



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL
Y REDES INDUSTRIALES

“CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA EN EL PROCESO DE
TERMO FORMADO DE LÁMINAS, EN LA PLANTA "TECHOLUZ" DE
TUBASEC C.A”

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Presentado por:

Cristian David Márquez Zurita

RIOBAMBA – ECUADOR

AÑO 2012

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme estar vivo y día a día ir construyendo mi camino, a mi Virgencita Dolorosa que siempre ha sido mi guía y mi estrella en el azul, guiando siempre mis pasos.

A mis Padres y Hermanos por estar conmigo en todo momento brindándome su apoyo.

A mi tutor y maestros, que gracias a su motivación ha sido posible realizar este proyecto.

Y de manera muy especial a la Empresa Tubasec C.A por confiar en mi proyecto y brindarme la oportunidad de aplicar mis conocimientos.

DEDICATORIA

Quiero dedicar éste documento a Dios y mi Familia por ser pilares importantes en mi vida, y de manera muy especial a ti Raquel, gracias por estar conmigo en todo momento, con tu apoyo, gracias por llenar de dicha mis días, con todo mi cariño y mi corazón esta tesis te la dedico a ti.

Nombre	Firma	Fecha
Ing. Iván Ménes. DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Paúl Romero. DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	_____	_____
Ing. Paúl Romero. DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Marco Viteri. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
Lcdo. Carlos Rodríguez. DIRECTOR DEL DPTO. DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____
NOTA DE LA TESIS	_____	

“Yo, Cristian David Márquez Zurita, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en ésta tesis y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

Cristian David Márquez Zurita

AUTOR

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

PP	Polipropileno
D/A	Digital Análogo
ED	Entradas Digitales
F	Fuerza
NA	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado
PLC	Controlador Lógico Programable
VAC	Voltaje de corriente alterna
VDC	Voltaje de corriente continua
LG#	Labio Grupo número que corresponda
CG#	Cañón Grupo número que corresponda
H1	Horno de Entrada
H2	Horno Superior
H3	Horno Inferior

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS

HOJA DE RESPONSABILIDAD

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES	- 19 -
1.1. ANTECEDENTES	- 19 -
1.2. JUSTIFICACIÓN	- 20 -
1.3. OBJETIVOS	- 21 -
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	- 21 -
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	- 21 -
1.4. HIPÓTESIS	- 22 -

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	- 23 -
2.1. INFORMACIÓN GENERAL	- 23 -
2.2. AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS	- 24 -
2.2.1. Tipos de Automatización	- 26 -

2.2.1.1. El Control Automático de Procesos	- 26 -
2.2.1.2. El Proceso Electrónico de Datos	- 26 -
2.2.1.3. La Automatización Fija	- 27 -
2.2.1.4. El Control Numérico Computarizado	- 27 -
2.3. SISTEMAS DE CONTROL AUTOMATICO.....	- 28 -
2.3.1. Definición.....	- 28 -
2.4. INGENIERIA AUTOMATICA.....	- 30 -
2.5. SISTEMAS DE AUTOMATIZADO.....	- 32 -
2.6. CONTROL.....	- 33 -
2.7. SISTEMAS DE CONTROL.....	- 35 -
2.7.1. Elementos de un Sistema de Control	- 37 -
2.7.2. Tipos De Sistemas De Control	- 38 -
2.7.2.1. En función de que el estado de la salida intervenga o no en la acción de control	- 38 -
2.7.2.2. Según las tecnologías puestas en juego	- 38 -
2.7.2.3. Atendiendo a las técnicas de procesamiento de la señal	- 39 -
2.7.2.4. Según la forma de establecer la relación entre los elementos del sistema	- 39 -
2.7.3. Sistema de Control de Lazo Abierto	- 39 -
2.7.3.1. Las desventajas que tiene el control por lazo abierto	- 40 -
2.7.4. Sistema de Control de Lazo Cerrado.....	- 41 -
2.7.4.1. Las ventajas que tiene el control por Retroalimentación	- 43 -
2.7.4.2. Desventajas del control por Retroalimentación	- 43 -
2.8. SENSORES.....	- 43 -
2.8.1. Definición.....	- 43 -
2.8.2. Medición de Temperatura.....	- 44 -
2.8.3. Medición de Temperatura empleando Termopares.....	- 44 -

2.8.3.1. Tipos de Termopares.....	- 46 -
2.9. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).....	- 47 -
2.9.1. Historia Del PLC.....	- 47 -
2.9.2. Concepto de PLC.....	- 51 -
2.9.3. Estructura Básica Del PLC.....	- 53 -
2.9.4. Ventajas y Desventajas de un PLC.....	- 56 -
2.9.4.1. Las condiciones Favorables.....	- 56 -
2.9.4.2. Las condiciones Desfavorables.....	- 57 -
2.9.5. Clasificación del PLC.....	- 57 -
2.9.5.1. PLC tipo Nano.....	- 57 -
2.9.5.2. PLC tipo Compactos.....	- 58 -
2.9.5.3. PLC tipo Modular.....	- 58 -
2.10. COMUNICACIÓN ENTRE AUTOMATA Y LABVIEW.....	- 59 -
2.10.1. Definición de LABVIEW.....	- 59 -
2.10.1.1. Principales Usos.....	- 60 -
2.10.1.2. Principales Características.....	- 61 -
2.10.2. OPC.....	- 63 -
2.10.2.1. Servidor OPC.....	- 63 -
2.10.2.2. Beneficios de OPC.....	- 64 -
2.10.2.3. Propósito.....	- 65 -
2.10.2.4. Servidores y Clientes OPC.....	- 66 -
2.10.2.5. Servidor de acceso a Datos OPC.....	- 68 -
2.10.2.6. Arquitectura general de OPC y sus Componentes.....	- 70 -
2.10.3. Etiquetas de sistema (TAGS).....	- 71 -
2.10.3.1. Tags como Parámetros de Control.....	- 71 -
2.11. POLIPROPILENO.....	- 72 -

2.11.1. Definición.....	- 72 -
2.11.2. Propiedades	- 73 -
2.11.3. Propiedades Mecánicas	- 73 -
2.11.4. Propiedades Térmicas.....	- 74 -
2.11.5 Aplicaciones	- 74 -
2.12. EXTRUSIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS	- 76 -
2.12.1. Proceso de Transformación.....	- 76 -
2.12.2. Extrusión.....	- 76 -
2.12.2.1. Diagrama de Extrusora.....	- 77 -
2.12.2.2. Ventajas y Restricciones	- 77 -
2.12.2.3. Aplicaciones Actuales.....	- 78 -
2.12.3. Descripción del Proceso.....	- 79 -
2.12.4. Descripción del Rquipo.....	- 80 -
2.12.4.1. Tolva.....	- 80 -
2.12.4.2. Husillo.....	- 83 -
2.12.4.3. Cilindros con Zonas Acanaladas	- 84 -
2.12.6. Sistema de enfriamiento del cilindro	- 86 -
2.12.7. Importancia de la temperatura en la fase de alimentación de la resina.....	- 87 -
2.12.8. El Motor	- 88 -
2.12.9. El Cabezal	- 88 -
2.12.10. Labio inyector	- 89 -
2.12.11. Tren de formación.....	- 90 -
 CAPÍTULO III	
3. DESARROLLO DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA EN EL ÁREA DE TERMOFORMADO.....	- 92 -
3.1. INTRODUCCIÓN.....	- 92 -

3.1.1. Evaluación	- 92 -
3.1.2. Componentes y Materiales	- 94 -
3.1.3. Selección de los elementos de control	- 95 -
3.1.4. Descripción de los Dispositivos Utilizados en el Ensamblaje del Proyecto	- 96 -
3.1.4.1. Cable de extensión para Termocuplas	- 96 -
3.1.4.2. Termocupla Tipo J	- 97 -
3.1.4.3. Características PLC TWDLCAA40DRF de Schneider Electric	- 98 -
3.1.4.4. Módulo de expansión TWDALM3LT	- 99 -
3.1.4.5. Características de entrada analógica Módulo TWDALM3LT	- 99 -
3.1.4.6. Resistencias de Calentamiento	- 100 -
3.1.4.6.1. Materiales que se ocupan en la fabricación de resistencias	- 100 -
3.1.4.6.2. Usos	- 100 -
3.1.4.6.3. Resistencia tipo Abrazadera	- 101 -
3.1.4.6.4. Resistencia tipo Placa	- 101 -
3.1.4.6.5. Resistencia tipo Barra	- 102 -
3.1.5. Control de Histéresis de temperatura	- 102 -
3.2. DISEÑO	- 103 -
3.2.1. Diseño Mecánico	- 103 -
3.2.2. Diseño eléctrico	- 105 -
3.2.3. Diseño Informático	- 105 -
3.3. IMPLEMENTACIÓN	- 106 -
3.3.1. Calentamiento de Resistencias	- 106 -
3.3.2. Extrusión del Material Polipropileno	- 107 -
3.3.4. Inyección del material Polipropileno	- 108 -

3.3.5. Termo Formación de Láminas.....	- 108 -
3.3.6. Control de temperaturas.....	- 109 -
3.3.7. Etapa de control para las temperaturas.....	- 110 -
3.3.8. Etapa de Potencia	- 111 -
3.4. DIAGRAMA DE FLUJO	- 113 -
CAPÍTULO IV	
4. PRUEBAS Y RESULTADOS	- 115 -
4.1. Definición del ámbito.....	- 115 -
4.2. Pruebas Mecánicas	- 116 -
4.3. Pruebas Eléctricas	- 117 -
4.4. Pruebas De Software.....	- 118 -
4.5. Pruebas de control del PLC	- 120 -
4.6. Planteamiento del ensayo de Control de Temperaturas	- 121 -
4.7. Ensayo de Pruebas.....	- 124 -
4.7.1. Temperaturas analizadas en los Ensayos	- 125 -
4.8. Potencia consumida en la Máquina 1 de Techoluz.....	- 127 -
4.9. Hipótesis	- 128 -
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II-1 Niveles Jerárquicos de la Automatización Industrial.....	- 25 -
Figura II-2 Fresadora CNC	- 27 -
Figura II-3 Esquema General de un Sistema Automatizado.....	- 33 -
Figura II-4 <i>Esquema General de un Sistema</i>	- 36 -
Figura II-5 <i>Esquema General de un Sistema de Control</i>	- 38 -
Figura II-6 <i>Lazo Abierto</i>	- 39 -
Figura II-7 <i>Lazo Cerrado</i>	- 42 -
Figura II-8 <i>Funcionamiento de un Sensor</i>	- 44 -
Figura II-9 Termopares formados por distintos metales	- 45 -
Figura II-10 Efectos Peltier y Thomson en un termopar	- 46 -
Figura II-11 Estructura Básica del PLC	- 53 -
Figura II-12 Ambiente Informático Heterogéneo	- 65 -
Figura II-13 <i>Aplicación trabajando con Varios Servidores</i>	- 66 -
Figura II-14 <i>OPC Cliente</i>	- 67 -
Figura II-15 <i>Relación Cliente Servidor y Sistemas SCADA</i>	- 68 -
Figura II-16 Relación de trabajo Grupo/Ítem.	- 69 -
Figura II-17 Arquitectura Típica OPC.....	- 70 -
Figura II-18 Polipropileno.....	- 72 -
Figura II-19 Extrusora.....	- 77 -
Figura II-20 Barril o Cañón	- 81 -
Figura II-21 Tornillo de Extrusora	- 83 -
Figura II-22 Sección transversal de las zonas de alimentación acanalado. -	84 -
Figura II-23 Plato rompedor y mallas.....	- 89 -

Figura II-24 Labio Inyector	- 90 -
Figura II-25 Tren de formación de Láminas.....	- 91 -
Figura III-26 Maquina en evaluación Inicial	- 93 -
Figura III-27 Extensiones de Cables de Termocuplas	- 97 -
Figura III-28 Termocupla Tipo J (Bulbo, Tornillo)	- 98 -
Figura III-29 PLC Twido TWDLCAA40DRF	- 98 -
Figura III-30 Conexión de Termocupla en el Módulo TWDALM3LT	- 99 -
Figura III-31 Resistencia tipo Abrazadera.....	- 101 -
Figura III-32 Resistencia Tipo Placa	- 101 -
Figura III-33 Resistencia Tipo Barra	- 102 -
Figura III-34 Curva de Histéresis	- 102 -
Figura III-35 Máquina de fabricación Techoluz	- 104 -
Figura III-36 Definición de Memorias en el PLC	- 106 -
Figura III-37 Definición de Memorias Tipo Word en el PLC.....	- 106 -
Figura III-38 Sistema de censado de temperaturas en el cañón	- 107 -
Figura III-39 Sistema de censado de temperaturas en el labio inyector...-	108 -
Figura III-40 Sistema de censado de temperaturas en el área de Termo Formado.....	- 109 -
Figura III-41 Etapa de control de Temperaturas	- 110 -
Figura III-42 Etapa de potencia.....	- 112 -
Figura IV-43 Tren de Formación de Láminas.....	- 117 -
Figura IV-44 Tablero Eléctrico	- 118 -
Figura IV-45 Interfaz de Medición y Control de Temperatura.....	- 119 -
Figura IV-46 Arranque del Sistema	- 122 -
Figura IV-47 Arranque de cañón Extrusor y Hornos de Termo Formado.-	123 -
Figura IV-48 Estabilidad Obtenida del sistema luego de 2 horas del Arranque-	123 -

Figura IV-49 Codificación de Cañón extrusor	- 124 -
Figura IV-50 Codificación de Labio Inyector.....	- 124 -
Figura IV-51 Codificación del Área de Termo Formado	- 125 -
Figura IV-52 Gráfica de comportamiento de temperaturas en el Cañón ..	- 126 -
Figura IV-53 Gráfica de comportamiento de temperaturas en el Labio Inyector	- 126 -
Figura IV-54 Gráfica de comportamiento de temperaturas en la Rejilla ...	- 127 -
Figura IV-55 Gráfica de comportamiento de temperaturas en el Termo Formado.....	- 127 -
Figura IV-56 Producto Terminado luego del Proceso de Formación	- 130 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II-I Termocuplas según IEC 584-1	- 47 -
Tabla II-II Propiedades Mecánicas del PP	- 73 -
Tabla II-III Propiedades Térmicas del PP	- 74 -
Tabla II-IV Procesos de moldeo de plásticos con más frecuencia	- 76 -
Tabla II-V Especificaciones teóricas del tornillo de la Extrusora.....	- 83 -
Tabla II-VI Caudales de extrusión de <i>PEBD</i> para maquinas con sección de alimentación lisa y acanalada.	- 85 -
Tabla II-VII Caudales de extrusión de <i>PP</i> para maquinas con sección de alimentación lisa y acanalada.	- 85 -
Tabla III-VIII Materiales Utilizados en el Proyecto	- 96 -
Tabla IV-IX Tabulación de Datos de Ensayos.....	- 126 -
Tabla IV-X Potencia Total de Máquina 1 de Techoluz.....	- 128 -

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja de especificaciones de PLC Twido TWDLCAE40DRF ...	- 140 -
Anexo 2. Hoja de especificaciones de Módulo Analógico TM2ALM3LT	- 143 -
Anexo 3. Circuito Eléctrico de Mando para la Máquina 1.....	- 150 -
Anexo 4. Circuito de Control del PLC y Módulos de Ampliación	- 151 -
Anexo 5. Diagrama de Potencia de los Motores	- 152 -
Anexo 6. Diagrama de Potencia de las Resistencias	- 153 -
Anexo 7. Instructivo para el Arranque y paro de la Máquina 1 de la planta Techoluz de Tubasec C.A.	- 154 -

INTRODUCCIÓN

La implementación del control automático de temperatura en el área de termo formado de láminas de la planta “Techoluz” de “Tubasec C.A”, permitirá hacer una radiografía general de la máquina encargada de realizar el proceso, puesto que al controlar la temperatura de funcionamiento, se mira con exactitud los fenómenos que intervienen dentro de la formación de las láminas.

La interfaz que permitirá visualizar el comportamiento de los actuadores térmicos que intervienen en el proceso, pretende ser de con una interfaz amigable y con lecturas exacta de forma instantánea, graficando el comportamiento que nos proporcionan los sensores mediante la medición de temperatura que ayudan a controlar el sistema retroalimentado.

El error que se a corregir ayudará en gran magnitud para medir, los parámetros establecidos en el laboratorio a los cuales el sistema se debe apegar en gran medida. Para que la producción optimice en gran medida la materia prima.

La mejora en el rendimiento del control en la temperatura, proporcionara una mejor visión en la velocidad de producción puesto que se puede incrementar la misma al tener una estabilidad en el funcionamiento.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

La Planta "TECHOLUZ" es una empresa filial a la de TUBASEC C.A., productora del famoso techo traslúcido de varios modelos y formas, que es de adquisición popular. Está ubicada en la zona industrial de la ciudad de Riobamba.

Una de sus secciones es la denominada la de termo formado. En este lugar se opera con mecanismos de forma manual lo que provoca un elevado error en el control de la temperatura por la variación intrínseca del sistema, generando un gran consumo de energía, y muchas de las veces error en la cocción del polipropileno siendo ésta muy elevada o insuficiente.

La ubicación de las causas de error y desperdicio de energía eléctrica, de los factores intervinientes es una necesidad de la empresa, con miras a establecer correctivos.

Aquí radica la importancia de la presente investigación. Ella tratará de establecer las razones de esta situación, sus resultados en materia de Automatización Industrial servirán de base para el rediseño del control de temperatura en el área de termo formado.

1.2. JUSTIFICACIÓN

"TECHOLUZ" una empresa con una creciente demanda requiere de procesos, con tecnologías que mejoren el rendimiento de la misma, siendo una de las empresa con procesos de punta dentro de la competencia aprovechando al máximo la materia prima pero sobretodo creando un producto de calidad y con garantías, cualquier variación provechosa dentro del sistema, generaría grandes ventajas dentro de la producción, puesto que se ahorra energía eléctrica y se disminuye el porcentaje de desperdicio de materia prima, provocando un ahorro económico.

El propósito del presente proyecto se justifica, por la necesidad de controlar un proceso muy importante dentro del área de termo formado, puesto que la falta de efectividad en el control genera una serie de inconvenientes pero sobretodo fallas en el proceso de formación de láminas, provocadas por la imprecisión del control de temperatura y las perturbaciones constantes a las que está sometido el sistema, con el proyecto se pretende corregir estos errores mediante un procesador autómatas que ayudaría a mejorar el control

notablemente pese a las perturbaciones existentes, generando así un gran ahorro de energía eléctrica, además de ya no depender de la medición del operario puesto que tan solo se observaría la temperatura en una pantalla de visualización y las correcciones las haría el propio sistema.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Diseñar e Implementar un sistema automático que permita controlar la temperatura en el proceso de termo-formado de láminas en la planta "TECHOLUZ" de "TUBASEC C.A."

