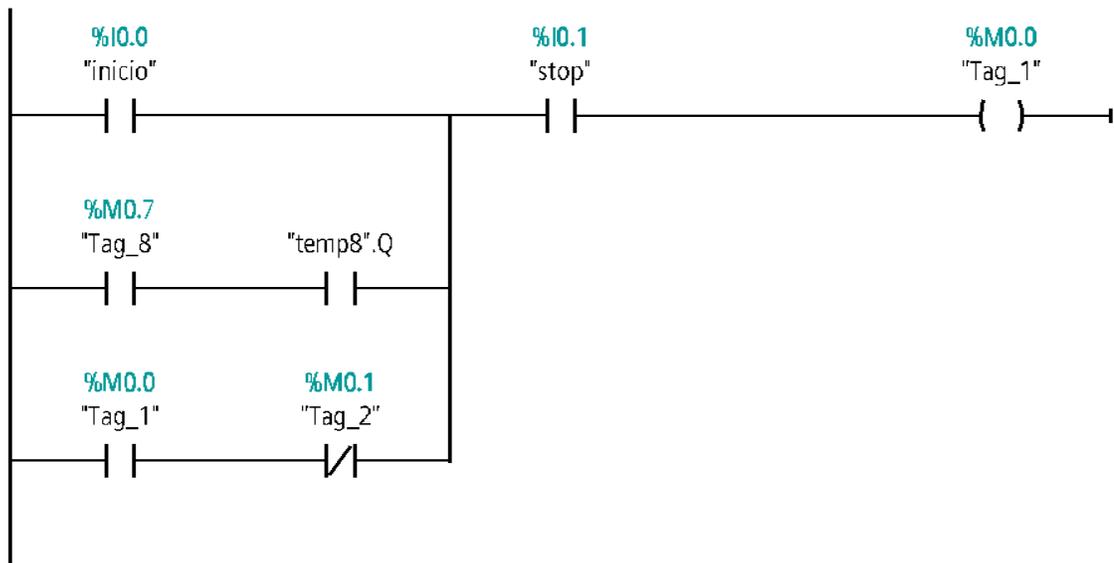
Segmento 1: Luz de Encendido



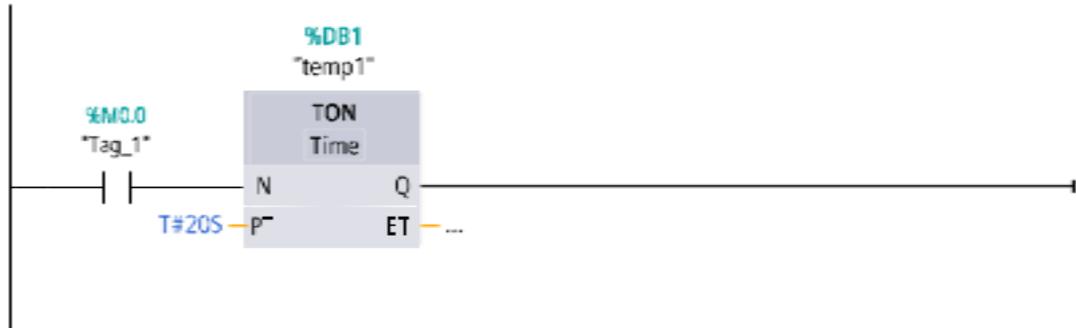
Segmento 2: Luz de Apagado



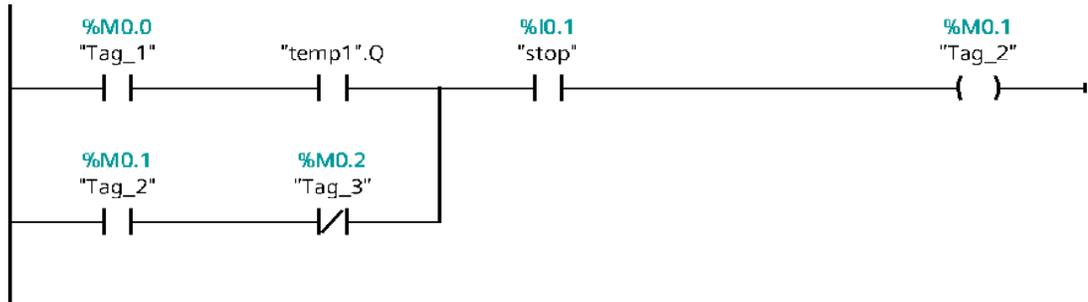
Segmento 3: Prender Calentador



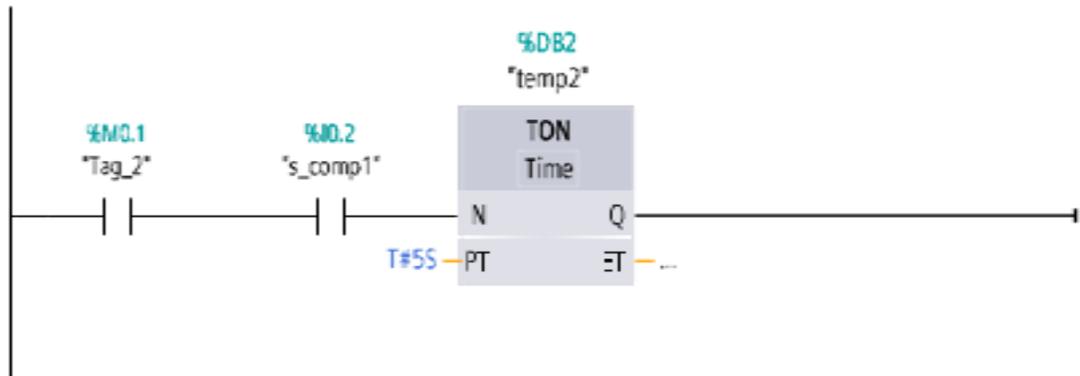
Segmento 4: T1= 20 segundos

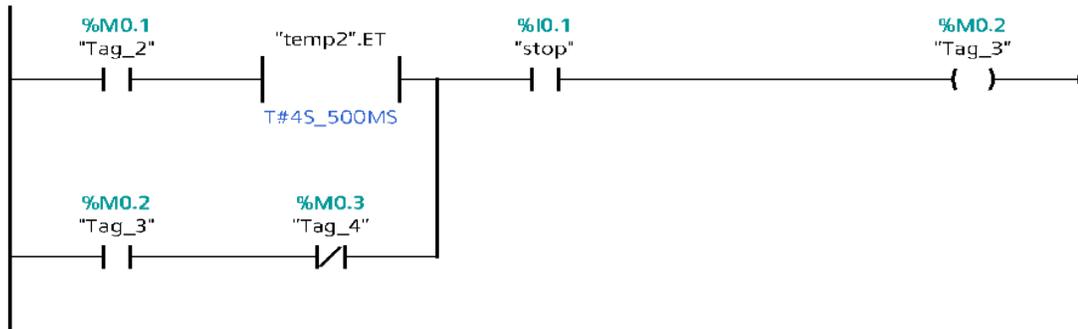


Segmento 5: Activación Compuerta 1

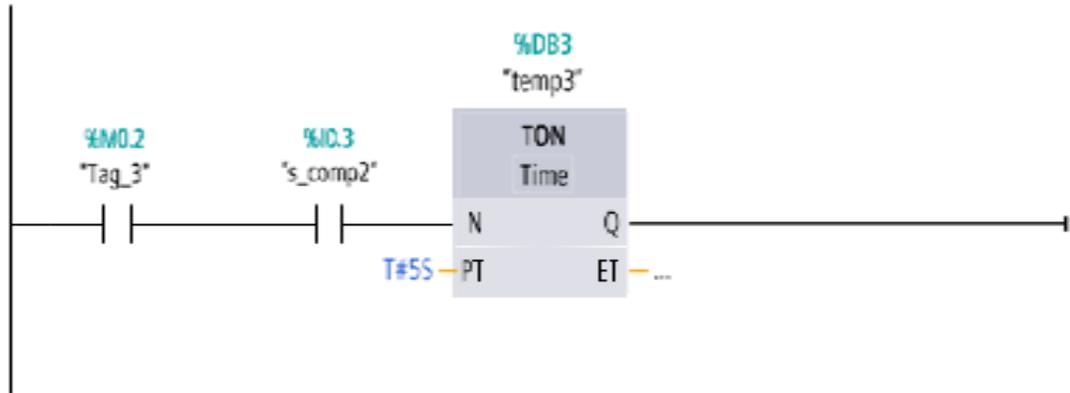


Segmento 6: T2 = 5 segundos

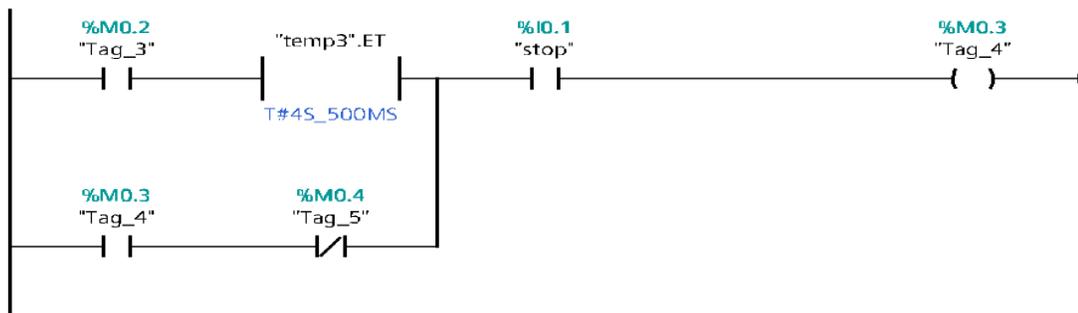




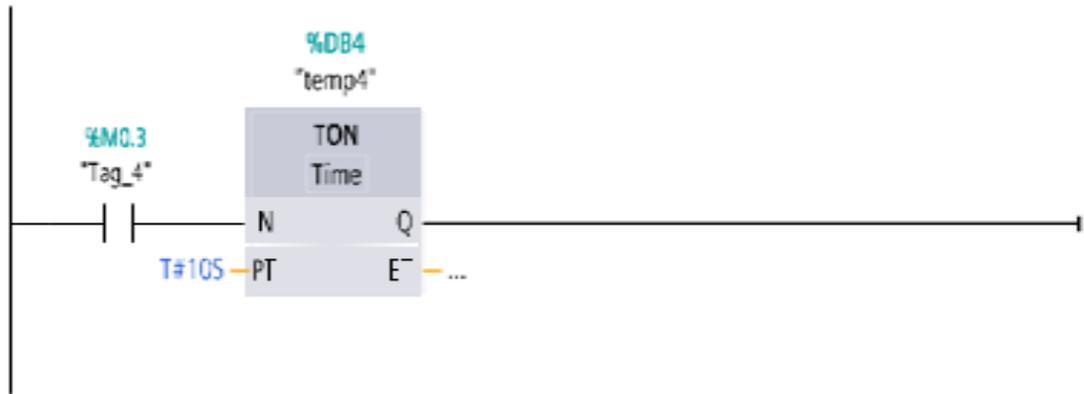
Segmento 8: T3 = 5 segundos



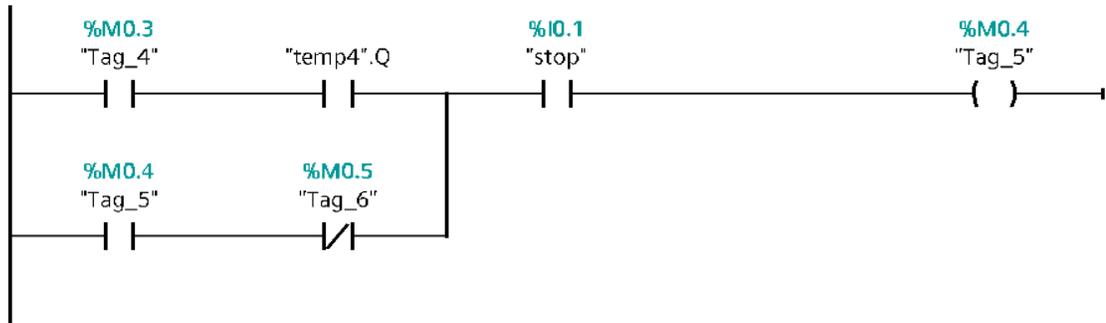
Segmento 9: Cerrar Compuerta 2



Segmento 10: T4 = 10 segundos

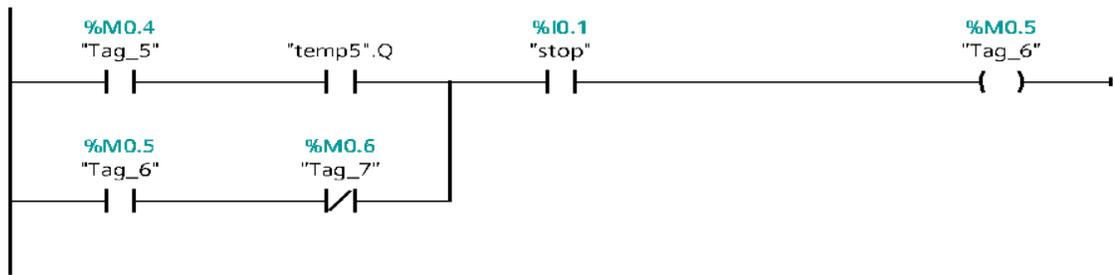


Segmento 11: Apagar Motor 1, Prender Motor 2

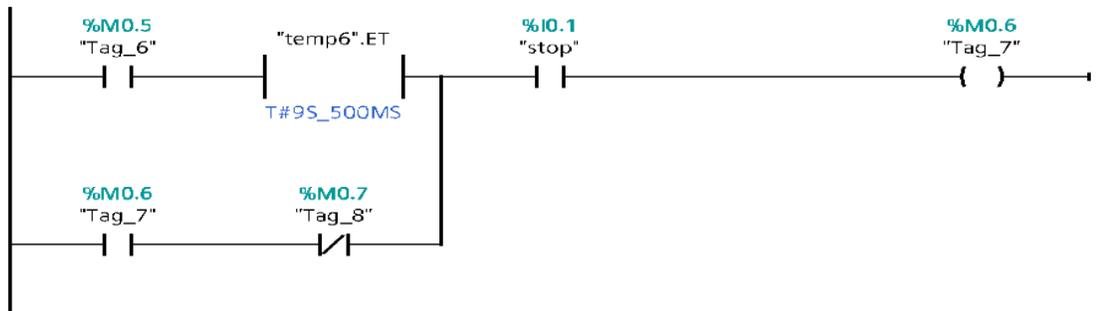
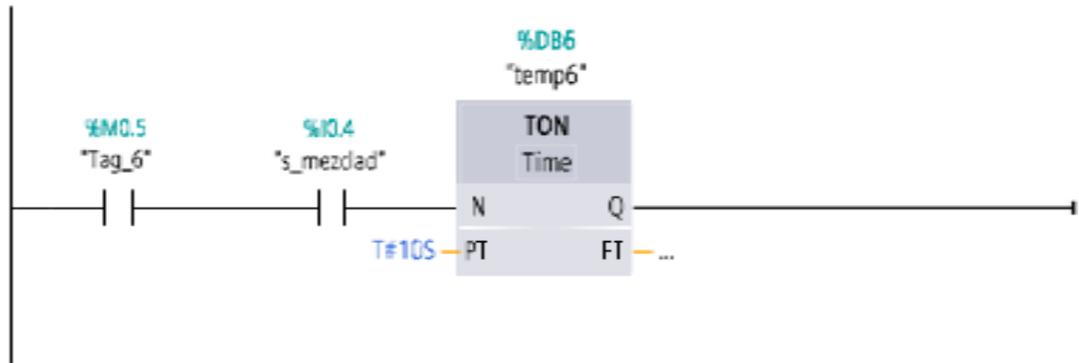


Segmento 12: T5 = 10 segundos