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar las causas principales en el error del control de temperatura en la planta "TECHOLUZ".
- ✓ Implementar un modelo matemático que me permita linealizar y cumplir con la curva de funcionamiento de temperatura.
- ✓ Analizar que el principal efecto de desperdicio de energía, es provocada por la variación abrupta, en el calentamiento de las resistencias que generan el calor.
- ✓ Comprobar que el factor que acentúa el error del control de temperatura es el de paralaje provocado por los operarios.

1.4. HIPÓTESIS

La implementación del sistema automático para el control de temperatura en el proceso de termo formado de la planta "TECHOLUZ", permitirá disminuir el error en la formación de láminas y con ello el ahorro de energía eléctrica y optimización de materia prima.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. INFORMACIÓN GENERAL

TUBASEC C.A. es una empresa domiciliada en el parque industrial de la ciudad de Riobamba que funciona desde hace más de tres décadas al desarrollo del Ecuador, inició su actividad con su línea de tuberías, y después se prolongó y se adentró en la diversificación incorporándose en el mundo de las cubiertas.

Su primer paso lo hizo con los prestigiosos techos de fibrocemento marca Eurolit, reconocidos como los más fuertes y resistentes del mercado en ese sector. Eurolit puede decir en voz alta y con legítimo orgullo, que es la única marca existente en el mercado que tiene todos sus techos con la garantía y el respaldo total de cumplir con la norma INEN 1320 y por lo tanto, que todas sus planchas vendidas en el pasado y en el presente tienen la garantía real y total de tener una resistencia superior a los 4250 Néwtones por metro lineal.

Después de introducir en el mercado su línea Eurolit, TUBASEC C.A., amplió su gama de actividades con la fabricación de tejas de hormigón. Entre las marcas que desarrollaron están Ecuateja, Eurotank e Hipotank, Iberteja, Esmalteja y Techoluz. Que se complementan con la gama de tanques de fibrocemento, convirtiendo así a TUBASEC C.A. en el único fabricante en ofrecer la gama completa de tanques tanto, en fibrocemento como en polipropileno.

2.2. Automatización de Procesos

Las tendencias de globalización y segmentación internacional de los mercados son cada vez más acentuadas. Y como estrategia para enfrentar este nuevo escenario, la automatización representa una alternativa que es necesario considerar.

Con el avance de la tecnología, la necesidad de modernizar y actualizar cualquier tipo de sistema de control, están acelerando la adopción de sofisticados y robustos sistemas de control y de gestión de información en tiempo real; los procesos industriales han sufrido grandes cambios y quienes estamos involucrados de una u otra manera con el tema, debemos estar permanentemente informados a cerca de los nuevos productos, métodos de procesos, solución de fallas, sistema de control, etc.

En un contexto industrial se puede definir la automatización como una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos-

eléctricos basados en computadoras para la operación y control de la producción. Desde el punto de vista empresarial, la necesidad de comunicación no se restringe sólo a la producción. Otros departamentos de la empresa también pueden participar en la red de comunicaciones para permitir un control global del sistema. De este modo, no sólo se controlaría el propio funcionamiento de la planta, sino que en función de las decisiones tomadas por el área administrativa de la empresa, podría actuarse directamente sobre la producción, de tal modo que se establece un sistema de control jerarquizado como se muestra en la figura



Figura II-1 Niveles Jerárquicos de la Automatización Industrial

Cada uno de los niveles, además de llevar a cabo labores específicas, realiza un tratamiento y filtrado de la información que es transmitida en sentido ascendente o descendente por la pirámide. Así se limitan los flujos de información a los estrictamente necesarios para cada nivel. También existe un tráfico en sentido horizontal dentro de cada nivel, con distintas condiciones en cada uno de ellos.

2.2.1. Tipos de Automatización

Existen cinco formas de automatizar en la industria moderna, de modo que se deberá analizar cada situación a fin de decidir correctamente el esquema más adecuado.

Los tipos de automatización son:

- ✓ Control Automático de Procesos
- ✓ El Procesamiento Electrónico de Datos
- ✓ La Automatización Fija
- ✓ El Control Numérico Computarizado
- ✓ La Automatización Flexible.

2.2.1.1. El Control Automático de Procesos

Se refiere usualmente al manejo de procesos caracterizados de diversos tipos de cambios (generalmente químicos y físicos); un ejemplo de esto lo podría ser el proceso de refinación de petróleo.

2.2.1.2. El Proceso Electrónico de Datos

Frecuentemente es relacionado con los sistemas de información, centros de cómputo, etc. Sin embargo en la actualidad también se considera dentro de esto la obtención, análisis y registros de datos a través de interfaces y computadores.

2.2.1.3. La Automatización Fija

Es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como: los sistemas de relevadores y compuertas lógicas; sin embargo estos sistemas se han ido flexibilizando al introducir algunos elementos de programación como en el caso de los (PLC'S) o Controladores Lógicos Programables.

2.2.1.4. El Control Numérico Computarizado

Posee un mayor nivel de flexibilidad. Este tipo de control se ha aplicado con éxito a Máquinas de Herramientas de Control Numérico (MHCN), como el que se muestra en la figura. Entre las MHCN podemos mencionar:

Fresadoras CNC.

Tornos CNC.



Figura II-2 Fresadora CNC

Cada una de estas industrias utiliza máquinas automatizadas en la totalidad o en parte de sus procesos. Como resultado, cada sector tiene un concepto

de automatización adaptado a sus necesidades específicas. La propagación de la automatización y su influencia sobre la vida cotidiana constituye la base de la preocupación expresada por muchos acerca de las consecuencias de la automatización sobre la sociedad y el individuo.

2.3. SISTEMAS DE CONTROL AUTOMATICO

2.3.1. DEFINICIÓN

Un sistema automático de control es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir sin intervención de agentes exteriores (incluido el factor humano), corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento.

Actualmente, cualquier mecanismo, sistema o planta industrial presenta una parte actuadora, que corresponde al sistema físico que realiza la acción, y otra parte de mando o control, que genera las órdenes necesarias para que esa acción se lleve o no a cabo.

Para explicar el fundamento de un sistema de control se puede utilizar como ejemplo un tirador de arco. El tirador mira a la diana, apunta y dispara. Si el punto de impacto resulta bajo, en el próximo intento levantará más el arco; si la flecha va alta, en la siguiente tirada bajará algo más el arco; y así sucesivamente, hasta que consiga la diana. El tirador sería el elemento de

mando (da las órdenes de subir o bajar el brazo) y su brazo el elemento actuador.

En el ejemplo expuesto se observa que el objetivo se asegura mediante el método de prueba y error. Lógicamente los sistemas de control, al ser realizados por ordenadores o por otros medios analógicos, son más rápidos que en el caso del tirador.

Se puede mejorar el modelo sustituyendo el tirador por un soldado con un arma láser, que está continuamente disparando. El soldado es el elemento de mando en el sistema, y la mano con la que se sostiene el arma el elemento actuador.

En Automático se sustituye la presencia del ser humano por un mecanismo, circuito eléctrico, circuito electrónico o, más modernamente por un ordenador. El sistema de control será, en este caso automático.

Un ejemplo sencillo de sistema automático lo constituye el control de temperatura de una habitación por medio de un termostato, en el que se programa una temperatura de referencia que se considera idónea. Si en un instante determinado la temperatura del recinto es inferior a la deseada, se producirá calor, lo que incrementará la temperatura hasta el valor programado, momento en que la calefacción se desconecta de manera automática

2.4. INGENIERIA AUTOMATICA

La ingeniería automática conocida también como ingeniería de control es el uso de elementos sistemáticos (como control numérico (NC), controladores lógicos programables (PLC) y otros sistemas de control industrial) relacionados con otras aplicaciones de la tecnología de la información, para el control industrial de maquinaria y procesos, reduciendo la necesidad de intervención humana.

En el ámbito de la industrialización, la automatización está un paso por delante de la mecanización. Mientras que la mecanización provee operadores humanos con maquinaria para ayudar a exigencias musculares de trabajo, la automatización reduce considerablemente la necesidad para exigencias humanas sensoriales y mentales. Los procesos y los sistemas también pueden ser automatizados.

La ingeniería automática es un área multidisciplinar encargada de la concepción y desarrollo de autómatas y de otros procesos automáticos en las siguientes áreas:

- ✓ Automatización de edificios (Domótica)
- ✓ Simulación de Procesos Químicos
- ✓ Ingeniería mecánica
- ✓ Automóviles
- ✓ Aeronáutica y astronáutica
- ✓ Robótica

- ✓ Biología
- ✓ Medicina
- ✓ Mecatrónica

Dentro de la ingeniería automática se encuentran, entre otras, las siguientes subdisciplinas:

- ✓ Instrumentación automática
- ✓ Tecnología de sensores
- ✓ Regulación automática
- ✓ Control de procesos
- ✓ Ingeniería automática
- ✓ Vigilancia
- ✓ Diagnóstico de fallos
- ✓ Optimización
- ✓ Visualización de procesos

El diseño, implementación y puesta en marcha de sistemas automáticos es un proceso muy metódico. Estos métodos de la ingeniería automática están en parte divididos en procesos. Hoy en día, la ingeniería electrónica es una parte integrante de la ingeniería de control. Casi todos los sistemas automáticos funcionan con ayuda de la electrónica, quedando los sistemas automáticos basados en la mecánica en un segundo plano.

La mayoría de los métodos generales de la ingeniería de control se basan en el uso de modelos analíticos del proceso que se quiere estudiar obtenidos de

forma teórica o experimental. A partir de estos modelos se pueden usar métodos científicos para obtener sistemas de control para los mismos.

Con estos métodos se pueden diseñar sistemas inteligentes con reguladores basados en modelos que se auto-actualizan y con control de fallos, que pueden tomar decisiones en función de la información que obtienen a través de sus sensores. Los mismos son también de gran importancia en Mecatrónica y son usados también en el control digital de robots, máquinas herramienta, motores, automóviles y sistemas neumáticos e hidráulicos.

2.5. SISTEMAS DE AUTOMATIZADO

En la actualidad los sistemas automáticos juegan un gran papel en muchos campos, mejorando nuestra calidad de vida:

En los procesos industriales:

- ✓ Aumentando las cantidades y mejorando la calidad del producto, gracias a la producción en serie y a las cadenas de montaje.
- ✓ Reduciendo los costes de producción.
- ✓ Fabricando artículos que no se pueden obtener por otros medios

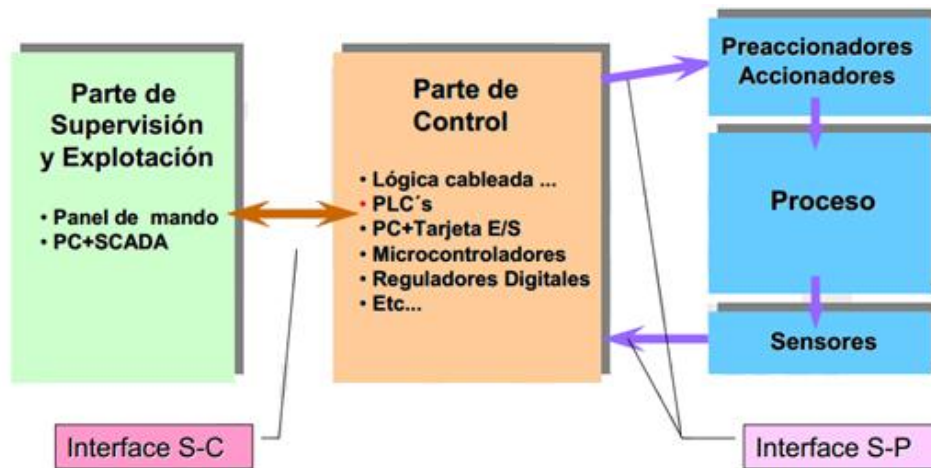


Figura II-3 Esquema General de un Sistema Automatizado

2.6. CONTROL

El control es un área de la ingeniería y forma parte de la Ingeniería de Control. Se centra en el control de los sistemas dinámicos mediante el principio de la realimentación, para conseguir que las salidas de los mismos se acerquen lo más posible a un comportamiento predefinido. Esta rama de la ingeniería tiene como herramientas los métodos de la teoría de sistemas matemática.

La ingeniería de control es una ciencia interdisciplinar relacionada con muchos otros campos, principalmente las matemáticas y la informática. Las aplicaciones son de lo más variado: desde tecnología de fabricación, instrumentación médica, Subestación eléctrica, ingeniería de procesos, robótica hasta economía y sociología. Aplicaciones típicas son, por ejemplo, el piloto automático de aviones, barcos y el ABS de los automóviles.

El control de temperatura en una habitación es un ejemplo claro y típico de una aplicación de ingeniería de control. El objetivo es mantener la temperatura de una habitación en un valor deseado, aunque la apertura de puertas y ventanas y la temperatura en el exterior hagan que la cantidad de calor que pierde la habitación sean variables (perturbaciones externas). Para alcanzar el objetivo, el sistema de calefacción debe modificarse para compensar esas perturbaciones.

La ingeniería de control moderna se relaciona de cerca con la Ingeniería eléctrica y la electrónica, pues los circuitos electrónicos pueden ser modelados fácilmente usando técnicas de la teoría de control.

Anterior a la electrónica moderna, los dispositivos para el control de procesos eran diseñados por la ingeniería mecánica, los que incluían dispositivos tales como levas junto con dispositivos neumáticos e hidráulicos. Algunos de estos dispositivos mecánicos siguen siendo usados en la actualidad en combinación con modernos dispositivos electrónicos.

El control aplicado en la industria se conoce como control de procesos. Se ocupa sobre todo del control de variables como temperatura, presión, caudal, etc., en un proceso químico de una planta. La ingeniería de control es un área muy amplia y cualquier ingeniería puede utilizar los mismos principios y técnicas que esta utiliza.

La ingeniería de control se ha diversificado a tal punto que hoy se aplica incluso en campos como la biología, las finanzas, e incluso el comportamiento humano.

La ingeniería de control comienza con el uso de la matemática elemental y la transformada de Laplace (llamada teoría de control clásica). En el control lineal, se hace análisis de los sistemas en el dominio de la frecuencia y del tiempo mientras que en los sistemas no lineales y en el control digital se requiere el uso del álgebra lineal y de la transformada Z respectivamente.

2.7. SISTEMAS DE CONTROL

La Ingeniería de control es una disciplina que se focaliza en modelar matemáticamente una gama diversa de sistemas dinámicos y el diseño de controladores que harán que estos sistemas se comporten de la manera deseada. Aunque tales controladores no necesariamente son electrónicos y por lo tanto la ingeniería de control es a menudo un sub-campo de otras ingenierías como la mecánica.

Dispositivos tales como circuitos eléctricos, procesadores digitales y los micro-controladores son muy utilizados en todo sistema de control moderno. La ingeniería de control tiene un amplio rango de aplicación en áreas como los sistemas de vuelo y de propulsión de los aviones de aerolíneas, militares, en la carrera espacial y últimamente en la industria automotriz.

Un sistema dinámico puede definirse conceptualmente como un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones externas son las denominadas variables de salida.

Las acciones externas al sistema se dividen en dos grupos, variables de control, que se pueden manipular, y perturbaciones sobre las que no es posible ningún tipo de control.

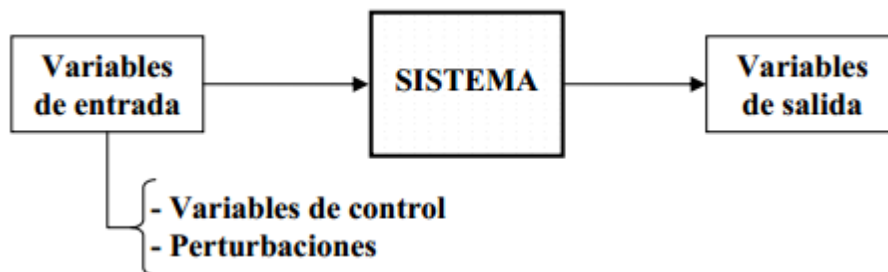


Figura II-4 Esquema General de un Sistema

Dentro de los sistemas se encuentra el concepto de sistema de control. Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados (consigna).

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

1. Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.

2. Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
3. Ser fácil de implementar y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador

2.7.1. Elementos de un Sistema de Control

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

- ✓ **Sensores.-** Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.
- ✓ **Controlador.-** Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.
- ✓ **Actuador.-** Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.

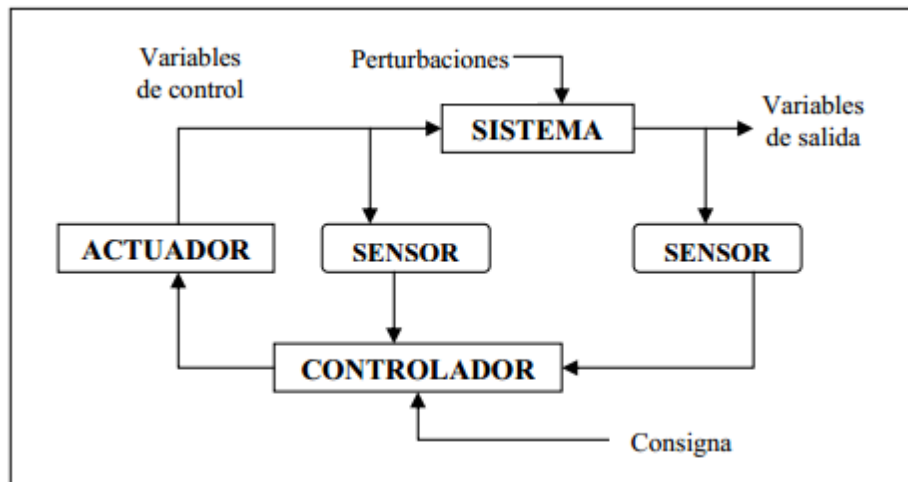


Figura II-5 Esquema General de un Sistema de Control

2.7.2. Tipos De Sistemas De Control

Varios son los criterios que pueden seguirse para clasificar los sistemas de control:

2.7.2.1. En función de que el estado de la salida intervenga o no en la acción de control

- ✓ Lazo Abierto
- ✓ Lazo Cerrado

2.7.2.2. Según las tecnologías puestas en juego

- ✓ Mecánicos
- ✓ Neumáticos
- ✓ Hidráulicos
- ✓ Eléctricos
- ✓ Electrónicos

2.7.2.3. Atendiendo a las técnicas de procesamiento de la señal

- ✓ Analógicas
- ✓ Digitales

2.7.2.4. Según la forma de establecer la relación entre los elementos del sistema

- ✓ Cableados
- ✓ Programados

2.7.3. SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO

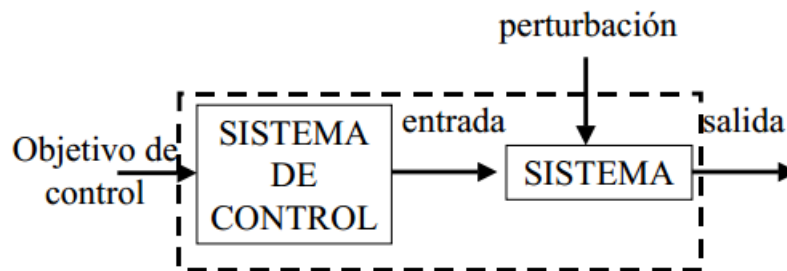


Figura II-6 Lazo Abierto

La acción de control se calcula conociendo la dinámica del sistema, las consignas y estimando las perturbaciones. Esta estrategia de control puede compensar los retrasos inherentes del sistema anticipándose a las necesidades del usuario. Sin embargo, el lazo abierto generalmente es insuficiente, debido a los errores del modelo y a los errores en la estimación de las perturbaciones. Por ello, es común la asociación de lazo cerrado-lazo

abierto, de modo que el lazo cerrado permite compensar los errores generados por el lazo abierto.