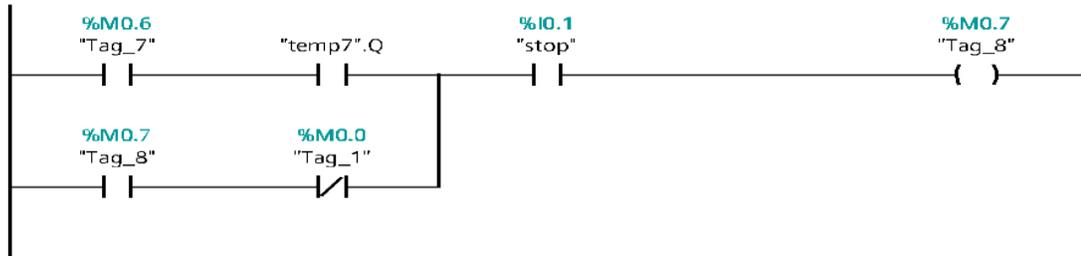
Segmento 14: T6 = 10 segundos



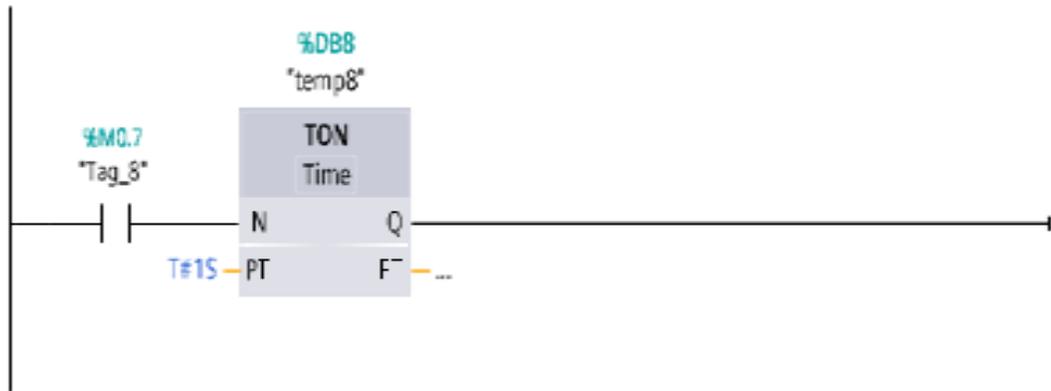
Segmento 16: T7 = 10 segundos



Segmento 17: Apagar Motor 3



Segmento 18: T8 = 1 segundo



Segmento 19: Calentador



Segmento 20: Compuerta 1



Segmento 21: Compuerta 2



Segmento 22: Motor 1



Segmento 23: Motor 2



Segmento 24: Cilindros Mezcladora



Segmento 25: Motor 3



Figura V - 31: Diagrama KOP del proceso.

CAPÍTULO VI

6. PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1. Campos de Aplicación

En nuestra investigación se pudo observar que varias industrias en el Ecuador utilizan el control de procesos para transportar, calentar, triturar, mezclar y homogenizar diferentes tipos de sólidos granulados.

Las industrias que utilizan este tipo de controles son industrias dedicadas a la elaboración de productos alimenticios.

Productos

Producción de varios productos alimenticios tales como:

- Café
- Harinas
- Balanceados

6.2. Pruebas Mecánicas

Para garantizar la fijación de los motores, se debe asegurar que la estructura metálica sea fija y resistente ya que ocupamos dos motores grandes uno para la trituración y el otro para el transporte del producto terminado, en la estructura de aluminio se utilizan seguros de aluminio para que brinde la estabilidad y la fácil manipulación para la incorporación de cualquier otro dispositivo que se pueda acoplar o sea necesario para controlar algún otro proceso, en otras palabras nuestro modulo tiene que ser escalable

Se realizaron varias pruebas manuales para comprobar que la estructura elaborada brinde todas las facilidades del caso, para poder realizar el montaje y ubicación de todos los dispositivos necesarios para el desarrollo del proceso.

6.3. Pruebas Eléctricas

El sistema de control colocado junto a la estructura posee todas las conexiones eléctricas del módulo, tanto para sensores, actuadores, electroválvulas, borneras, PLC y módulos de expansión.

Con un multímetro se realizó la comprobación de las conexiones eléctrica y verificación de los voltajes adecuados para cada uno de los dispositivos utilizados, así verificamos que no existan cortos circuitos o daños por sobre voltaje o corriente. De este modo evitar cualquier daño al momento de que se proceda a la respectiva alimentación eléctrica tanto del Plc, los motores y de los componentes electrónicos.

6.4. Pruebas De Software

El software que utilizamos para realizar el control de los procesos fue el Step 7 versión 11 para Windows XP ya que este software no es compatible con Windows 7.

Como resultado de la utilización de este software podemos anotar que es amigable y fácil porque utiliza un entorno grafico sencillo.

Otros software que se utilizó fue FluidSim para la simulación del circuito neumático y el AutoCAD 2007 para el modelado y dimensionamiento tanto de la estructura de metal como de la estructura de aluminio.

6.5. Pruebas de control del PLC

Para el control de procesos de transporte, calentamiento y mezcla de sólidos granulados se realiza un **diagrama grafset**, que representa la secuencia de como va a funcionar nuestro módulo donde se considera las memorias a utilizar al igual que los que va a causar el cambio de estado, dicho diagrama nos sirve para poder obtener las ecuaciones que podremos plasmar en el método KOP que es el diagrama de contactos.

Al completar la programación en el PLC SIEMENS S7-1200 podemos dar los tiempos que sean requeridos dentro del programa para el debido control de los procesos.

Al cargar el programa en el PLC, se realizan varias pruebas lo cual nos va a dar una idea precisa de la secuencia de ejecución del proceso en curso, al realizar el esquema de bloques vamos adicionando los controles y corrigiendo diferentes errores que se presenten hasta que se adapten a nuestras necesidades.

Se realizan pruebas por separadas de cada sección del programa para detectar posibles fallas y verificar los resultados.

6.6. Planteamiento del ensayo

Para nuestra prueba utilizaremos 2 sólido granulado (arroz, fideo) el mismo que va a ser pintado de dos colores diferentes.

Se seleccionaron estos dos tipos de sólidos porque se los encuentra en cualquier tienda de abastos y no manchan ni ensucian el módulo didáctico. Además se hicieron pruebas con otros materiales como el maíz y morocho para aves para probar la fuerza del molino de granos al momento de la trituración no se tuvo ningún inconveniente.

6.7. Análisis de Aceptación del módulo

HIPOTESIS

Una vez construido el módulo servirá de apoyo a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales para fortalecer los conocimientos del estudio de control de procesos industriales.

Para comprobar la hipótesis se hizo una encuesta para verificar la aceptación de los alumnos de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales sobre el “CONTROL DE PROCESOS DE TRANSPORTE, CALENTAMIENTO Y MEZCLA DE SÓLIDOS GRANULADO, A ESCALA” para el laboratorio de Control Automático de la Escuela.

La encuesta (ANEXO 8) se realiza a 20 estudiantes de séptimo, 15 estudiantes de octavo, 15 estudiantes de noveno y 10 estudiantes de décimo semestre dando un total de 60 personas encuestadas, la selección de los estudiantes de estos semestres se hizo porque se consideran los más idóneos para dicha comprobación ya que en estos niveles se dictan las distintas cátedras entre las que se puede mencionar: Control Hidráulico Neumático, Control Automático, Automatización Industrial, Mecatrónica, Control de Procesos Industriales, Sistemas de Control entre otras obteniendo los siguientes resultados

6.8. Tabulación de Datos

La representación gráfica porcentual de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería en Control y Redes Industriales se encuentran en el ANEXO 7.

CONCLUSIONES

1. El proyecto de tesis cumple con los objetivos planteados en el capítulo I, diseñar e implementar un módulo didáctico para el laboratorio de la Escuela de Electrónica en Control y Redes Industriales.
2. Los procesos industriales deben prestar las facilidades necesarias para poder ser escalables, por este motivo se deberán seguir estándares para que de esta manera se puedan acoplar sin ningún inconveniente todas las etapas del proceso.
3. El método Grafcet ayuda a crear la secuencia de los procesos a automatizar, ya que facilita la programación y el buen funcionamiento de los mismos.
4. Los distintos dispositivos utilizados en el módulo didáctico funcionan correctamente para controlar nuestro proceso. El PLC Siemens S7-1200 nos facilita en lo posible la intervención del operario, aunque siempre ofreciendo la posibilidad de ajustar el funcionamiento de la instalación mediante los numerosos parámetros y proporcionando toda la información necesaria para el seguimiento del proceso.
5. Una vez terminado la implementación del módulo se puede observar el control de proceso de transporte, calentamiento y mezcla de sólidos granulados, utilizando los distintos sistemas mencionados en el documento. De esta forma se pueden establecer y programar distintas secuencias para buscar soluciones a posibles problemas industriales a través de la automatización.

RECOMENDACIONES

1. La implementación del módulo didáctico para uso estudiantil debe ser de fácil manipulación y contar con toda la documentación necesaria para poder entender el proceso que va a realizar.
2. En caso de utilizar un PLC siemens S7-1200 nuevo se recomienda configurar que arranque en caliente ya que si no se lo pone en ese estado no va a funcionar.
3. Utilizar una fuente de alimentación adicional para los motores ya que necesitan de una corriente alta para poder arrancar y funcionar correctamente.
4. Al realizar el programa del PLC ser ordenado y tener en cuenta las reglas para crear segmentos KOP para de esta forma evitar daños al PLC, seguir la secuencia obtenida en método del grafcet para no tener inconveniente en la programación.
5. Utilizar el modulo propio para la termocupla ya que al utilizar las entradas analógicas hay variaciones en la toma de datos para la simulación del sistema de calentamiento.
6. Revisar las conexiones de los diferentes dispositivos instalados tener sumo cuidado ya que se puede ocasionar daños en los mismos y en el peor aun ocasionar daños físicos, para evitar todo eso se debe recabar la suficiente información verificar las hojas de especificaciones en lo que se refiere a los voltajes y corrientes con los que operan los equipos, la formas de conexión, etc.

RESUMEN

El diseño e implementación de un módulo para el control de procesos de transporte, calentamiento, mezcla de sólidos granulados servirá para equipar el laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Se utilizó el método experimental para la obtención del tiempo y la cantidad que debían ir en los procesos de transporte y mezcla necesarios para obtener un resultado satisfactorio

El cuerpo del módulo está conformado de tubo de acero el mismo que se utilizó debido al peso de los distintos materiales, en la parte superior se colocó una base de aluminio perfilado en el cual están las válvulas, relés y el elemento de control de proceso como es el PLC S7-1200.