El control en lazo abierto suele aparecer en dispositivos con control secuencial, en el que no hay una regulación de variables sino que se realizan una serie de operaciones de una manera determinada. Esa secuencia de operaciones puede venir impuesta por eventos (event-driven) o por tiempo (timedrive). Se programa utilizando PLCs (controladores de lógica programable), por ejemplo:

Lavadora:

Funciona sobre una base de tiempos

Variable de salida “limpieza de la ropa” no afecta al funcionamiento de la lavadora.

Semáforos de una ciudad

Funcionan sobre una base de tiempo

Variable de salida “estado del tráfico” no afecta el funcionamiento del sistema.

2.7.3.1. Las desventajas que tiene el control por lazo abierto

- ✓ Jamás se conoce la planta, a lo más se puede conocer un modelo aproximado, por lo que no se puede lograr el inverso perfecto.
- ✓ No se puede usar para controlar plantas inestables.
- ✓ No compensa perturbaciones en el sistema.

- ✓ Si la planta tiene grado relativo mayor que cero, no se puede crear un controlador que la invierta, ya que no se puede hacer una función de transferencia con grado menor que cero.
- ✓ Es imposible invertir perfectamente una planta, si esta tiene retardos, ya que su inverso sería un adelanto en el tiempo (se debería tener la capacidad de predecir el futuro).

Una idea más avanzada, y más ampliamente implementada, es el concepto de feedback o realimentación, en que se usa la medición de la salida del sistema, como otra entrada del mismo, de tal forma que se puede diseñar un controlador que ajuste la actuación para variar la salida y llevarla al valor deseado.

Por ejemplo en un automóvil con control de crucero la velocidad se sensa y se retroalimenta continuamente al sistema que ajusta la velocidad del motor por medio del suministro de combustible al mismo, en este último caso la salida del sistema sería la velocidad del motor, el controlador sería el sistema que decide cuanto combustible echar de acuerdo a la velocidad y la actuación sería la cantidad de combustible suministrado.

2.7.4. SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO

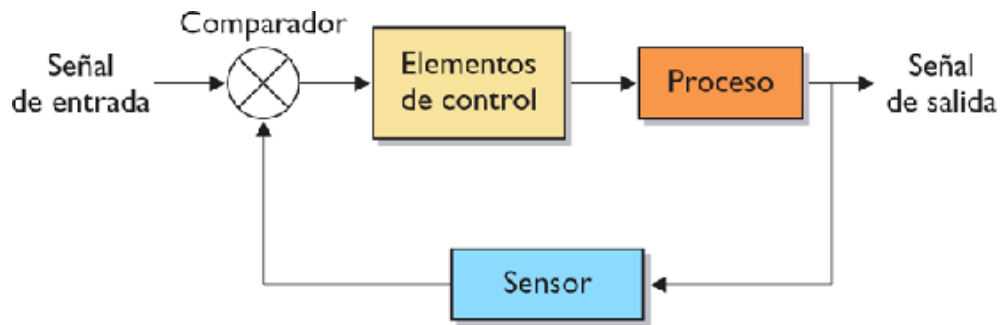


Figura II-7 Lazo Cerrado

La acción de control se calcula en función del error medido entre la variable controlada y la consigna deseada. Las perturbaciones, aunque sean desconocidas son consideradas indirectamente mediante sus efectos sobre las variables de salida. Este tipo de estrategia de control puede aplicarse sea cual sea la variable controlada. La gran mayoría de los sistemas de control que se desarrollan en la actualidad son en lazo cerrado.

Aquellos en los que la señal de salida del sistema (variable controlada) tiene efecto directo sobre la acción de control (variable de control).

Los sistemas de control en lazo cerrado se definen como aquellos en los que existe una realimentación de la señal de salida, o dicho de otra forma, aquellos en los que la señal de salida tiene efecto sobre la acción de control. En algunas ocasiones, la señal controlada y la señal de referencia no son de la misma naturaleza, por ejemplo, la señal controlada puede ser una velocidad, y la señal de referencia una tensión. El instrumento encargado de detectar la señal de salida para utilizarla de nuevo en el captador. Este elemento mide la señal controlada y la transforma en una señal que puedan

entender los demás componentes del sistema del controlador. Los tipos más habituales de señales empleadas suelen ser neumáticas o eléctricas.

2.7.4.1. Las ventajas que tiene el control por retroalimentación

- ✓ Puede controlar sistemas inestables.
- ✓ Puede compensar perturbaciones.
- ✓ Puede controlar sistemas incluso si estos tienen errores de modelado.

2.7.4.2. Desventajas del control por retroalimentación

- ✓ El uso de sensores hace más costoso el control
- ✓ Se introduce el problema del ruido, al hacer la medición

2.8. SENSORES

2.8.1. Definición

Los sensores son unos dispositivos que transforman parámetros físicos en parámetros eléctricos. Se usan diferentes tipos de sensores dependiendo de la variable física que se desee tratar.

En la figura se muestra un esquema que explica el funcionamiento general de un sensor.

Se puede apreciar que, por regla general, es necesario procesar de alguna manera las señales (procesamiento previo) antes de que la información llegue a un sistema ejecutor constituido por actuadores. La función del sensor es aprovechada para la primera conversión de señales recurriendo a diversos principios físicos.

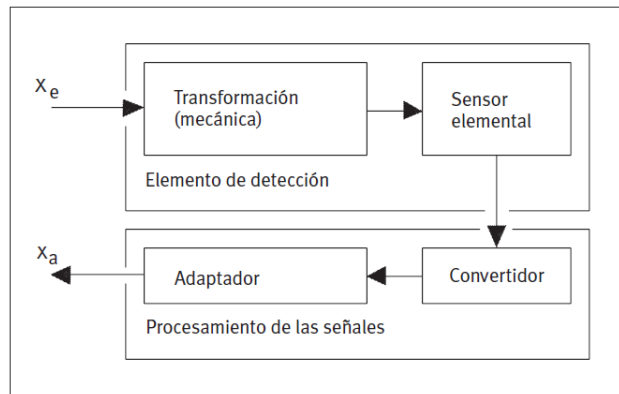


Figura II-8 Funcionamiento de un Sensor

2.8.2. Medición de Temperatura

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios; es importante señalar que es esencial una comprensión clara de los distintos métodos de medida con sus ventajas y desventajas propias para lograr una selección óptima del sistema más adecuado.

2.8.3. Medición de Temperatura empleando Termopares

El termopar es por mucho el sensor de temperatura más usado en la industria por diferentes razones, podemos mencionar entre otras el amplio intervalo de temperatura de uso, su robustez, la relativa buena exactitud, rápida respuesta a cambios de temperatura, versatilidad de uso y bajo costo.

Los termopares se basan en el efecto descubierto por Sir Thomas Seebeck: en un circuito formado por dos metales distintos, A y B, con dos uniones a diferente temperatura (figura), aparece una corriente eléctrica.



Figura II-9 Termopares formados por distintos metales

Se produce una conversión de energía térmica en energía eléctrica, o bien, si se abre el circuito, en una fuerza termo-electromotriz (f.t.e.m)ⁱ que depende de los metales y de la diferencia de temperatura entre las uniones:

$$V_{AB} = \alpha T$$

Donde α es el coeficiente de Seebeck y T la temperatura absoluta. α representa la variación de tensión producida por la variación de 1° de temperatura para cada par de materiales. Así para el hierro-constantan α es de 0,0828mV por grado. Todos los pares de metales diferentes presentan este efecto. Para pequeños cambios de temperatura, la tensión de Seebeck es linealmente proporcional a la temperatura.

El efecto Seebeck es una combinación de los efectos Peltier y Thomson:

- ✓ Efecto Peltier: cuando una corriente circula por la unión de dos metales diferentes se produce una absorción o liberación de calor en ésta, que es función de la dirección del flujo de corriente.

- ✓ Efecto Thomson: cuando una corriente circula por un metal homogéneo sometido a un gradiente de temperatura provoca una absorción o liberación de calor.

La combinación de los dos efectos, de Peltier y de Thomson, es la causa de la circulación de corriente al cerrar el circuito en el termopar. Esta corriente puede calentar el termopar y afectar la precisión en la medida de la temperatura, por lo que durante la medición debe hacerse mínimo su valor.

La figura muestra un esquema del funcionamiento de un termopar

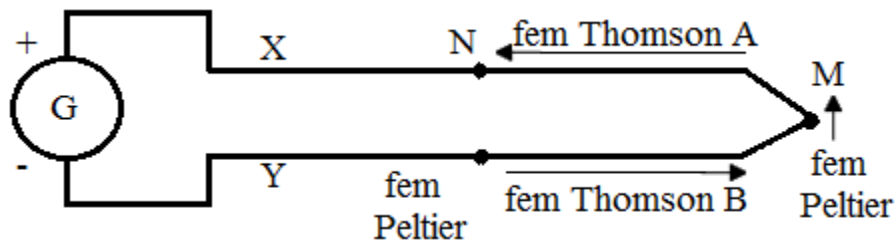


Figura II-10 Efectos Peltier y Thomson en un termopar

2.8.3.1. Tipos de Termopares

Con objeto de protegerlos, los termopares suelen estar encapsulados en un tubo de material apropiado al entorno donde se va a efectuar la medida, normalmente acero inoxidable. Asimismo, la unión caliente puede estar unida al extremo de la funda de protección o aislada de la misma, para que no exista comunicación a masa o tierra de la planta.

Dependiendo de los materiales utilizados (metales puros o aleación de metales), se han configurado varios tipos de termopares a los cuales se les ha asignado una letra característica, tal como aparece en la tabla siguiente

Termocupla	Rango de Uso	Conductor Positivo	Conductor Negativo
Tipo J, (Fe – CuNi)	-40 a +750 °C	Negro	Blanco
Tipo T, (Cu – CuNi)	-40 a +350 °C	Marrón	Blanco
Tipo K, (NiCr –Ni)	-40 a +1200 °C	Verde	Blanco
Tipo E, (NiCr – CuNi)	-40 a +900 °C	Violeta	Blanco
Tipo N, (NiCrSi – NiSi)	-40 a +1200 °C	Púrpura	Blanco
Tipo S, (Pt 10% Rh – Pt)	-40 a +1600 °C	Naranja	Blanco
Tipo S, (Pt 13% Rh – Pt)	0 a +1600 °C	Naranja	Blanco
Tipo B, (Pt 30% Rh – Pt 6% Rh)	+600 a 1700 °C	-	-

Tabla II-I Termocuplas según IEC 584-1

2.9. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

2.9.1. Historia Del PLC

Su historia se remonta a finales de la década de 1960 cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional.

Los PLC's se introdujeron por primera vez en la industria en 1960 aproximadamente. La razón principal de tal hecho fue la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relés y contactores.

Los PLC fueron inventados en respuesta a las necesidades de la automatización de la industria automotriz norteamericana por el ingeniero Estadounidense Dick Morley. Antes de los PLC, el control, la secuenciación,

y la lógica para la manufactura de automóviles era realizada utilizando relés, contadores, y controladores dedicados.

El proceso para actualizar dichas instalaciones en la industria año tras año era muy costoso y consumía mucho tiempo, y los sistemas basados en relés tenían que ser re-cableados por electricistas especializados. En 1968 GM Hydramatic (la división de transmisiones automáticas de General Motors) ofertó un concurso para una propuesta del reemplazo electrónico de los sistemas cableados.

La propuesta ganadora vino de Bedford Associates de Boston, Massachusetts. El primer PLC, fue designado 084, debido a que fue el proyecto ochenta y cuatro de Bedford Associates. Bedford Associates creó una nueva compañía dedicada al desarrollo, manufactura, venta y servicio para este nuevo producto: Modicon (Modular Digital Controller o Controlador Digital Modular).

Una de las personas que trabajo en ese proyecto fue Dick Morley, el que es considerado como "padre" del PLC. La marca Modicon fue vendida en 1977 a Gould Electronics, y posteriormente adquirida por la compañía Alemana AEG y más tarde por Schneider Electric, el actual dueño.

Uno de los primeros modelos 084 que se construyeron se encuentra mostrado en la sede de Modicon en el Norte de Andover, Massachusetts. Fue

regalado a Modicon por GM, cuando la unidad fue retirada tras casi veinte años de servicio ininterrumpido.

La industria automotriz es todavía una de las más grandes usuarias de PLC, y Modicon todavía numera algunos de sus modelos de controladores con la terminación ochenta y cuatro. Los PLC son utilizados en muchas diferentes industrias y máquinas tales como máquinas de empaquetado y de semiconductores.

Algunas marcas con alto prestigio son ABB Ltd., Koyo, Honeywell, Siemens, Trend Controls, Schneider Electric, Omron Rockwell (Allen-Bradley), General Electric, frazmax, Tesco Controls, Panasonic (Matsushita), Mitsubishi e IsiMatrix machines.

También existe un rango de PLCs fabricados para aplicaciones en automotores, embarcaciones, ambulancias y sistemas móviles para el mercado internacional de SCM International, Inc.

Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

Los PLC actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

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

Un lenguaje más reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD (en inglés FunctionBlockDiagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas, apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolo que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

2.9.2. Concepto de PLC

El término PLC de amplia difusión en el medio significa en inglés, Controlador Lógico Programable. Originalmente se denominaban PCs (ProgrammableControllers), pero con la llegada de las IBM PCs, para evitar confusión se emplearon definitivamente las siglas PLC.

En Europa, el mismo concepto es llamado Autómata Programable. La definición más apropiada es: Sistema Industrial de Control Automático que trabaja bajo una secuencia almacenada en memoria, de instrucciones lógicas.

Un PLC es un control computarizado, el cual cuenta en su interior con una mini computadora con microprocesador (X86, 80486, Pentium y muchos otros que en el plano industrial usan arquitectura Von Neumann. En este tipo de arquitectura los datos y la memoria del programa se encuentran en el mismo espacio de direcciones y hace uso de un conjunto de instrucciones tipo RISC -ReducedInstruction Set Computer).

Esta unidad de proceso tiene la forma mínima de una computadora y contiene una cantidad de memoria del sistema y memoria para el usuario, una cantidad variable de funciones y puertos, un programa o sistema operativo mínimo que administra el hardware y una interface que permite al usuario introducir el programa que permitirá que el PLC haga una tarea específica, llamado también cargador (ladder).

Ahora bien, para iniciarse en el campo de los controladores programables es necesario poseer conocimientos básicos de electrónica digital y electricidad básica, un poco de computación, y conocimientos previos de controles con relevadores.

Los elementos de control lógicos que realizan funciones tales como las usadas en electrónica digital (And, Or, Nand, Nor, Xor, etc.), estos elementos y otros tales como temporizadores, contadores, registros de corrimiento, banderas, etc.; son usados para controlar el arranque y paro de motores; también de automatizar procesos de producción en la industria, construir sistemas de alarmas, sistemas de ahorro de energía, sistemas de neumática, hidráulica y tantas otras aplicaciones en las que los elementos mencionados son usados en conjunto, para resolver problemas de la vida real.

En la mayoría de los casos en la industria, los procesos de producción son de variables cambiantes y se requiere sean reajustados constantemente, por tal razón se necesita que los Sistemas planteados para realizar tal tarea, sean de características adaptables, que puedan ser reprogramados de manera simple y rápida, pues en la industria el tiempo vale dinero.

Es un sistema porque contiene todo lo necesario para operar, e industrial por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles encontrados en la industria.

Esta familia de aparatos se distingue de otros controladores automáticos en que puede ser programado para controlar cualquier tipo de máquina a diferencia de otros muchos que solamente pueden controlar un específico tipo de aparato.

2.9.3. Estructura Básica Del PLC

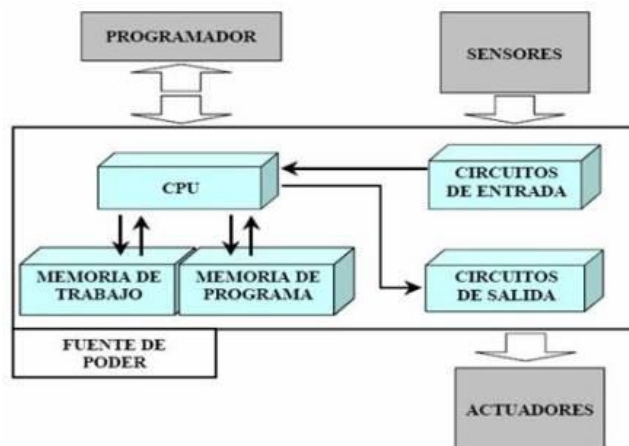


Figura II-11 Estructura Básica del PLC

La estructura básica del hardware de una consola Programable propiamente dicha está constituido por:

- a. Fuente de alimentación
- b. Unidad de procesamiento central (CPU)
- c. Módulos de interfaces de entradas/salidas (E/S)
- d. Modulo de memorias
- e. Unidad de programación

En algunos casos cuando el trabajo que debe realizar el controlador es más exigente, se incluyen Módulos Inteligentes.

a. Fuente De Alimentación

La función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía a la

CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC.

+ 5 V para alimentar a todas las tarjetas

+ 5.2 V para alimentar al programador

+ 24 V para los canales de lazo de corriente 20 mA.

b. Unidad De Procesamiento Central (C.P.U.)

Es la parte más compleja e imprescindible del controlador programable, que en otros términos podría considerarse el cerebro del controlador.

La unidad central está diseñada a base de microprocesadores y memorias; contiene una unidad de control, la memoria interna del programador RAM, temporizadores, contadores, memorias internas tipo relé, imágenes del proceso entradas/salidas, etc. Su misión es leer los estados de las señales de las entradas, ejecutar el programa de control y gobernar las salidas, el procesamiento es permanente y a gran velocidad.

c. Módulos o Interfaces De Entrada y Salida (E/S)

Son los que proporcionan el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellos se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la del mando para el control de máquinas del proceso.