El sistema consta de una tolva la cual está dividida en dos partes aquí se utilizaron dos sensores magnéticos una para cada compuerta, el transporte y calentamiento se lo simuló a través de una placa de aluminio en la parte inferior de esta se colocó un vibrador neumático. Después pasará a la trituración de los sólidos que se lo realiza a través de un molino de granos el movimiento de este se lo realiza con un motor eléctrico adaptado, luego vendrá el proceso de mezclado en el cual dos cilindros actuarán al mismo tiempo levantando la tapa de material acrílico, ya sea para mezclar o para dejar pasar el producto al siguiente molino de carne que servirá para transportar el producto terminado.

Como resultado final obtendremos una combinación del 90% de los dos productos que teníamos al principio este porcentaje subirá o disminuirá dependiendo de las propiedades que posea cada sólido granulado. Además se logrará que los estudiantes se familiaricen con diversos productos que se utilizan en la industria.

ABSTRACT

A UNIT DESIGN AND IMPLEMENTATION TO CONTROL THE TRANSPORT, WARNING, AND GRANULATED-SOLID MIXTURE PROCESS

A unit Design and implementation to control transport control, warning, and granulated-solid mixture processes which will serve to equip the automation laboratory of "Escuela de Ingeniería Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo"

Experimental method was used to get time and quantity that must be in the transport and mixture processes necessary to get a satisfactory result.

The unit body is made up of a steel pipe which was used because of the weight of the different materials, at the top an outlined-aluminum basis was set, here the valves, relays and the process control element are such as PLC S7-1200.

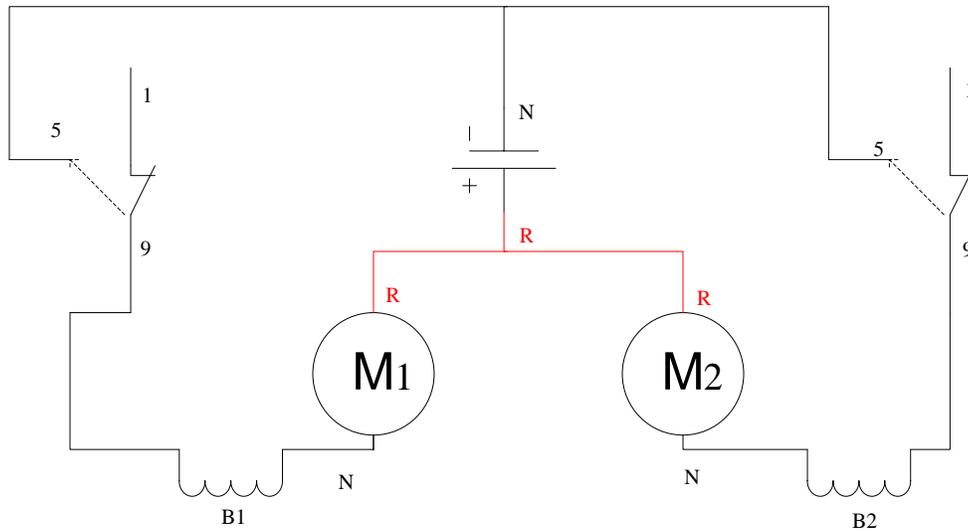
The system has a hopper which is divided into two parts and two magnetic sensors for each hatch were used. Transport and warning will be simulated by means of an aluminum plate. At the bottom a pneumatic vibrator will be set. After it will go past by the solid trituration which will be carried out with a grain grinder which runs with movements by an electric-adapted motor, after that, a mixing process will be performed with two cylinders which work at the same time lifting the acrylic material tip to mix and to let product go past to the following meat grinder which will serve to carry the final product.

As a result, a combination of 90% of both products will be gotten. This percentage will go up or down depending on the properties that each granulated solid has. Therefore, students will be able to know different products using in the industry..