Tipos de Módulos de Entrada y Salida

Debido a que existen gran variedad de dispositivos exteriores (captadores, actuadores), encontramos diferentes tipos de módulos de entrada y salidas, cada uno de los cuales sirve para manejar cierto tipo de señal (discreta o análoga) a determinado valor de tensión o de corriente en DC o AC.

- ✓ Módulos de entradas discretas
- ✓ Módulos de salidas discretas
- ✓ Módulos de entrada analógica
- ✓ Módulos de salida analógica

d. Módulos de Memorias

Son dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o permanente.

Se cuenta con dos tipos de memorias:

- ✓ Volátiles (**RAM**)
- ✓ No volátiles (**EPROM y EEPROM**)

e. Unidad de Programación

Los terminales de programación, son el medio de comunicación entre el hombre y la máquina; estos aparatos están constituidos por teclados y dispositivos de visualización.

2.9.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN PLC

2.9.4.1. Las condiciones favorables

- ✓ Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
 - No es necesario dibujar el esquema de contactos.
 - No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general, la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
 - La lista de materiales queda sensiblemente reducida y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.
- ✓ Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado y añadir aparatos.
- ✓ Mínimo espacio de ocupación
- ✓ Menor coste de mano de obra de la instalación
- ✓ Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismo autómatas pueden detectar e indicar averías.
- ✓ Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- ✓ Menor tiempo para la puesta de funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- ✓ Si por alguna razón la maquina queda fuera de servicio, el autómata útil para otra máquina o sistema de producción.

2.9.4.2. Las condiciones desfavorables

- ✓ Hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a unos de los técnicos de tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades y/o institutos superiores ya se encargan de dicho adiestramiento.
- ✓ El costo inicial que puede o no ser un inconveniente, según las características del automatismo en cuestión. Dado que el PLC cubre ventajosamente en amplio espacio entre la lógica cableada y el microprocesador es preciso que el proyectista lo conozca tanto en su actitud como en sus limitaciones. Por tanto, aunque el coste inicial debe ser tomado en cuenta a la hora de decidimos por uno u otro sistema conviene analizar todos los demás factores para asegurarnos una decisión acertada.

2.9.5. CLASIFICACION DEL PLC

Debido a la gran variedad de tipos distintos 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.

2.9.5.1. 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.

2.9.5.2. 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

2.9.5.3. 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 Micro-PLC que soportan gran cantidad de I/O, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de I/O.

2.10. COMUNICACIÓN ENTRE AUTOMATA Y LABVIEW

2.10.1. Definición de LABVIEW

LabVIEW de National Instrument, es un lenguaje de programación de propósito general, como es el Lenguaje C o Basic, pero con la característica que es totalmente gráfico. Está basado en la programación modular, lo que permite crear tareas muy complicadas a partir de módulos o sub-módulos mucho más sencillos. Además, estos módulos pueden ser usados en otras tareas.

LabView es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico, y el resultado de ello es que es totalmente parecido a un instrumento: por ello, a todos los módulos creados con LabVIEW se les llama VI (Instrumento Virtual).

Este programa fue creado por National Instruments (1976) para funcionar sobre máquinas MAC, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora está disponible para las plataformas Windows, UNIX, MAC y GNU/Linux. La última versión es la 2011.

Los programas desarrollados con LabView se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida. Un lema tradicional de LabView es: "La potencia está en el Software", que con

la aparición de los sistemas multi-núcleo se ha hecho aún más potente. Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo. LabView consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, instrumentos y otro Hardware- como de otros fabricantes.

2.10.1.1. Principales Usos

Es usado principalmente por ingenieros y científicos para tareas como:

- ✓ Adquisición de datos y análisis matemático
- ✓ Comunicación y control de instrumentos de cualquier fabricante
- ✓ Automatización industrial y programación de PLCs (Controlador Lógico Programable)
- ✓ Diseño de controladores: simulación, diseño de prototipos
- ✓ Diseño embebido de micros y chips
- ✓ Control y supervisión de procesos
- ✓ Visión artificial y control de movimiento
- ✓ Robótica
- ✓ Domótica y redes de sensores inalámbricos
- ✓ En 2008 el programa fue utilizado para controlar el LHC, el acelerador de partículas más grande construido hasta la fecha.
- ✓ Pero también instrumentos de aprendizaje como el Lego Mindstorms o el WeDo lo utilizan, llevando la programación gráfica

2.10.1.2. Principales Características

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer programas relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales.

También es muy rápido hacer programas con LabView y cualquier programador, por experimentado que sea, puede beneficiarse de él.

Para los amantes de lo complejo, con LabView pueden crearse programas de miles de Vis (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, proyectos para combinar nuevos VIs con VIs ya creados, etc. Incluso existen buenas prácticas de programación para optimizar el rendimiento y la calidad de la programación.

A partir de LabView 7.0 introduce un nuevo tipo de subVI llamado VIs Expreso (Express VIS). Estos son VIs interactivos que tienen una configuración de caja de diálogo que permite al usuario personalizar la funcionalidad del VI Expreso. El Vis estándar es Vis modulares y personalizables mediante cableado y funciones que son elementos fundamentales de operación de LabView.

Presenta facilidades para el manejo de:

- ✓ Interfaces de comunicaciones:

- Puerto serie

- Puerto paralelo
 - GPIB
 - PXI
 - VXI
 - TCP/IP, UDP, DataSocket
 - Irda
 - Bluetooth
 - USB
 - OPC
- ✓ Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones:
- DLL: librerías de funciones
 - .NET
 - ActiveX
 - Multisim
 - Matlab/Simulink
 - AutoCAD, SolidWorks, etc
- ✓ Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales.
- ✓ Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
- ✓ Adquisición y tratamiento de imágenes.
- ✓ Control de movimiento (combinado incluso con todo lo anterior).
- ✓ Tiempo Real estrictamente hablando.
- ✓ Programación de FPGAs para control o validación.
- ✓ Sincronización entre dispositivos.

2.10.2. OPC

OPC es una interfaz de programación de aplicaciones estándar para el intercambio de datos que puede simplificar el desarrollo de Drivers de I/O (Dispositivos de entrada y salida y/o Banco de Datos) y mejorar el rendimiento de los sistemas de interfaz.

Basado en tecnología de Microsoft Windows, OPC se ubica actualmente para el control de proceso abierto. Anteriormente se propuso para el Control de Procesos OLE, actualmente la tecnología OLE ha sido sustituida por Active X.

OPC (originalmente OLE forProcess Control) es un estándar creado con la colaboración de una serie de líderes de hardware de automatización de todo el mundo y proveedores de software, trabajando en colaboración con Microsoft. La norma define los métodos para el intercambio de datos en tiempo real entre la automatización basados en clientes que utilizan Fundación OPC.

2.10.2.1. SERVIDOR OPC

Un servidor OPC es una aplicación de software (driver) que cumple con una o más especificaciones definidas por la OPC Foundation. El Servidor OPC hace de interfaz comunicando por un lado con una o más fuentes de datos utilizando sus protocolo nativos (típicamente PLCs, DCSs, básculas, Modulos I/O, controladores, etc.) y por el otro lado con Clientes OPC

(típicamente SCADAs, HMIs, generadores de informes, generadores de gráficos, aplicaciones de cálculos, etc.). En una arquitectura Cliente OPC/ Servidor OPC, el Servidor OPC es el esclavo mientras que el Cliente OPC es el maestro. Las comunicaciones entre el Cliente OPC y el Servidor OPC son bidireccionales, lo que significa que los Clientes pueden leer y escribir en los dispositivos a través del Servidor OPC.

Un servidor OPC es similar a la función de un controlador de impresora para permitir al ordenador comunicarse con una impresora a chorro de tinta. Un servidor OPC se basa en una arquitectura cliente / servidor.

2.10.2.2. BENEFICIOS DE OPC

OPC se diseñó para permitir aplicaciones donde el cliente pueda acceder a datos Piso Planta de una manera consistente. Con aceptación por parte de los principales fabricantes, OPC proporcionará beneficios tales como:

- ✓ Los fabricantes de Hardware sólo tienen que desarrollar e integrar componentes al software para que los clientes (o usuarios, entiéndase por quien realiza la aplicación) los puedan utilizar en sus aplicaciones.
- ✓ Los diseñadores de Software no tendrán que volver a reescribir sus Drivers (Upgrade) debido a cambios de las características de su Hardware.
- ✓ Los Clientes tendrán más opciones de desarrollar sus sistemas de Piso Planta, haciendo uso de la integración de una gama más amplia de sistemas de Hardware de diversos fabricantes. Con OPC, la

integración del sistema en el ambiente de la informática será más heterogénea. Con OLE/COM la distribución de sistemas como lo muestra la Figura se vuelve posible.

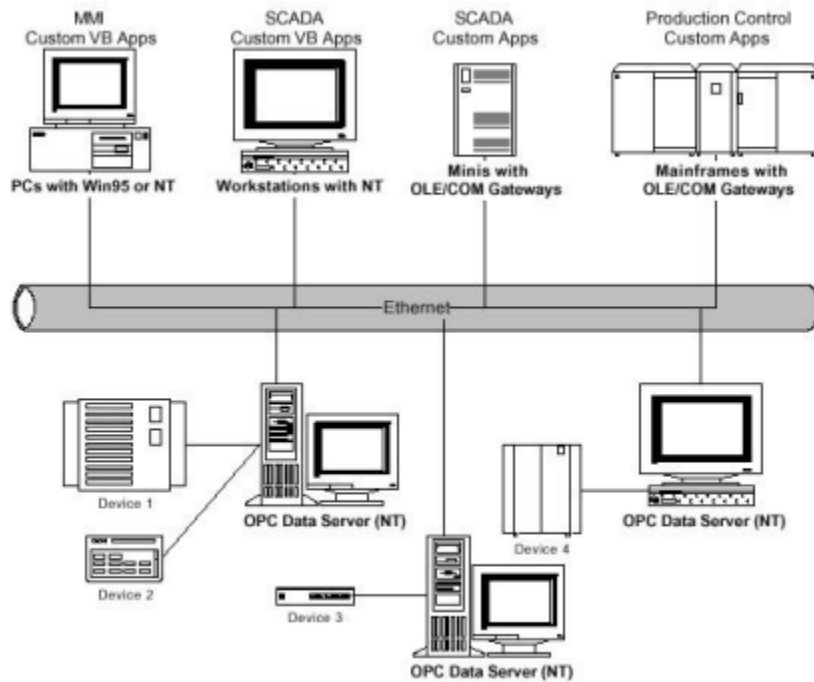


Figura II-12 Ambiente Informático Heterogéneo

2.10.2.3. PROPÓSITO

Lo que se necesita es una manera de acceso común para aplicaciones específicas, con información proveniente de cualquier fuente, como lo es un dispositivo o un banco de datos.

El Servidor de OPC, de la Figura y en las secciones siguientes se usa como sinónimo para cualquier servidor que proporcione interfaces

OPC:

- ✓ Servidor OPC de Acceso de Datos.
- ✓ Servidor OPC de Eventos y Alarmas.

- ✓ Servidor OPC de Datos Históricos

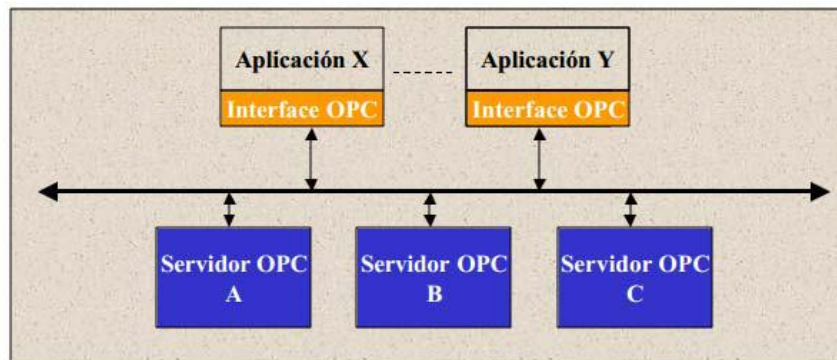


Figura II-13 Aplicación trabajando con Varios Servidores

OPC dibuja una línea de comunicación entre los proveedores de Hardware y los diseñadores de Software. OPC provee un mecanismo para registrar datos de una fuente de información y comunicarla a cualquier cliente, en forma transparente. Un fabricante puede desarrollar un servidor reusable (Integrando un Upgrade), favorablemente perfeccionado, que se comuniquen con la fuente de datos, y mantenga a su vez un mecanismo para acceder a la fuente de datos y dispositivos en forma eficaz. OPC proporciona una interface entre el servidor y cualquier cliente, para así poder acceder a los dispositivos.

2.10.2.4. SERVIDORES Y CLIENTES OPC

Un Cliente OPC puede conectarse, por medio de una red a Servidores OPC proporcionados por uno o más fabricantes. De esta forma no existe restricción por cuanto a tener un Software Cliente para un Software Servidor, lo que es un problema de interoperabilidad que hoy en día se aprecia con sistemas del tipo propietario. Lo anterior se puede apreciar en la Figura

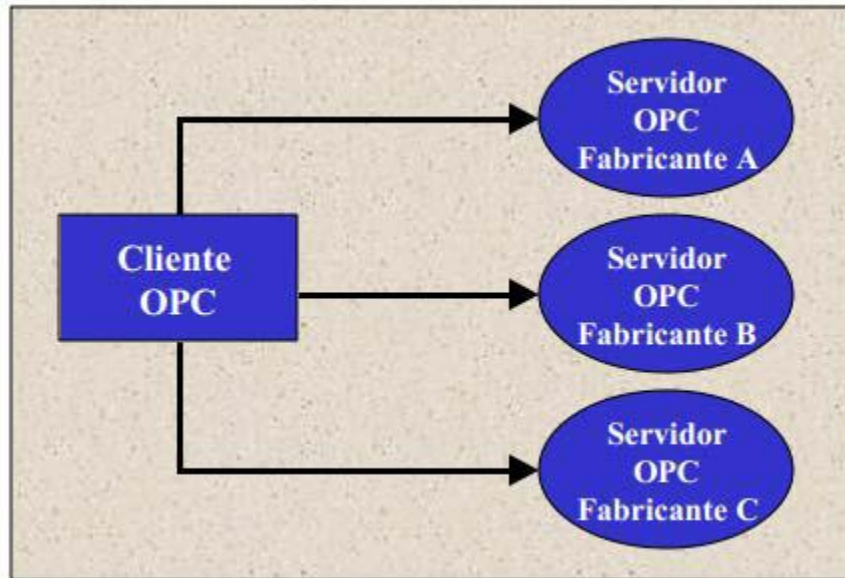


Figura II-14 OPC Cliente

Los fabricantes, a su vez, proporcionan el código que identifica: Dispositivos, Tipos de Datos a los que cada servidor tiene acceso, Valor de los Datos, y detalles sobre cómo el Servidor físicamente accede a los datos.

Sin códigos Servidores y Clientes no podrían comunicarse y reconocerse como sistemas compatibles. También es posible que otros sistemas como lo son SCADA o DCS puedan comunicarse con un Servidor OPC y llevar su información recopilada desde un banco de datos o dispositivos físicos como lo son del tipo SMART y PLC's. Así de esta forma aplicaciones cliente OPC de otros fabricantes tendrán acceso a estos datos por medio del Servidor. Lo anterior se observa en la Figura.



Figura II-15 Relación Cliente Servidor y Sistemas SCADA

2.10.2.5. SERVIDOR DE ACCESO A DATOS OPC

A un alto nivel, un Servidor de Acceso a Datos OPC, se compone de varios objetos: Servidor, Grupo, e Ítem.

La función del servidor OPC, es mantener la información sobre sí mismo y hacer las veces de un "Recipiente" unificando los datos en un Grupo. La función del Grupo OPC es mantener la información y proporcionar un mecanismo por contener y organizar lógicamente los Ítems.

Los Grupos OPC proveen a los clientes OPC, quienes ejecutan aplicaciones, una forma de organizar sus datos. Por ejemplo, el grupo podría representar los Ítems de un dispositivo en particular para que despliegue o informe sobre sus datos. Pueden leerse datos y pueden inscribirse.

Basado en conexiones excepcionales también pueden crearse conexiones entre el cliente y los ítems en el grupo y pueden habilitarse y desactivarse como se necesite. Un cliente OPC puede configurar la tasa de trasferencias

de servicio de su servidor OPC, en cuanto a proporcionar los cambio de datos que se presenten.

Dentro de cada Grupo el cliente puede definir uno o más Artículos de OPC. Lo anterior se observa en la Figura.

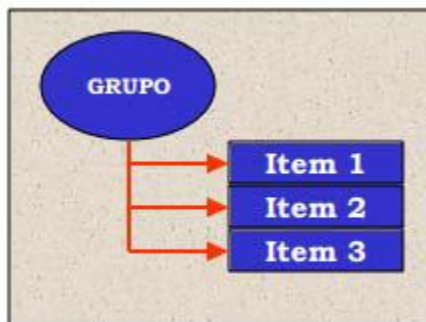


Figura II-16 Relación de trabajo Grupo/Ítem.

Los Ítems OPC representan conexiones a las fuentes de datos dentro del servidor. Un Ítem OPC, bajo la perspectiva de interface, no es accesible como un objeto por un Cliente OPC.

Por consiguiente, ninguna interface externa se encuentra definida para un Ítem OPC. Todos acceden a los Ítems OPC vía Grupo OPC, objeto o ícono que “contiene” el (los) Ítem(es) OPC, o simplemente donde el ítem OPC se define. Asociando, un Ítem es un valor, una condición y permanece o varía en el tiempo. El valor está en la forma de una variable, y la condición es similar a lo especificado por Fieldbus (Estándar de Buses de Campo).

Note que los Ítems no son las fuentes de los datos; ellos son sólo conexiones a ellos. Por ejemplo, los Tags (etiquetas) en un sistema DCS existen sin tener en cuenta si un cliente OPC está accediéndolos o no

durante su funcionamiento. Los Ítems OPC deben pensarse simplemente como la dirección específica de los datos, no como la fuente física real de los datos que referencia la dirección

2.10.2.6. Arquitectura general de OPC y sus componentes

Hay varias consideraciones, que son únicas, para llevar a cabo la implementación de un servidor OPC. Una de ellas, la principal, es la frecuencia de traslado e intercambio de datos a través de redes comunicacionales, hacia dispositivos físicos u otras bases de datos las cuales son incompatibles entre sí. De esta manera, se espera que Automatización OPC Servidores OPC sean ejecutables ya sean en forma Local o Remota, los cuales incluyan un código que los identifique y los respalde en la recolección de datos en forma eficaz entre un dispositivo físico o una base de datos.

Una aplicación Cliente OPC se comunica con un Servidor OPC a través de un cliente específico e interfaces de automatización. Los servidores OPC deben llevar a cabo la interface del cliente, y opcionalmente puede llevar a cabo la interface de automatización, tal como lo describe la arquitectura típica OPC, de la Figura

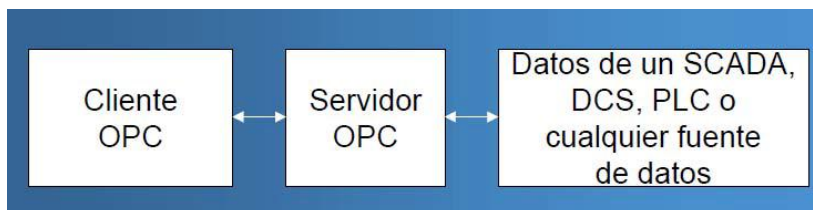


Figura II-17 Arquitectura Típica OPC

2.10.3. Etiquetas de sistema (TAGS)

Las etiquetas de sistema (tags) se utilizan para proporcionar información en las aplicaciones cliente, para permitir que el control operativo cuando un dispositivo se activa, la recolección de datos y para permitir que los parámetros estándar de un objeto, canal o dispositivo se hayan cambiado en el momento en una aplicación cliente OPC.

El número de etiquetas disponible en el sistema, ya sea en el nivel del canal o el nivel de dispositivo variará dependiendo de la naturaleza del controlador que está utilizando.

Además de los de nivel de canal y nivel de dispositivo para etiquetas del sistema, ahora hay etiquetas de nivel de aplicación del sistema que permiten a las aplicaciones de cliente controlar el estado del servidor. Etiquetas de sistemas también pueden ser agrupados de acuerdo a su propósito sea de estado (lectura) y el control (lectura y escritura) manipulación de parámetros.

2.10.3.1. Tags como Parámetros de Control

Mientras que las etiquetas estándar del sistema proporcionar la retroalimentación necesaria sobre el funcionamiento del servidor, las etiquetas de control de parámetros proporcionan la característica más potente. Las etiquetas de parámetro de control se pueden utilizar para modificar las características de funcionamiento de la aplicación de servidor. Esto proporciona una gran flexibilidad en sus aplicaciones OPC. Usando las etiquetas de control de parámetro se puede implementar la redundancia

cambiando enlaces de comunicaciones o de cambiar el ID de dispositivo de un dispositivo de destino, todo sobre la marcha.

También podría facilitar el acceso a estas etiquetas especiales a través de las pantallas de supervisión que permiten a un ingeniero de planta para realizar cambios en los parámetros de comunicación del servidor si es necesario.

2.11. POLIPROPILENO

2.11.1. Definición



Figura II-18 Polipropileno

Es el polímero termoplástico (PP), parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno ó propeno. Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

2.11.2. PROPIEDADES

El PP isotáctico comercial es muy similar al polietileno, excepto por las siguientes propiedades:

- ✓ Menor densidad: el PP tiene un peso específico entre 0,9 g/cm³ y 0,91 g/cm³, mientras que el peso específico del PEBD (polietileno de baja densidad) oscila entre 0,915 y 0,935, y el del PEAD (polietileno de alta densidad) entre 0,9 y 0,97 (en g/cm³)
- ✓ Temperatura de reblandecimiento más alta
- ✓ Gran resistencia al *stress cracking*
- ✓ Mayor tendencia a ser oxidado (problema normalmente resuelto mediante la adición de antioxidantes)

El PP tiene un grado de cristalinidad intermedio entre el polietileno de alta y el de baja densidad.

2.11.3. Propiedades mecánicas

	PP homopolímero	PP copolímero
Módulo elástico en tracción (GPa)	1,1 a 1,6	0,7 a 1,4
Alargamiento de rotura en tracción (%)	100 a 600	450 a 900
Carga de rotura en tracción (MPa)	31 a 42	28 a 38
Módulo de flexión (GPa)	1,19 a 1,75	0,42 a 1,40
Resistencia al impacto Charpy (kJ/m ²)	4 a 20	9 a 40
Dureza Shore D	72 a 74	67 a 73

Tabla II-II Propiedades Mecánicas del PP

Presenta muy buena resistencia a la fatiga, por ello la mayoría de las piezas que incluyen bisagras utilizan este material.

2.11.4. Propiedades Térmicas

	PP homopolímero	PP copolímero
Temperatura de fusión (°C)	160 a 170	130 a 168
Temperatura máxima de uso continuo (°C)	100	100
Temperatura de transición vítrea (°C)	-10	-20

Tabla II-III Propiedades Térmicas del PP

A baja temperatura el PP homopolímero se vuelve frágil (típicamente en torno a los 0 °C); no tanto el PP copolímero, que conserva su ductilidad hasta los -40 °C.

2.11.5 APLICACIONES

El polipropileno ha sido uno de los plásticos con mayor crecimiento en los últimos años y se prevé que su consumo continúe creciendo más que el de los otros grandes termoplásticos (PE, PS, PVC, PET). En 2005 la producción y el consumo de PP en la Unión Europea y Estados Unidos fueron de 9 y 8 millones de toneladas respectivamente, un volumen sólo inferior al del PE.

El PP es transformado mediante muchos procesos diferentes. Los más utilizados son:

- ✓ **Moldeo por inyección** de una gran diversidad de piezas, desde juguetes hasta parachoques de automóviles

- ✓ **Moldeo por soplado** de recipientes huecos como por ejemplo botellas o depósitos de combustible
- ✓ **Termoformado** de, por ejemplo, contenedores de alimentos. En particular se utiliza PP para aplicaciones que requieren resistencia a alta temperatura (microondas) o baja temperatura (congelados).
- ✓ **Producción de fibras**, tanto tejidas como no tejidas.
- ✓ **Extrusión** de perfiles, láminas y tubos.
- ✓ **Producción de película**, en particular:
 - Película de polipropileno biorientado (BOPP), la más extendida, representando más del 20% del mercado del embalaje flexible en Europa Occidental.
 - Película moldeada ("cast film").
 - Película soplada ("blown film"), un mercado pequeño actualmente (2007) pero en rápido crecimiento.
 - El PP es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes.
 - Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

Una gran parte de los grados de PP son aptos para contacto con alimentos y una minoría puede ser usada en aplicaciones médicas o farmacéuticas.

2.12. EXTRUSIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS

2.12.1. Proceso de transformación

Para facilitar el estudio de los procesos de transformación se los a clasificado en:

Procesos para Termoplásticos	
Extrusión	Calandrado
Inyección	Sintetizado
Soplado	Recubrimiento por Cuchilla
Termoformado	Inmersión
Proceso para Termofijos	
Laminado	Embobinado de filamento continuo
Transferencia	Pultrusión
Procesos para Termoplásticos y Termofijos	
Vaciado	
Rotomoldeo	Espreado (por Spray)
Compresión	RIM (moldeo por inyección y reacción)

Tabla II-IV Procesos de moldeo de plásticos con más frecuencia

2.12.2. Extrusión

Definición: La palabra extrusión proviene del latín "extrudere" que significa forzar un material a través de un orificio. La extrusión consiste en hacer pasar bajo la acción de la presión un material termoplástico a través de un orificio con forma más o menos compleja (hilera), de manera tal, y continua, que el material adquiera una sección transversal igual a la del orificio. En la extrusión de termoplásticos el proceso no es tan simple, ya que durante el mismo, el polímero se funde dentro de un cilindro y posteriormente, enfriado en una calandria, Este proceso de extrusión tiene por objetivos, proceso que es normalmente continuo, usarse para la producción de perfiles, tubos, películas plásticas, hojas plásticas, etc.

2.12.2.1. DIAGRAMA DE EXTRUSORA

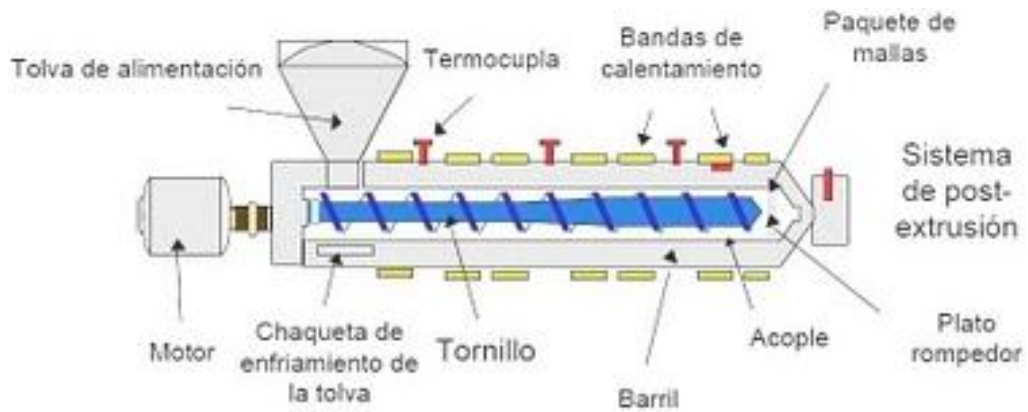


Figura II-19 Extrusora

2.12.2.2. Ventajas y restricciones

Presenta alta productividad y es uno de los procesos más importantes de obtención de formas plásticas en volumen de producción. Su operación es de las más sencillas, ya que una vez establecidas las condiciones de operación la producción continúa sin problemas siempre y cuando no exista un disturbio mayor.

El costo de la maquinaria de extrusión es moderado, en comparación con otros procesos como inyección, soplado o Calandrado, y con una buena flexibilidad para cambios de productos sin necesidad de hacer inversiones mayores.

La restricción principal es que los productos obtenidos por extracción deben tener una sección transversal constante en cualquier punto de su longitud (tubo, lámina) o periódica (tubería corrugada); quedan excluidos todos aquellos con formas irregulares o no uniformes.

La mayor parte de los productos obtenidos de una línea de extrusión requieren de procesos posteriores con el fin de habilitar adecuadamente el artículo, como en el caso del sellado y cortado, para la obtención de bolsas a partir de película tubular o la formación de la unión o socket en el caso de tubería.

2.12.2.3. Aplicaciones Actuales

A continuación, se enlistan productos que encuentran en el mercado, transformados por el proceso de extrusión:

✓ **Película tubular**

Bolsa (comercial, supermercado)

Película plástica para uso diverso

✓ **Tubería**

Tubería para condición de agua y drenaje

Manguera para jardín

✓ **Perfil**

Hojas para persiana

Ventanería

✓ **Lámina y Película Plana**

Rafia

Manteles para mesa e individuales

2.12.3. Descripción del Proceso

Dentro del proceso de extrusión, varias partes debe identificarse con el fin de aprender sus funciones principales, saber sus características en el caso de elegir un equipo y detectar en donde se puede generar un problema en el momento de la operación.

La extrusión, por su versatilidad y amplia aplicación, suele dividirse en varios tipos, dependiendo de la forma del dado y del producto eximido.

Así la extrusión puede ser:

- ✓ De tubo y perfil
- ✓ De película tubular
- ✓ De lámina y película plana
- ✓ Recubrimiento de cable

De Monofilamento Para peletización y fabricación de compuestos Independientemente del tipo de extrusión quiera analizar, todos guardan similitud hasta llegar al dado extrusor. Básicamente, una de extrusión consta de un eje metálico central con alabes helicoidales llamado husillo o tornillo, instalado dentro de un cilindro metálico revestido con una camisa de resistencias eléctricas.

En un extremo del cilindro se encuentra un orificio de entrada para la materia prima, donde se instala una tolva para la materia prima, generalmente de forma cónica; en ese mismo extremo se encuentra el sistema de accionamiento del husillo, compuesto por un motor y un sistema de reducción de velocidad.

En la punta del tornillo, se ubica la salida del material y el dado que forma finalmente plástico.

2.12.4. Descripción del equipo

2.12.4.1. Tolva

La tolva es el depósito de materia prima en donde se colocan los pellets de material plástico para la alimentación continua del extrusor, debe tener dimensiones adecuadas para ser completamente funcional; los diseños mal planeados, principalmente en los ángulos de bajada de material, pueden provocar estancamientos de material y paros en la producción.

En materiales que se compactan fácilmente, una tolva con sistema vibratorio puede resolver el problema, rompiendo los puentes de material formados y permitiendo la caída del material a la garganta de alimentación.

Si el material a procesar es problemático aún con la tolva con sistema vibratorio puede resolver el problema, rompiendo puentes de material formados y permitiendo la caída del material a la garganta de alimentación.

Si el material a procesar es problemático aún con la tolva en vibración, la tolva tipo crammer es la única que puede formar el material a fluir, empleando un tornillo para lograr la alimentación.

Las tolvas de secado son usadas para eliminar la humedad del material que está siendo procesado, sustituyen a equipos de secado independientes de la

máquina. En sistemas de extrusión con mayor grado de automatización, se cuenta con sistemas de transporte de material desde contenedores hasta la tolva, por medios neumáticos o mecánicos. Otros equipos auxiliares son los dosificadores de aditivos a la tolva y los imanes o magnetos para la obstrucción del paso de materiales ferrosos, que puedan dañar el husillo y otras partes internas del extrusor.

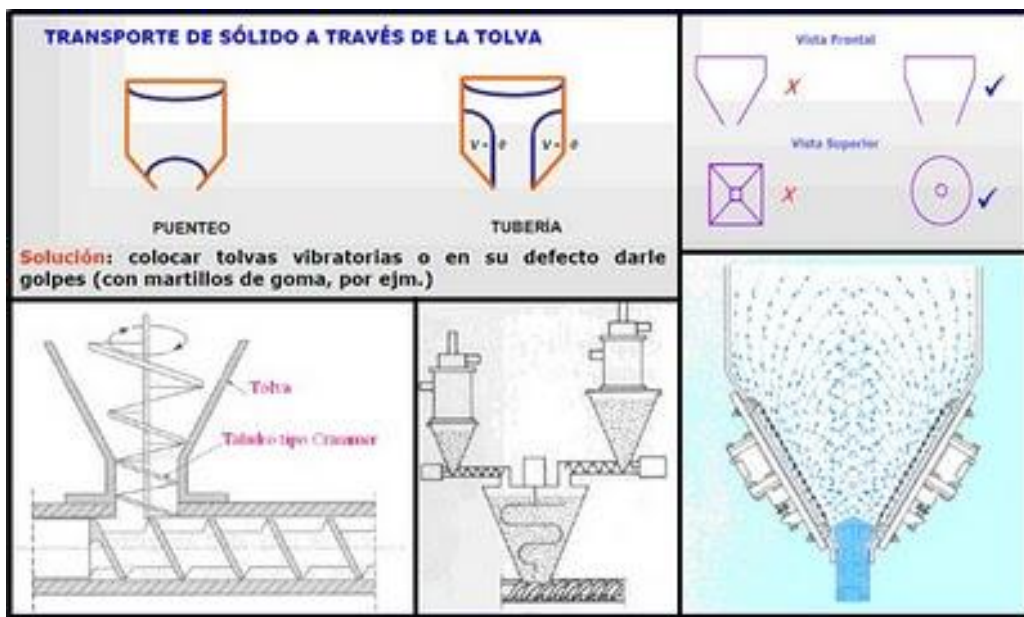


Figura II-20 Barril o Cañón

Es un cilindro metálico que aloja al husillo y constituye el cuerpo principal de una máquina de extrusión, conforma, junto con el tornillo de extrusión, la cámara de fusión y bombeo de la extrusora. En pocas palabras es la carcasa que envuelve al tornillo. El barril debe tener una compatibilidad y resistencia al material que esté procesando, es decir, ser de un metal con la dureza necesaria para reducir al mínimo cualquier desgaste.

La dureza del cañón se consigue utilizando aceros de diferentes tipos y

cuando es necesario se aplican métodos de endurecimiento superficial de las paredes internas del cañón, que son las que están expuestas a los efectos de la abrasión y la corrosión durante la operación del equipo.

El cañón cuenta con resistencias eléctricas que proporcionan una parte de la energía térmica que el material requiere para ser fundido. El sistema de resistencias, en algunos casos va complementado con un sistema de enfriamiento que puede ser flujo de líquido o por ventiladores de aire. Todo el sistema de calentamiento es controlado desde un tablero, donde las temperaturas de proceso se establecen en función del tipo de material y del producto deseado.

Para la mejor conservación de la temperatura a lo largo del cañón y prevenir cambios en la calidad de la producción por variaciones en la temperatura ambiente, se acostumbra aislar el cuerpo del cañón con algún material de baja conductividad térmica como la fibra de vidrio o el fieltro.

En el diseño de todo cilindro de extrusión se busca:

- 1) Máxima durabilidad.
- 2) Alta transferencia de calor.
- 3) Mínimo cambio dimensional con la temperatura.

En la fabricación de cilindros de extrusión tales exigencias logran ser cubiertas utilizando materiales tales como: Xaloy 101 (para extrusoras de propósito general, procesamiento de PEAD y PEBD), Xaloy 800 (para el

procesamiento de PELBD), ó Xaloy 306 (para productos corrosivos, como los copolímeros ácidos).

2.12.4.2. Husillo

Gracias a los intensos estudios del comportamiento del flujo de los polímeros, el husillo ha evolucionado ampliamente desde el auge de la industrial plástica hasta el grado de convertirse en la parte que contiene la mayor tecnología dentro de una máquina de extrusión.

Por esto, es la pieza que en el alto grado determina el éxito de una operación de extrusión. Con base al diagrama, se describen a continuación las dimensiones fundamentales para un husillo o tornillo helicoidal y que, en los diferentes diseños, varían en función de las propiedades de flujo de polímero fundido que se espera de la extrusora.

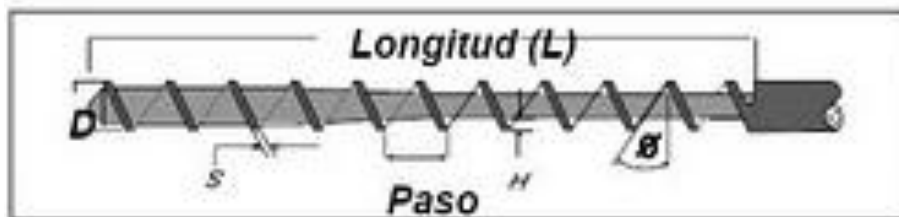


Figura II-21 Tornillo de Extrusora

S	Ancho del Filete	Entre 0.08D – 0.12D
P	Paso o Ancho de canal	Distancia Horizontal entre los centros de los dos filetes consecutivos.
D	Diámetro	Distancia Máxima entre los topes de los filetes del tornillo.
H	Profundidad de canal	Distancia perpendicular desde el tope del filete hasta la superficie del canal.
φ	Ángulo de Hélice	Cuando el paso = D, el ángulo es de 17.7°

Tabla II-V Especificaciones teóricas del tornillo de la Extrusora

2.12.4.3. Cilindros con Zonas Acanaladas

Son cilindros de extrusión que poseen una superficie interna con canales de formas específicas. Zonas acanaladas ubicadas en la etapa de alimentación de los cilindros de extrusión, suelen ser utilizadas para favorecer el procesamiento de resinas de bajo coeficiente de fricción (Ej.-HMW PEAD y PP). Para ser transportado hacia adelante, el material no debe girar junto con el tornillo, o al menos debe girar a una menor velocidad que el tornillo. La única fuerza que puede evitar que el material de vueltas junto con el tornillo y, por tanto hacer que el material avance a lo largo de la camisa, es la fuerza de arrastre o fricción entre el material y la superficie interna de la camisa.