ANEXOS

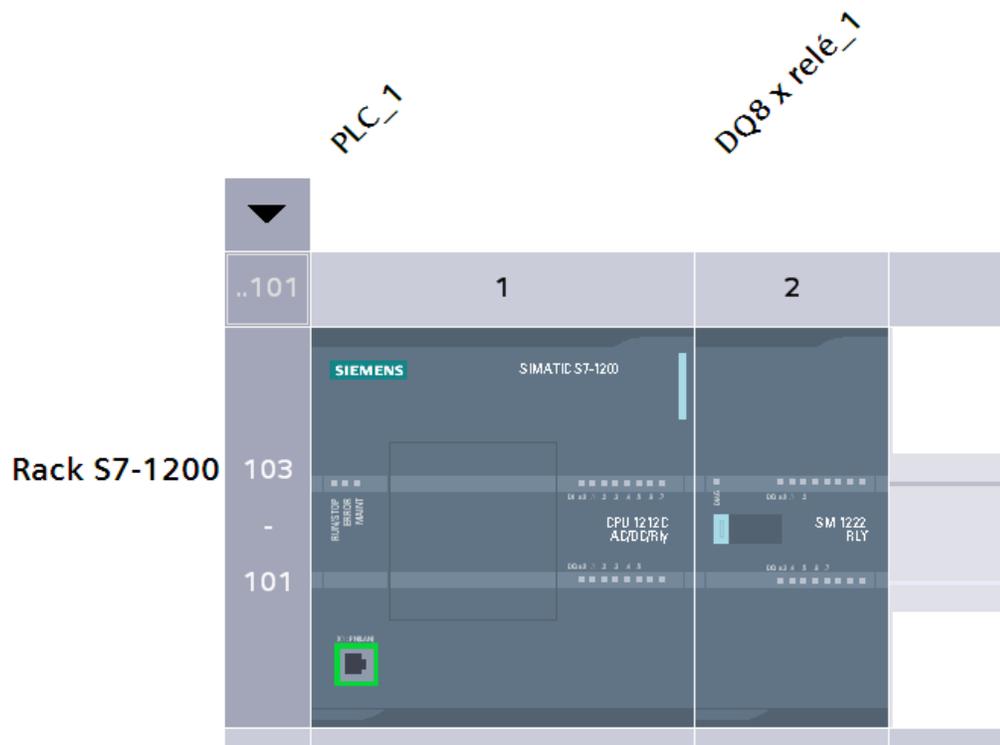
ANEXO 1

CONEXIÓN ELÉCTRICA DE LOS MOTORES



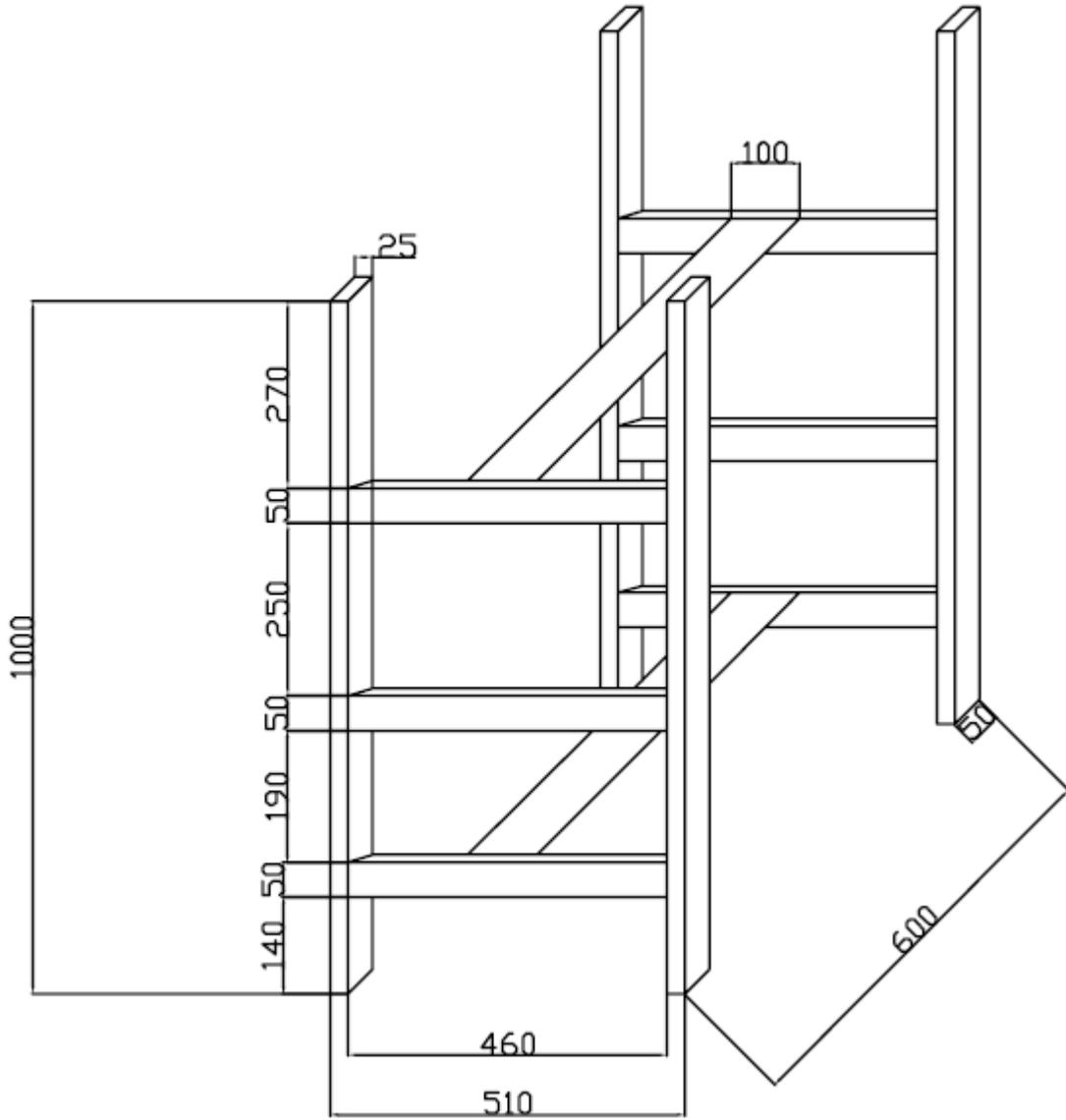
ANEXO 2

VISTA DE DISPOSITIVOS

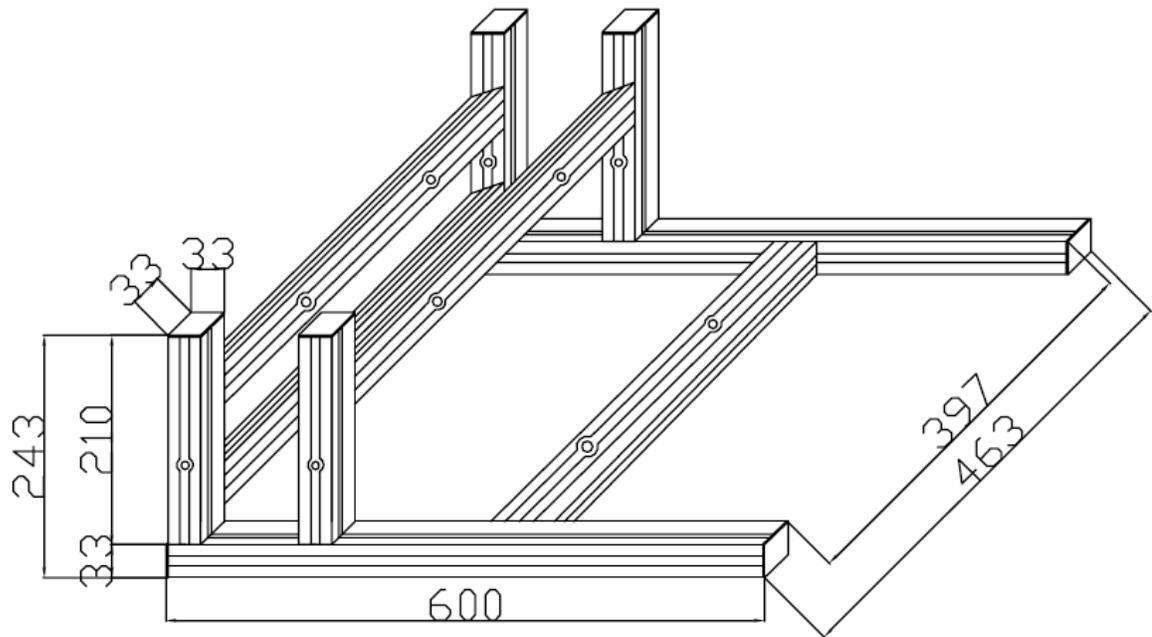


ANEXO 3

DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

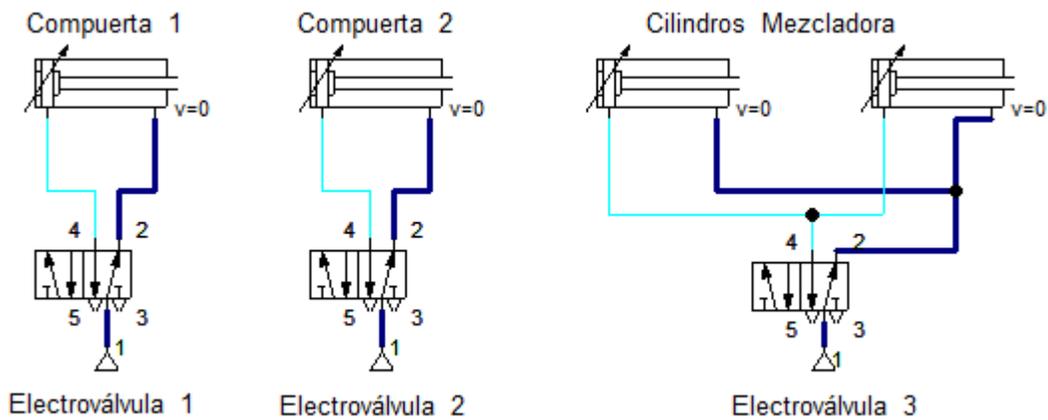


DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE ALUMINIO

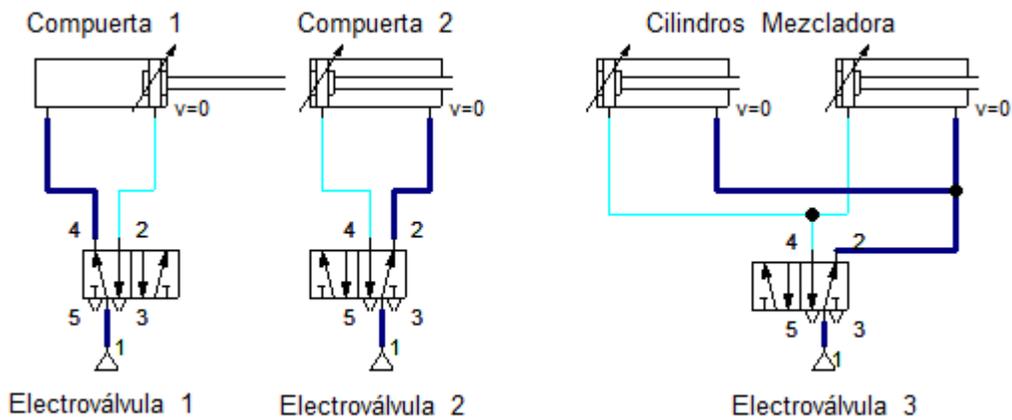


ANEXO 4

SIMULACIÓN DEL CIRCUITO NEUMÁTICO EN EL SOFTWARE FLUISIM

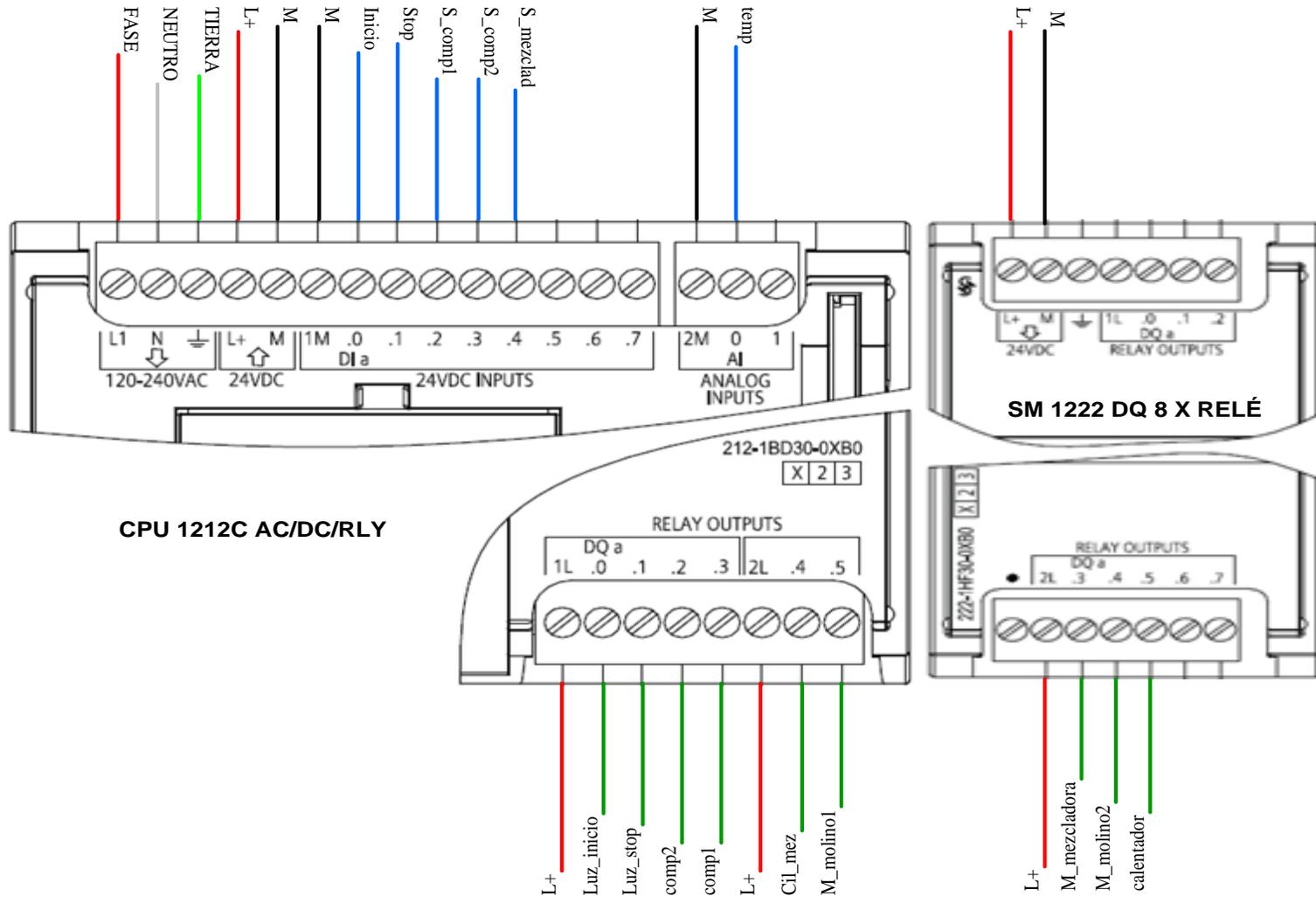


ACTIVACIÓN COMPUERTA 1



ANEXO 5

DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL PROCESO.