A mayor fricción menor rotación del material junto con el tornillo y, por lo tanto, más movimiento hacia delante. El caudal se hace tanto mayor cuanto mayor sea el coeficiente de rozamiento del sólido con la carcasa con respecto al del sólido con el eje del tornillo. Por ello las carcasas de las extrusoras en la sección de alimentación suelen “rasurarse” según las generatrices del cilindro.



Figura II-22 Sección transversal de las zonas de alimentación acanalado

Existe un variado diseño de zonas de alimentación acanaladas; sin embargo, las de canales de sección cuadrado maximizan el volumen de material alimentado. Las zonas de alimentación acanaladas permiten controlar el

coeficiente de fricción polímero-cilindro mediante la geometría reduciendo la sensibilidad con respecto a la temperatura y las propiedades termodinámicas de las resinas. Por otro lado, las zonas de alimentación acanaladas permiten incrementar el volumen de la sección de alimentación, acelerando así la fusión; con lo que se logran importantes aumentos en el caudal de extrusión (ver tablas).

Con mayores precauciones que con los extrusores tradicionales, las secciones de alimentación acanaladas deben mantenerse refrigeradas y aisladas del cilindro de extrusión; para favorecer el desplazamiento axial del polímero.

Diámetro del Cilindro (mm)	Zona de Alimentación Lisa		Zona de Alimentación Acanalada	
	Caudal/Rev. (Kg/h.min ⁻¹)	Caudal (Kg/h)	Caudal/Rev. (Kg/h.min ⁻¹)	Caudal (Kg/h)
60	0.6 a 0.7	140	0.9 a 1.0	220
90	1.7 a 1.9	300	2.6 a 2.8	450
120	3.2 a 4.2	470	5.0 a 5.2	650
150	7.0 a 8.0	760	8.0 a 8.5	840
200	15 a 17	1200	18 a 20	1500

Tabla II-VI Caudales de extrusión de *PEBD* para maquinas con sección de alimentación lisa y acanalada.

Diámetro del Cilindro (mm)	Zona de Alimentación Lisa		Zona de Alimentación Acanalada	
	Caudal/Rev. (Kg/h.min ⁻¹)	Caudal (Kg/h)	Caudal/Rev. (Kg/h.min ⁻¹)	Caudal (Kg/h)
60	0.5	120	1.20	180
90	1.8	250	2.33	280
120	3.0	400	5.00	520
150	6.0	600	8.50	1500

Tabla II-VII Caudales de extrusión de *PP* para maquinas con sección de alimentación lisa y acanalada.

En los cilindros con zonas de alimentación lisas (convencionales) las etapas de dispersión y mezclado del tornillo se encuentran localizadas en la zona de dosificación (última sección del tornillo); lo cual frecuentemente genera merma en la producción.

En cilindros acanalados los mejores resultados se han obtenido ubicando las etapas de mezclado a dos tercios ($2/3$) de la longitud del tornillo. Esta ubicación promueve la dispersión de aglomerados y la finalización de la fusión.

2.12.5. Control de la Temperatura en los Cilindros

Sistema de calentamiento del cilindro: El calentamiento del cilindro se produce, casi exclusivamente, mediante resistencias eléctricas.

El sistema de calentamiento de la extrusora es responsable de suministrar entre un 20-30% del calor necesario para fundir la resina. Para suministrar el calor requerido, el calentamiento suele ser de 25 a 50 vatios/in² (38750 a 77500 W/m²).

2.12.6. Sistema de enfriamiento del cilindro

Aunque pueda lucir contradictorio, cada zona de calentamiento del tornillo de la extrusora está acompañada, en la mayor parte de los equipos comerciales, de un ventilador el cual permite el control de la temperatura eliminando calor de la extrusora mediante el flujo de aire sobre la superficie requerida. Los ventiladores son accionados por controladores de

temperatura que comandan la operación de los calefactores eléctricos. Los ventiladores entran en operación cuando la temperatura de una zona supera el punto prefijado, por efecto de:

- ✓ La transferencia excesiva de calor por parte de la resistencia (Ej.- Durante el arranque de la máquina).
- ✓ La generación excesiva de calor por parte de los elementos de mezclado presentes en el tornillo de la extrusora.

La temperatura de extrusión sólo puede ser controlada de manera precisa mediante la acción combinada de las bandas de calentamiento eléctrico y los ventiladores de cada zona.

2.12.7. Importancia de la temperatura en la fase de alimentación de la resina

Sistema de enfriamiento de la garganta:

Con la mayor parte de los materiales poliméricos, y en especial las poliolefinas, es necesario mantener la temperatura de la zona de alimentación al tornillo, conocida como "garganta de alimentación", al menos a 50°C por debajo de la temperatura de fusión del polímero.

Una temperatura muy baja en la zona de alimentación impide que la fusión de la resina produzca la adhesión de la misma a la superficie del tornillo; minimizando el flujo de material por arrastre, y por lo tanto el caudal extruido. Generalmente, el uso de agua corriente permite mantener la temperatura de la garganta en los límites deseados ($T_m - 50^\circ\text{C}$); sin embargo, en ambientes

calientes y con equipos de alto caudal de producción puede requerirse el uso de agua enfriada en torres o incluso, refrigerada.

2.12.8. El Motor

El motor de la extrusora es el componente del equipo responsable de suministrar la energía necesaria para producir: la alimentación de la resina, parte de su fusión (70 a 80%), su transporte y el bombeo a través del cabezal y la boquilla.

Los motores incorporados en las líneas de extrusión son eléctricos y operan con voltajes de 220 y 440 V. Las extrusoras modernas emplean motores DC (corriente continua), ya que permiten un amplio rango de velocidades de giro, bajo nivel de ruido y un preciso control de la velocidad. Se recomienda que la potencia de diseño sea de 1 HP por cada 10 a 15 lb/h de caudal, sin embargo para las aplicaciones de alto requerimiento de mezclado esta relación puede llegar a ser de 1HP por cada 3 a 5 lb/h.

La velocidad alcanzada por los motores resulta más elevada que la requerida por el tornillo. Las cajas reducen la velocidad hasta en un 20:1.

2.12.9. El Cabezal

El componente de la línea denominado cabezal, es el responsable de conformar o proporcionar la forma del extrusado.

De forma detallada, los principales componentes de un cabezal para la extrusión son:

✓ **Plato rompedor y filtros**

Constituyen el punto de transición entre la extrusora y el cabezal. A estos componentes les corresponde una parte importante de la calidad del material extrusado. El plato rompedor es el primer elemento del cabezal destinado a romper con el patrón de flujo en espiral que el tornillo imparte; mientras que la función de los filtros es la de eliminar del extrusado partículas y/o grumos provenientes de impurezas, carbonización, pigmentos y/o aditivos, etc.



Figura II-23 Plato rompedor y mallas

2.12.10. Labio inyector

Es la parte de la máquina que está compuesta por placas de acero y placas de resistencias entre las mismas, el funcionamiento de este permite dar una forma laminar al flujo de PP que sale del plato rompedor.

A manera de una lamina continua que pasa por una calandra de enfriamiento que cristaliza la lamina.



Figura II-24 Labio Inyector

2.12.11. Tren de formación

Techoluz dedicado a la fabricación de techos traslúcidos posee una gama de formas que da a las láminas de polipropileno para su presentación como techo traslúcido, es así que tenemos techos con ondas cilíndricas y con ondas cuadradas.

El funcionamiento de ésta sección, consiste básicamente en moldear o termo formar la lámina de polipropileno obtenida en el labio inyector, siendo necesario tener una temperatura optima para el termo formado, cuando pasa entre los moldes que están ubicados uno sobre otro a presión para que pueda tomar las formas ondulares o cuadradas, pasando así a lo largo de dicho tren de formación, donde al final del proceso se lo enfría a tal punto de lograr una consistencia buena. Para luego ser cortada de acuerdo a las medidas requeridas.

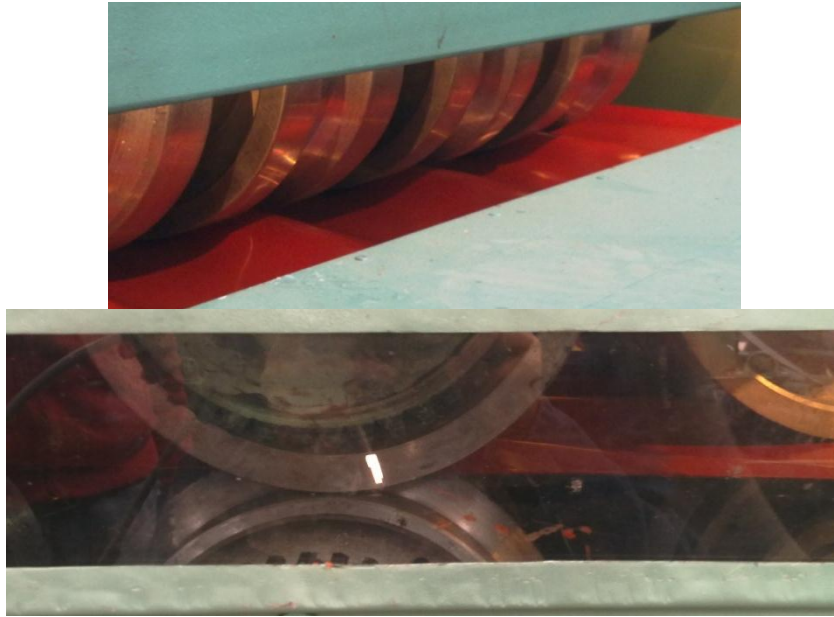


Figura II-25 Tren de formación de Láminas

CAPÍTULO 3

3. DESARROLLO DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA EN EL ÁREA DE TERMOFORMADO.

3.1. Introducción

El presente capítulo se tratara todo lo referente al proyecto realizado, en el cual se menciona las etapas de evaluación, diseño, implementación de la tesis, **"Control Automático de Temperatura en el Área de Termo formado de láminas en la planta Techoluz de Tubasec C.A."**.

3.1.1. Evaluación

En la parte inicial del proyecto se procede con una evaluación exhaustiva del proceso. La cual conlleva a determinar paso a paso, el funcionamiento que se viene desarrollando, tomando nota de las variables intervinientes del sistema.

Evaluando las condiciones tanto físicas, eléctricas, mecánicas que intervienen y son parte del proceso. Determinando así los parámetros necesarios para realizar un diseño óptimo.

De la evaluación se puede destacar, la parte eléctrica donde se analizó de manera profunda la etapa de control a ser intervenida, los problemas existentes, la influencia que tiene el control de temperatura en la formación final del producto.

Dentro de la evaluación realizada se puede destacar también, el manejo de temperaturas y su relación directa con todo el sistema, es decir con la parte eléctrica, mecánica y de producción.



Figura III-26 Maquina en evaluación Inicial

3.1.2. Componentes y Materiales

CONSIDERACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL PLC Y SOFTWARE DE CONTROL

Para el dimensionamiento del PLC se toma en consideración lo siguiente:

Las condiciones de operación preestablecidas: Funcionamiento con corriente alterna de 440 V en condiciones industriales.

- ✓ La instrumentación: El sistema tiene un medidor fiable de temperatura como es la Termocupla, por lo que se necesita un PLC con entradas analógicas.
- ✓ El número de entradas y salidas requeridas: Se necesitan 14 entradas analógicas, para las salidas se necesitan 14 digitales.
- ✓ Los requerimientos del sistema de control: El PLC debe poder comunicarse con protocolos estándar al software del HMI instalado en la computadora.
- ✓ Reservas para posibles incorporaciones o modificaciones futuras.

En lo que respecta a los requerimientos del software de control, se ha establecido lo siguiente:

- ✓ Tener un sistema de control centralizado, fiable, y con menor consumo de energía.
- ✓ Facilitar el ajuste y manipulación de las variables involucradas como son: Temperatura.
- ✓ Proporcionar un sistema de alarmas que alerte a los operadores en caso de fallas o de valores fuera de los niveles permisibles y de fin de programa.

- ✓ Tener la posibilidad de generar gráficas de tendencia de la Temperatura en tiempo real.

3.1.3. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONTROL

De acuerdo a los parámetros que se solicitan se describen los elementos que constituyen el sistema de control que va a ser instalado en el proceso para la automatización, los cuales se clasifican en:

Cable de Extensión de Termocuplas	
ESPECIFICACIONES	
Cantidad	500 m
Tipo	Marca TEW-C para 300 V con aislamiento PVC Tipo J
Rango de Temperaturas	Hasta 1200 °C
Número de Pares	16 AWG sólido de un par
Localización	Clase 1 División 2 Hazardous Location
Aislamiento	TPE 105 °C
PLC	
ESPECIFICACIONES	
Cantidad	1
Marca	Twido (Sneider Electric)
Modelo	TWDLCAA40DRF
Tipo	Compacto
Voltaje de Entrada	100 - 240 Volts.
Entrada de Sensores	Módulos Analógicos para Señales de Temperatura TM2ALM3LT
Interfaz de Comunicación	1 Puerto serie RS485 (conector mini-DIN) y 1 Puerto Serie RS485 (conector bornes con tornillos)
Temperatura de Trabajo	Funcionamiento 0 - 55, Almacenamiento -25 - +70 °C
Humedad de Trabajo	30 al 95 % sin condensación
Protocolos de Comunicación	Modbus RTU Maestro/Esclavo, Modo caracteres ASCII
Protección	Clase I División II
Módulos Analógicos	
ESPECIFICACIONES	
Cantidad	7
Modelo	TM2ALM3LT (Sneider Electric)
Número de Canales de I/O	2 Entradas / 1 Salida
Señal / Sensor de Tipo	Entradas de Termopar / Termosonda, Salida Tensión / Corriente

Tipo de Entrada	Termopar de Tipo K, J y T, Termosonda de Tres Hilos, Pt 100
Alimentación	24 VDC
Tipo de Conexión	Bornero con tornillos Desenchufable
Fuente DC	
ESPECIFICACIONES	
Cantidad	1
Voltaje de Entrada	85 - 264 VAC
Carga Máxima	3 Amp.
Frecuencia de Entrada	47 - 63 Hz.
Voltaje de Salida	24 VDC \pm 1%
Relés de 110 Vac	14
Relés de 24 Vdc	2
Borneras Tipo Puente	1 Caja
Maraquillas Para Conductores	2 Cajas de Cada Número
Conductor 14 AWG	200 m
Riel DIN	2.5 m
Canaleta	3 m
Termocuplas tipo J	14
Botones de Inicio Paro	1
Fusibles y Porta-fusibles	3
Switch Trifásico	1
Switch Bifásico	1
Software De Sistema	Twido Suite
Software de HMI	LabView 2011

Tabla III-VIII Materiales Utilizados en el Proyecto

3.1.4. Descripción de los Dispositivos Utilizados en el Ensamblaje del Proyecto

3.1.4.1. Cable de extensión para Termocuplas

Los cables de extensión, están fabricados con la misma aleación que el termopar correspondiente. Se designan mediante la letra correspondiente "X" detrás del tipo de termopar, por ejemplo "JX".

TIPO DE TERMOPAR	TIPO DE CABLE		CÓDIGO INTERNACIONAL DE COLORES SEGÚN IEC 584.3:1985	CÓDIGO DE COLORES INTERNACIONALES SEGÚN IEC 584.3:1985 PARA ZONAS INDIVIDUALMENTE SEPARADAS	CÓDIGOS DE COLORES NACIONALES REDUNDANTES				
	EXTENSIÓN	COMPENSACIÓN			BRITÁNICO SEGÚN BS 1842	NORTEAMERICANO SEGÚN ANSI/ASME, 1	ALEMAN SEGÚN DIN 43714	FRANCÉS SEGÚN NFC 42304	JAPONÉS SEGÚN JIS C 1510-1981
K	KX								
		KCA							
		KCB							
T	TX								
J	JX								
N	NX								
		NC							
E	EX								

Figura III-27 Extensiones de Cables de Termocuplas

3.1.4.2. Termocupla Tipo J

Es el sensor de temperatura que se encuentra presente a lo largo de todo el sistema de producción de láminas de Techoluz. La norma ASTM (American Section of the International Association for Testing Material) E-608 recomienda los termopares tipo J para valores de temperatura inferiores a 1150 °C con una exactitud de 2.2 °C ó 0.75%. Como referencia el voltaje que genera el termopar tipo J es de aproximadamente 40.44µV/°C, por lo tanto a 25°C (temperatura ambiente), el voltaje que proporciona es de aproximadamente 0.1mV. A la máxima temperatura del sistema aproximadamente tomando la más elevada de 300 °C, proporcionaría un voltaje de 30 mV.





Figura III-28 Termocupla Tipo J (Bulbo, Tornillo)

3.1.4.3. Características PLC TWDLCAA40DRF de Schneider Electric

- ✓ entradas digitales.
- ✓ salidas digitales tipo relé.
- ✓ 2 puertos seriales.
- ✓ Comunicación Modbus Tipo RS-485 no aislado; longitud máxima: 200 m. Modo ASCII o RTU.
- ✓ Comunicación ASCII Protocolo Half-duplex hacia un dispositivo.
- ✓ Alimentación general del PLC 100/240 VAC.
- ✓ Alimentación de las entradas digitales 24 VCC.
- ✓ Software para programación: Twido Suite

En el **ANEXO** se indican las características ampliadas del PLC

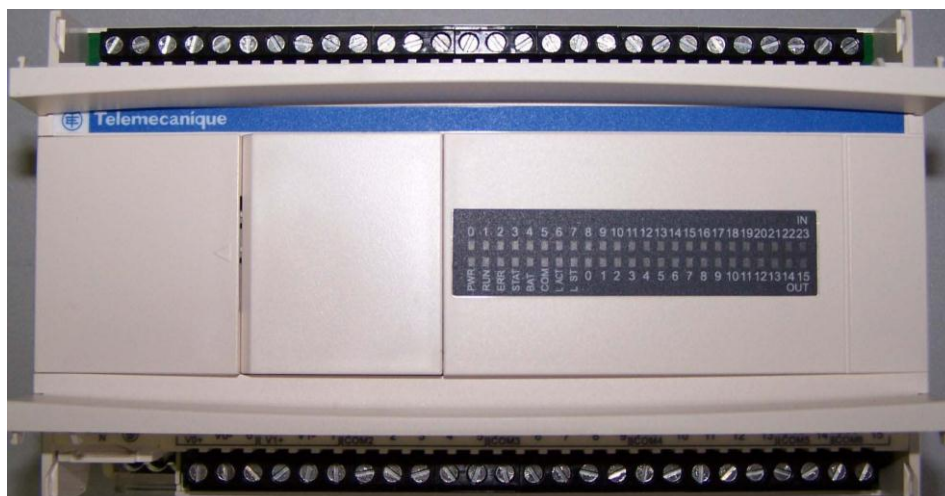


Figura III-29 PLC Twido TWDLCAA40DRF

3.1.4.4. Módulo de expansión TWDALM3LT

La Termocupla tipo K será conectada al PLC a través de un modulo de extensión especial que trabaja con Termocuplas tipo K, J y T, RTD y PT100.

En la Figura se muestra la conexión de la Termocupla en el módulo.

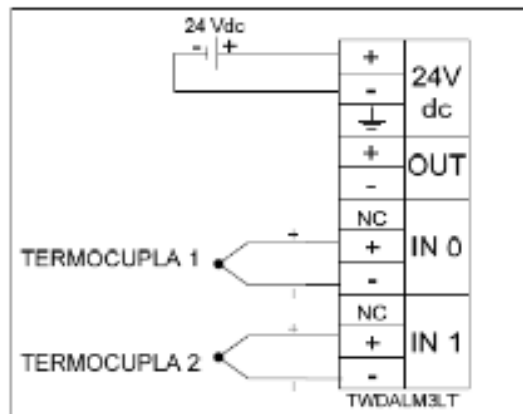


Figura III-30 Conexión de Termocupla en el Módulo TWDALM3LT

Este módulo se ha configurado para poder trabajar en grados Celsius; en la Tabla se muestran las características de la señal digital generada a través del convertidor Análogo/Digital.

3.1.4.5. Características de entrada analógica Módulo TWDALM3LT (Termocupla tipo J)

Rango de entrada: 0 a 600° C

Periodo de muestreo: 50 ms

Tipo de Entrada: Diferencial

Modo de conversión: $\Sigma\Delta$ tipo A/D

Resolución digital: 4096 incrementos (12 bits)

Mono tonicidad: Sí

Valor de entrada del LSB: 0.1° C

3.1.4.6. Resistencias de Calentamiento

Son elementos que se fabrican a base de níquel, donde la energía eléctrica se transforma en calor. Mediante la ley de joule podemos determinar la cantidad de calor que es capaz de entregar una resistencia.

Esta cantidad de calor dependerá de la intensidad de tiempo que esté conectada. De acuerdo a la ley de joule decimos que la cantidad de calor desprendido de una resistencia es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad de corriente y directamente proporcional al valor de la resistencia y al tiempo.

3.1.4.6.1. Materiales que se ocupan en la fabricación de resistencias

- ✓ Tubing de acero inoxidable tipo 304,316, incoloy 800, titanio y cobre.
- ✓ Alambre nicromel tipo 8020.
- ✓ Electroceramica (donde se aloja la bobina).
- ✓ Terminales níquel - cromo, con fibra de vidrio para alta temperatura, malla de acero inoxidable y /o tubo plica.
- ✓ Óxido de magnesio (este material hace el compactado de las resistencias).

3.1.4.6.2. Usos

- ✓ Doméstico.

Secadoras de cabello, estufas eléctricas, hornos de cocina.

- ✓ Industrial.

Extrusores, hornos se secado, inyectoras de plástico, fundición de algunos metales planchas industriales, túneles de secado de pintura.

3.1.4.6.3. Resistencia tipo Abrazadera

Su forma ideal, permite ser ubicada alrededor del cañón extrusor el cual permite llegar a la temperatura de fusión de la materia prima.



Figura III-31 Resistencia tipo Abrazadera

3.1.4.6.4. Resistencia tipo Placa

Ésta resistencia es utilizada para transmitir calor directamente a las planchas de metal que permiten obtener, láminas de polipropileno para poder realizar el termo formado de la misma.

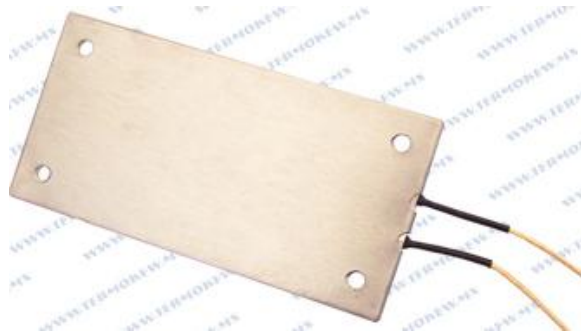


Figura III-32 Resistencia Tipo Placa

3.1.4.6.5. Resistencia tipo Barra

Éste tipo de resistencia es utilizada para el área de termo formación propiamente dicha, donde se ubica a manera de hornos que, provocan una temperatura óptima para la termo formación.



Figura III-33 Resistencia Tipo Barra

3.1.5. Control de Histéresis de temperatura

Es un controlador de dos posiciones que me permite, oscilar la variable dentro de un parámetro establecido, el mismo puede ser amplio o estrechamente reducido.

Dicho control al permitir controlar espacios de funcionamiento, se convierten en herramientas de pruebas para hallar la estabilidad del sistema. Influyen mucho los materiales utilizados para el calentamiento, puesto que sus características físicas y mecánicas proporcionan al ser de diferente valor termo resistivo, provocan comportamientos diferentes a altas temperaturas.

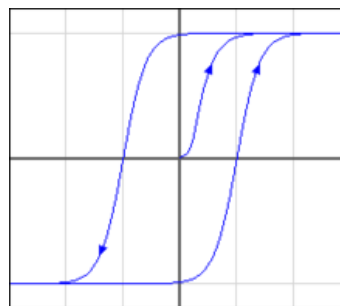


Figura III-34 Curva de Histéresis

3.2. Diseño

Dentro del diseño se detallara a profundidad todo lo correspondiente al diseño de la etapa de control, mencionaremos sobre el diseño mecánico ya implementado y funcional.

3.2.1. Diseño Mecánico

El proceso de formación de láminas de polipropileno, se lo realiza mediante una maquina que combina ciertas formas de tratamiento del polipropileno, es decir, la máquina comprende tres etapas, una etapa de extrusión, una de inyección y una de termo formado, es decir que sin las etapas anteriores no se puede hablar de un termo formado.

Así tenemos una cañón extrusor, provisto de un tornillo helicoidal en su interior el cual mueve el polipropileno cuando la temperatura es la óptima para su funcionamiento, para poder calentar y llevar al polipropileno a la temperatura de fusión, se encuentra provisto de resistencias de calentamiento en forma de abrazadera, provista en cinco grupos con cargas iguales, además en su parte final y extrema está provista de una rejilla que consiste en una malla por donde pasa el PP en estado semilíquido propiciando de ésta manera una inyección de material hacia el labio.

A continuación tenemos la parte de inyección a la cual llamaremos, labio laminador o labio inyector, que se encuentra estrechamente pegado a la parte final del cañón extrusor, es decir a la malla o rejilla. El mismo se

encuentra formado por placas de acero que en su interior, llevan tallado el camino que debe seguir el polipropileno en estado semilíquido para poder tomar forma de lámina. Entre sus placas encontramos resistencias de calentamiento en forma de placas, las cuales se encuentran distribuidas por todo el labio en cinco secciones.

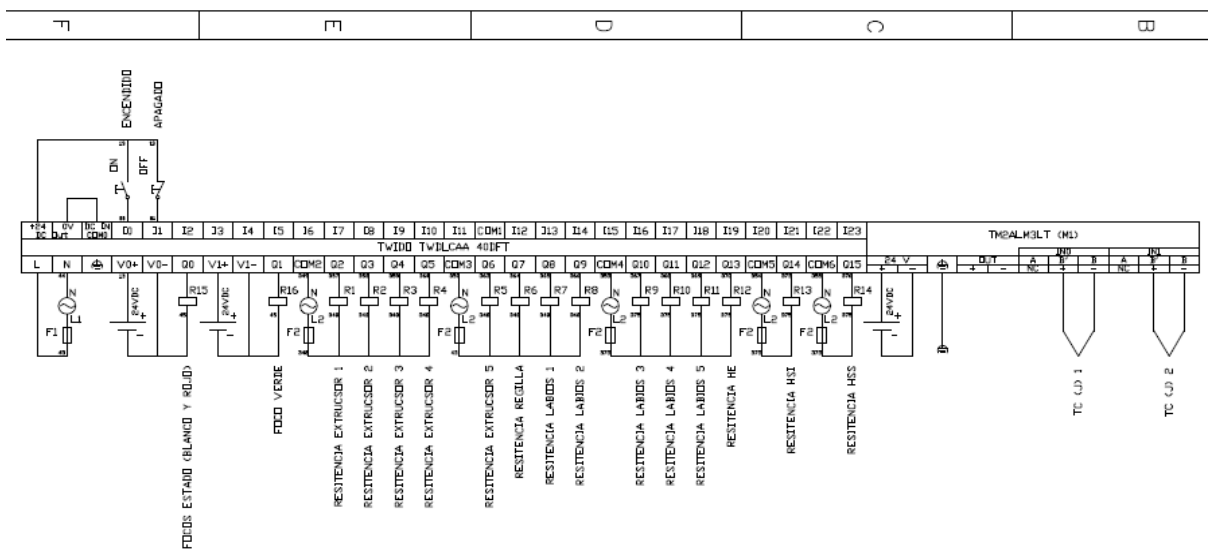
luego tenemos una sección de calandrado donde se da la consistencia laminar al polipropileno, dicha consistencia, pasa luego por un horno de gran proporción provisto en su interior por un tren de moldes, a ésta sección se la conoce como termo formación, puesto que a la lámina que fue tratada para su consistencia ingresa dentro del éste horno para calentarse nuevamente y tomar la forma de los moldes que están en su interior. al mismo tiempo que va atravesando el tren de formación, la lámina va tomando consistencia hasta conseguir el producto terminado que al final de la formación es cortado y apilado por el operario.



Figura III-35 Máquina de fabricación Techoluz

3.2.2. Diseño eléctrico

Dentro del diseño eléctrico se destaca, el rediseño de la parte de control del sistema de temperaturas, además de los reajuste realizados a la etapa de potencia, así tenemos los planos, tanto de la etapa de control como de potencia del tablero eléctrico de la máquina de formación de láminas de polipropileno de Techoluz.



Plano Etapa de Control

3.2.3. Diseño Informático

Para el desarrollo informático del sistema, se debe ajustar las variables intervinientes dentro del mismo, dentro del programa Twido Suite, donde se desarrollará el programa que debe seguir el PLC.

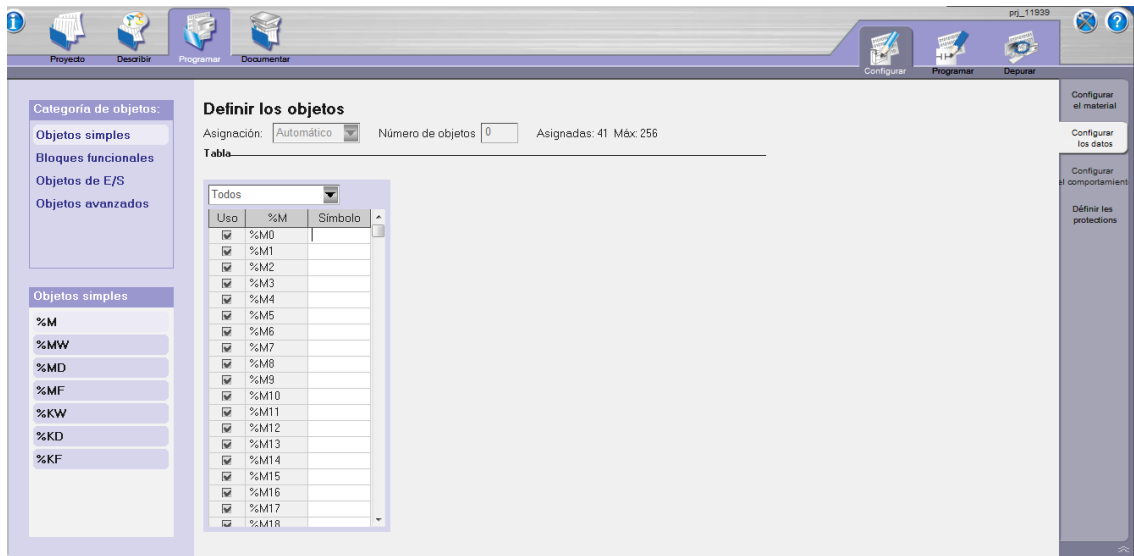


Figura III-36 Definición de Memorias en el PLC

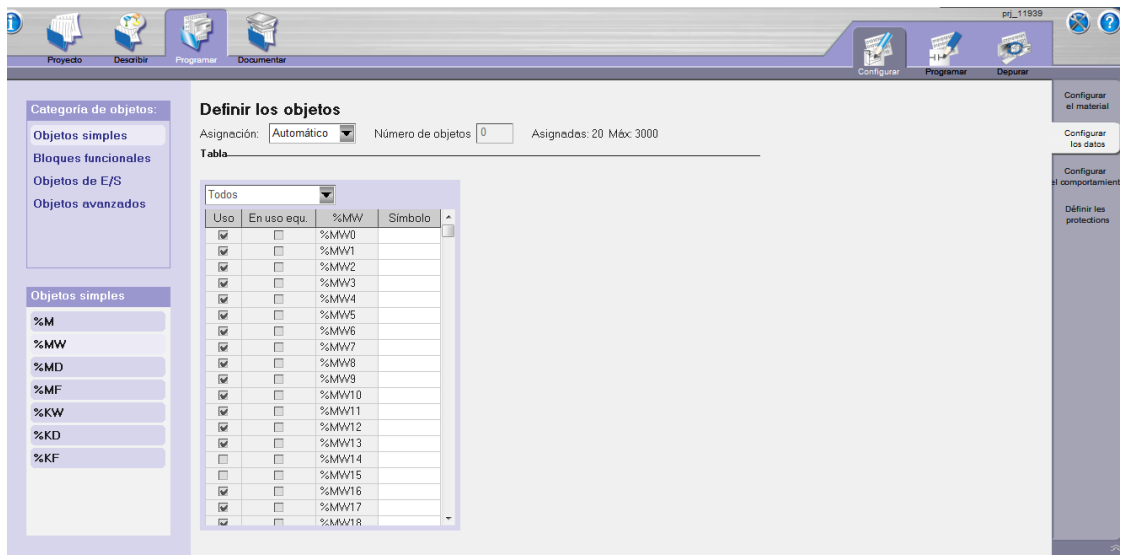


Figura III-37 Definición de Memorias Tipo Word en el PLC

3.3. Implementación

3.3.1. Calentamiento de Resistencias

La preparación de temperatura para el sistema empieza con el calentamiento de las resistencias que transfieren el calor a los diferentes

medios por donde recorre el polipropileno, en forma de material virgen y en forma de láminas.

La metodología utilizada para el calentamiento de las resistencias fue determinar los tiempos de calentamiento de cada sección, puesto que cada material de acuerdo a su resistencia térmica se calienta de forma diferente, de tal forma se ha determinado calentar por secciones. Inyección, Extrusión, Termoformado.

3.3.2. Extrusión del Material Polipropileno

En la sección de extrusión de material, lo que necesitamos es, llegar a la temperatura óptima para conseguir el punto de fusión del material polipropileno, tomando en cuenta las características ambientales, como la humedad, rozamiento con el cañón y el tornillo helicoidal, dicho polipropileno debe alcanzar una temperatura que pueda ser manejable dentro del cañón.



Figura III-38 Sistema de censado de temperaturas en el cañón

3.3.4. Inyección del material Polipropileno

Para poder empezar dicha etapa, el material polipropileno debe ser extrusado previamente, es decir debe tener una consistencia la cual puede ser manejable para poder obtener una lamina que pueda ingresar al área de termo formado.



Figura III-39 Sistema de censado de temperaturas en el labio inyector

3.3.5. Termo Formación de Láminas

Una vez procesado el material en las dos secciones anteriores, el material polipropileno está listo para entrar en la etapa de termo formado, donde tenemos un horno que nos permite calentar el material a tal punto de poder darle una forma de ondas, de varios tipos, ya sean estas cuadradas u onduladas, depende a cada línea de producción. Luego de haber pasado por un tren de formación, el producto terminado es cortado de acuerdo a las medidas requeridas.



Figura III-40 Sistema de censado de temperaturas en el área de Termo Formado

3.3.6. Control de temperaturas

Para el control de las temperaturas, se procedió a colocar en un punto estratégico los sensores que me permitirán saber con exactitud la temperatura a la que se encuentra dicha sección, para poder leer éstos datos en la sección de extrusión, se colocaron Termocuplas distribuidas en cinco secciones, las cuales van a las entradas analógicas de los módulos de ampliación del PLC, donde en cada sección, escribimos un set point de temperatura a la que cada sección debe llegar, de tal forma tenemos el programa desarrollado dentro del PLC y en el software LabView asegura que la temperatura se mantenga en dicho punto.de establecimiento teórico.

En cuanto a las temperaturas del labio inyector tenemos de la misma manera, dividido en secciones donde podemos establecer una temperatura óptima para cada sección, cabe enfatizar éste punto de calentamiento

puesto que las resistencias utilizadas en ésta sección son de diferente forma y área física, tenemos que cada resistencia térmica es distinta en cada una de ellas, así que de la misma forma las Termocuplas dispuestas en las cinco secciones del labio van hacia el módulo de expansión del PLC donde el programa se encarga de mantener las temperaturas en los puntos de seteo.

Las temperaturas en la sección de termo formación de igual manera se las ha dispuesto en tres secciones, denominadas como hornos, de entrada, superior e inferior, al igual que en las secciones anteriores las temperaturas obtenidas por las Termocuplas son enviadas y procesadas por el módulo de ampliación del PLC.