ANEXO 6

PROYECTO TERMINADO

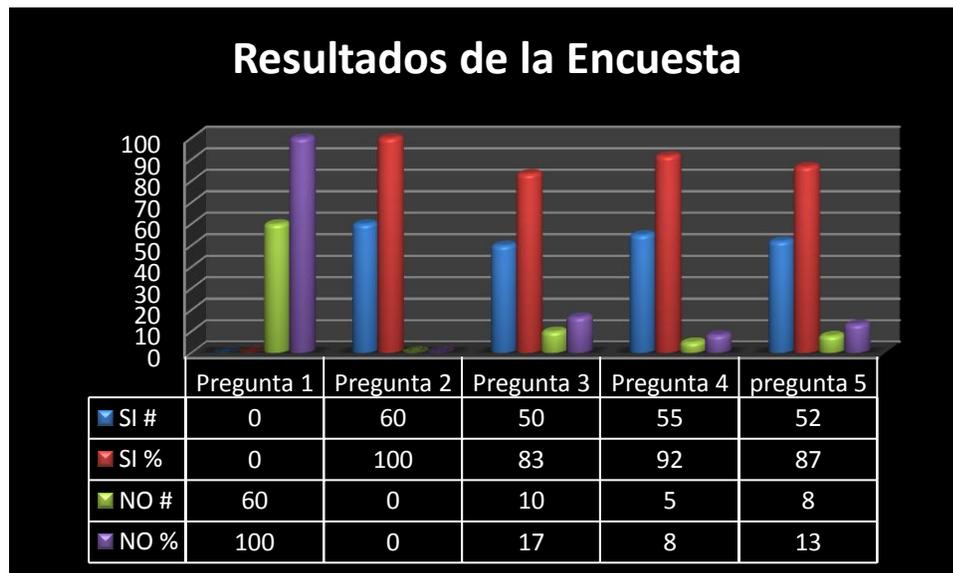


ANEXO 7

TABLA DE DATOS RECOLECTADOS

| DATOS RECOLECTADOS DE LA ENCUESTA | | | | |
|-----------------------------------|----|-----|----|-----|
| | SI | | NO | |
| | # | % | # | % |
| Pregunta 1 | 0 | 0 | 60 | 100 |
| Pregunta 2 | 60 | 100 | 0 | 0 |
| Pregunta 3 | 50 | 83 | 10 | 17 |
| Pregunta 4 | 55 | 92 | 5 | 8 |
| Pregunta 5 | 52 | 87 | 8 | 13 |

GRAFICO PORCENTUAL



ANEXO 8

FORMATO DE LA ENCUESTA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

SEMESTRE:.....

FECHA:.....

ENCUESTA

Objetivo:

Comprobar si el “CONTROL DE PROCESOS DE TRANSPORTE, CALENTAMIENTO Y MEZCLA DE SÓLIDOS GRANULADOS, A ESCALA” para la simulación de procesos industriales fortalecerá los conocimientos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de la EIECRI de la ESPOCH, adquiriendo nuevas destrezas y habilidades para el control de procesos en la industria.

Instrucciones

- Por favor lea detenidamente la pregunta y marque con una **X** la respuesta correcta

Preguntas

1. ¿Cree Ud. que la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y redes Industriales posee Laboratorios adecuados para su debido aprendizaje?

SI ()

NO ()

2. ¿Cree Ud. que es importante que se implemente un Laboratorio de Control Automático para que los estudiantes realicen las prácticas correspondientes?

SI ()

NO ()

3. ¿Cree Ud. que con la Construcción e Implementación de estos módulos (Control de Procesos de Transporte, calentamiento y Mezcla de sólidos granulados), se lograra mejorar la enseñanza- aprendizaje de los estudiantes?

SI ()

NO ()

4. ¿Cree Ud. que el Laboratorio de Control Automático aportara de mejor manera a los Estudiantes para que adquieran nuevos

conocimientos para un buen desenvolvimiento en el campo industrial?

SI ()

NO ()

5. ¿Cree Ud. que los profesionales de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales tendrán buenas ofertas de trabajo?

SI ()

NO ()

Gracias

por

su

Colaboración!!

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALCIATORE, D., y otros.**, Introducción a la Mecatrónica y los sistemas de medición., 3a ed., México D.F. – México., Mc Graw Hill., 2007., Pp. 1-4-338-339-340-346-392-393-394-396-402-413-422.
2. **BOLTON, W.**, Mecatrónica Sistemas de control eléctrico en la ingeniería mecánica y eléctrica.,4a ed., México D.F. – México., Alfaomega., 2010., Pp. 17-22-150-160-174-192-283-440-444-445-449.
3. **CREUS, A.**, Neumática e hidráulica., Mexico D.F. - México., Alfaomega., 2007., P.p. 9-13-28-45-46-51-78-84-128-245-249-256-326-330-346-354.
4. **CROUSE.**, Motores Puesta a Punto y Rendimiento del Motor., 2a.ed., España-Valencia., Alciatore., 2008., Pp.1290-1292
5. **GARCIA MORENO EMILIO.**, Automatización de Procesos Industriales., 2a.ed., México D.F.-México., Alfaomega., 2003., Pp. 24-25-80-82-85-87.

BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

6. ACTUADORES

<http://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF/Tema%204.pdf>

2012/05/3

<http://books.google.com.ec/books?id=N4zt-YNZD5UC&printsec>

2012/05/4

http://fosva.seas.es/docs/t3_neumatica.pdf

2012/05/7

<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica28.htm>

2012/05/10

7. MOTOR ELÉCTRICO DC

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/93/6/Capitulo1>

2012/08/01

<http://aprenda-siglas-tecnicas.html>

2012/08/06

<http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf>

2012/08/10

8. PLC

<http://controlesplc.blogspot.com/>

2012/06/24

<https://support.automation.siemens.com>

2012/06/27

<http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry>

2012/07/04

9. SENSORES

http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_de_proximidad

2012/07/10

<http://www.urp.edu.pe/labcim/portal/imagenes/Sensores.pdf>

2012/07/12

http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_capacitivo

2012/07/14

<http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas>

2012/07/15

<http://sensoresdeproximidad.galeon.com/>

2012/07/15

<http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica/r166/r75/r75.htm>

2012/07/15

<http://ocw.uc3m.es/ingenieria-de-sistemas-y-automatica/>

2012/07/23

10. TRATAMIENTO DE SOLIDOS GRANULADOS

<http://www.the-coffee.com/proceso-elaboracion-cafe.aspx>

2012-04-10

<http://es.scribd.com/doc/27036363/SECADO>

2012-04-12

<http://www.unav.es/adi/UserFiles/File/80962510/04-Polvos-Granulados.pdf>

2012-04-14

<http://www.molinosmezcladoras.com/mezcladoras.html>

2012-04-20