3.3.7. Etapa de control para las temperaturas



Figura III-41 Etapa de control de Temperaturas

En dicha etapa de control se utilizó

- ✓ PLC Twido TWDLCAA40DRF
- ✓ Módulos de Ampliación TM2ALM3LT
- ✓ Fuente de 24 Vdc
- ✓ Relés de 110 vac
- ✓ Porta fusibles y fusibles 2A
- ✓ Switch trifásico
- ✓ Cable de Termocupla tipo J

Entradas

14 entradas analógicas de Termocuplas tipo J en el módulo de ampliación

2 entradas digitales para la puesta en marcha y paro del sistema de control

Salidas

14 Salidas digitales para el control de las resistencias

2 Salidas digitales para la visualización de indicadores de inicio y paro

3.3.8. Etapa de Potencia

En ésta etapa de control tenemos contactores que ayudan a controlar las resistencias de calentamiento de todo el sistema, además de la protección para cada elemento, encontramos también variadores de frecuencia que ayudan a controlar la velocidad de funcionamiento de cada motor.

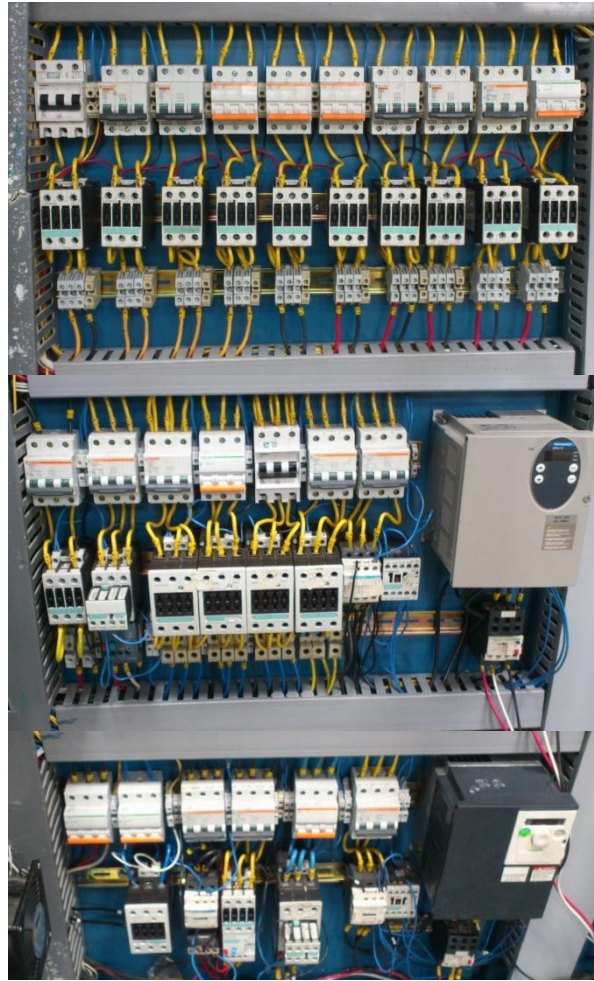
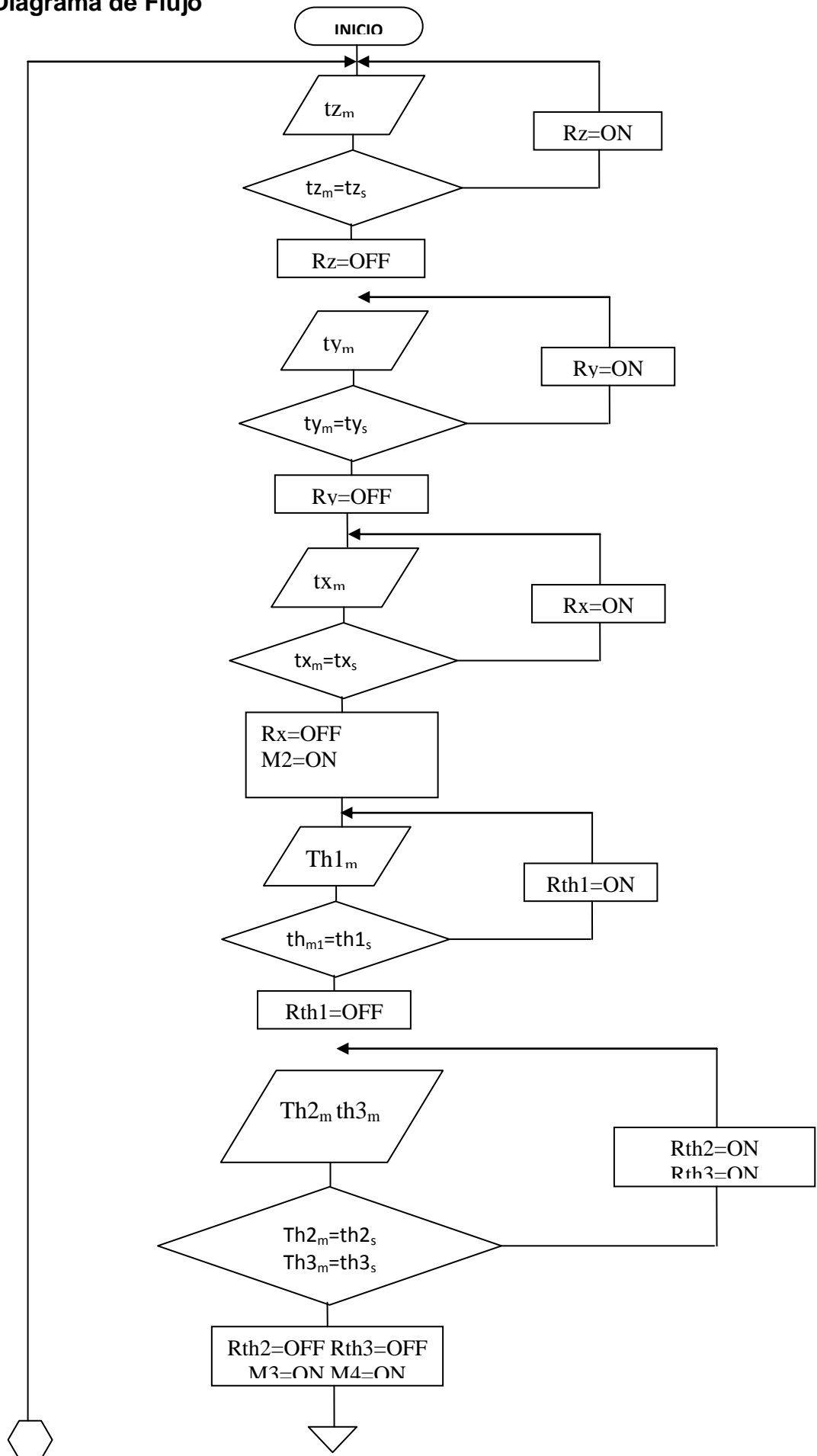
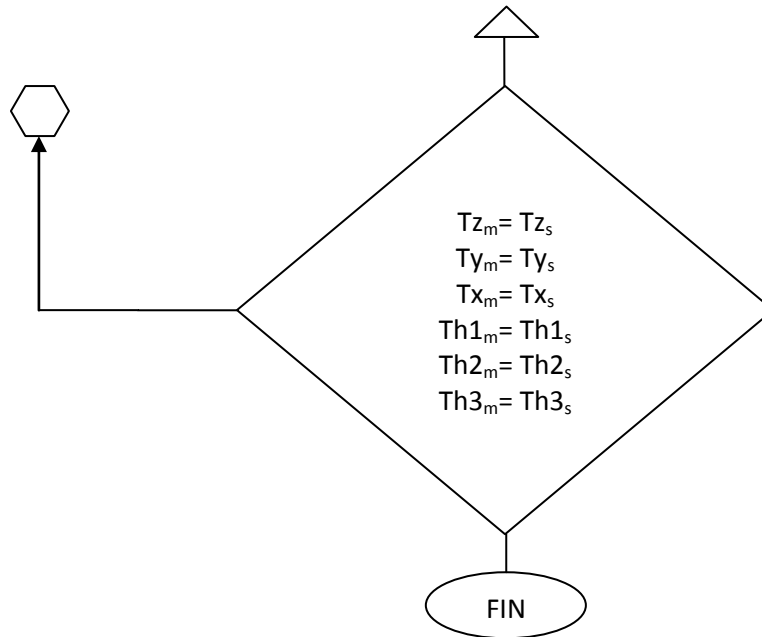


Figura III-42 Etapa de potencia

3.4. Diagrama de Flujo





Tz_m = Temperaturas de Labio Inyector medido

Ty_m = Temperaturas de Rejilla medido

Tx_m = Temperaturas de Cañón Extrusor medido

$Th1_m$ = Temperaturas de Horno de Entrada medido

$Th2_m$ = Temperaturas de Horno Superior medido

$Th3_m$ = Temperaturas de Horno Inferior medido

Tz_s = Temperaturas de Labio Inyector seteado

Ty_s = Temperaturas de Rejilla seteado

Tx_s = Temperaturas de Cañón Extrusor seteado

$Th1_s$ = Temperaturas de Horno de Entrada seteado

$Th2_s$ = Temperaturas de Horno Superior seteado

$Th3_s$ = Temperaturas de Horno Inferior seteado

R= Resistencias

M2= Motor de Tornillo Helicoidal

M3= Motor Calandra

M4= Motor Tren de Termo formado

CAPÍTULO 4

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1. Definición del ámbito

En la investigación se ha podido observar, que la industria del plástico es muy variada, y que los procesos de tratamiento del polipropileno son similares en todas. Puesto que se manejan las mismas etapas de Extrusión, inyección y termo formado de polipropileno.

- ✓ Entre las industrias que se pueden mencionar están.
- ✓ Formación de tubería de plástico
- ✓ Utensilios de cocina que resisten temperaturas altas o bajas
- ✓ En la fabricación de juguetes
- ✓ Fabricación de recubrimientos aislantes, etc.

La industria del polipropileno es una de las que más repunte ha tenido durante estos años, gracias a las bondades que ofrece el polipropileno al ser

transformado en producto terminado, la resistencia y durabilidad a las condiciones ambientales adversas.

Techoluz una planta filial a la empresa Tubasec, se ha desarrollado para ofrecer a Riobamba y al País un producto de calidad, en bases a estándares nacionales, mismos que se ayudan de la mejora continua para obtener un mejor acabado y optimización de los recursos.

4.2. Pruebas Mecánicas

Para asegurar el correcto funcionamiento de todos los componentes, se procede a la verificación y prueba de estabilidad y estado físico de cada elemento.

Cabe destacar que, se debe tener una buena fijación en la parte física de las Termocuplas las cuales al tener un buen agarre y tope en la superficie de censado nos brindan una señal con menos ruido eléctrico y con mayor exactitud.

Se determinó que el tren de formación en el área de termo formado debe estar exactamente fijado y ajustado, para evitar atascos o trabes del material polipropileno.

Se debe tener en cuenta la ubicación de los cables extensores de Termocuplas, puesto que son sensibles a cualquier variación.



Figura IV-43 Tren de Formación de Láminas

4.3. Pruebas Eléctricas

En el sistema de control colocado junto a la estructura se encuentra la acometida de todas las conexiones eléctricas del tablero, tanto para sensores, actuadores, borneras, PLC.

Se realizó una comprobación de conexiones eléctrica y verificación de los voltajes adecuados para cada unos de los equipos utilizados, de modo que no existan cortos circuitos o daños por sobre voltaje o corriente.

De este modo evitar que al momento de que exista alimentación eléctrica resulte dañado alguno de los componentes electrónicos dispuestos dentro del tablero o para las personas que se encuentre manipulando el equipo.



Figura IV-44 Tablero Eléctrico

4.4. Pruebas De Software

Como se mencionó en capítulos anteriores, el software del control automático de temperatura en el Termoformado de láminas de Techoluz está dividido en dos partes, el proceso de programación en el PLC y la comunicación entre el PLC y una interface realizada en LabView.

De la misma forma se realizaron pruebas separadas de cada sección del programa para detectar posibles fallas y verificar los resultados.

Así una de las pruebas de PLC, se realizo por varias veces las repeticiones del proceso donde se observaban cada unos de los errores y controles que

se debía realizar. Además de la comunicación que debe tener el PLC con LabView se pudo observar una óptima respuesta del sistema.

De tal forma, cuando se realizaron pruebas de campo, se pudo medir la temperatura en función a la temperatura inicial de cada parte, en toda la máquina de fabricación de Techoluz, es así que se pudo medir en un inicio con algunas interferencias en las señales de entrada.

Durante la prueba de medición con el software se pudo apreciar un correcto control de la variable temperatura en cada sección de la máquina, puesto que el comportamiento de la temperatura en dichas partes oscila dentro de lo requerido para poder manejar de manera óptima al polipropileno.

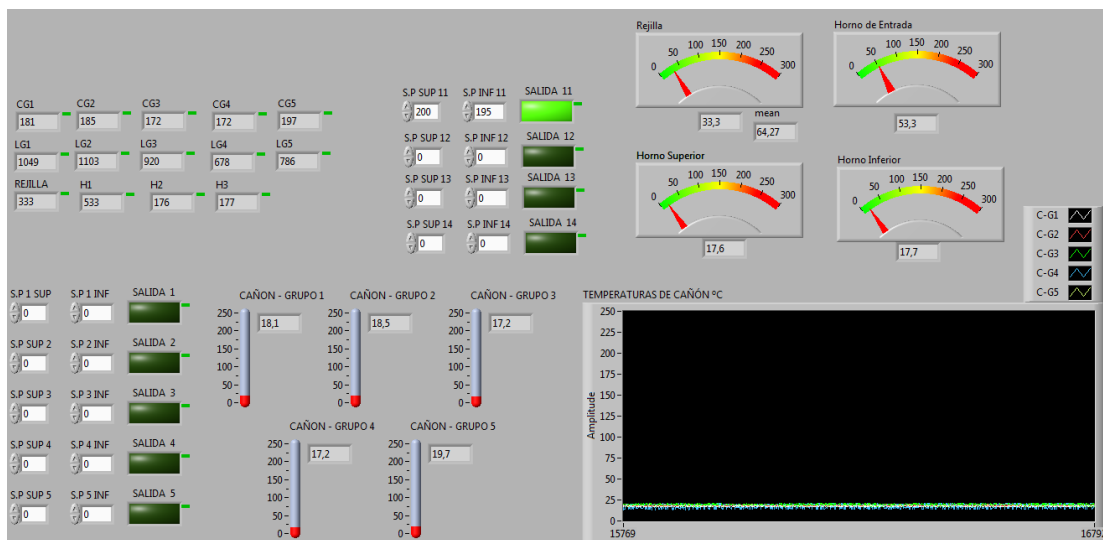


Figura IV-45 Interfaz de Medición y Control de Temperatura

4.5. Pruebas de control del PLC

Para el control de temperaturas en el área de Termoformado de Techoluz se ha realizado un diagrama de flujo, donde se considera las variables y memorias a utilizar, que van a causar el cambio de estado y saber qué es lo que se quiere realizar en el proceso.

Finalmente realizamos la programación del PLC en el software Twido Suite, el cual nos va a dar el diagrama de contactos.

Al realizar este programa nos dimos cuenta que para poder controlar el proceso y que se pueda ejecutar con todos los controles debidos, el contacto de las Termocuplas deben estar en posición fija y detectando las variaciones que tiene la temperatura de acuerdo a cada perturbación del sistema.

Al completar la programación en el PLC podemos dar los valores de temperaturas necesarios para la correcta utilización del polipropileno en cada sección.

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

✓ Controles:

Para que el sistema arranque solo, se le debe dar un pulso al botón de inicio, el cual inicia con las temperaturas encontradas en las pruebas en la cual es sistema se comporta de manera estable.

Como el encendido se lo realiza por partes el programa se encarga de que cuando la parte predecesora alcance la temperatura requerida, el siguiente grupo arranque con las temperaturas establecidas.

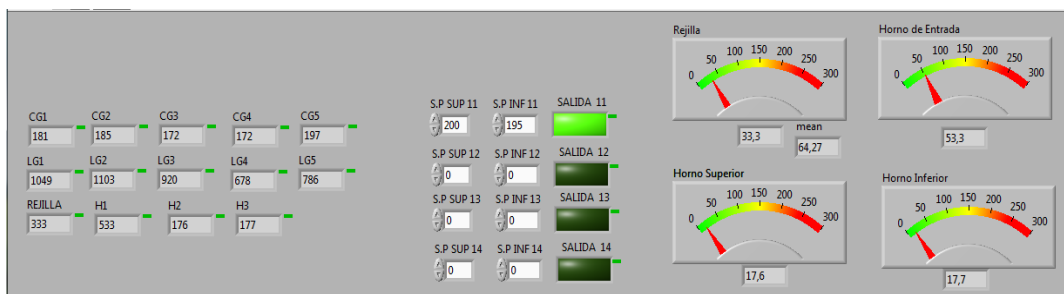
4.6. Planteamiento del ensayo de Control de Temperaturas

La prueba consiste en controlar las temperaturas de todas las partes de la máquina de formación de láminas de Techoluz.

Para lo cual se establecen temperaturas teóricas las cuales observamos luego cómo se comportan.

Es decir la metodología para la prueba es, hacer oscilar al sistema hasta llegar a la estabilidad.

De tal forma tenemos que las temperaturas iniciales hacen que el sistema se comporte de manera cercana.



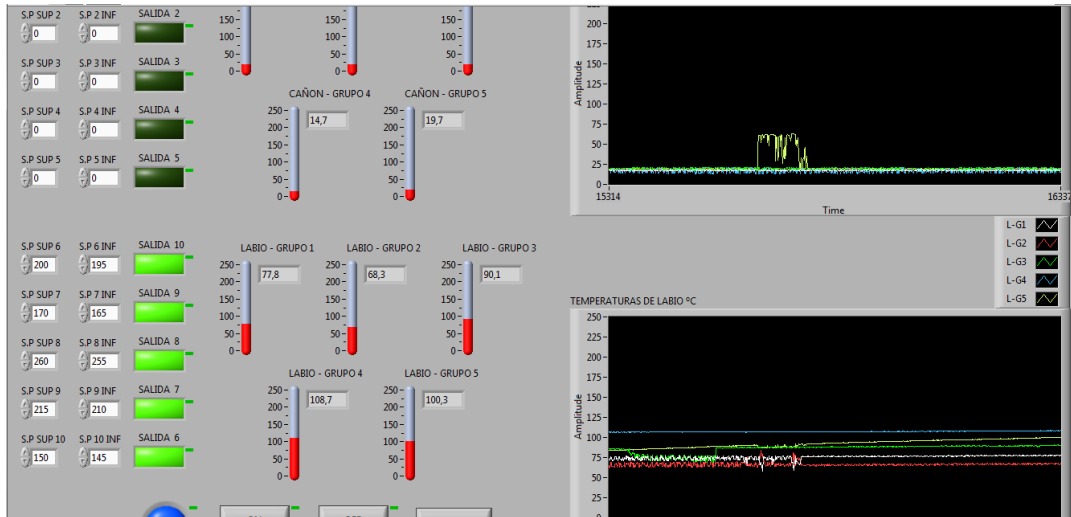
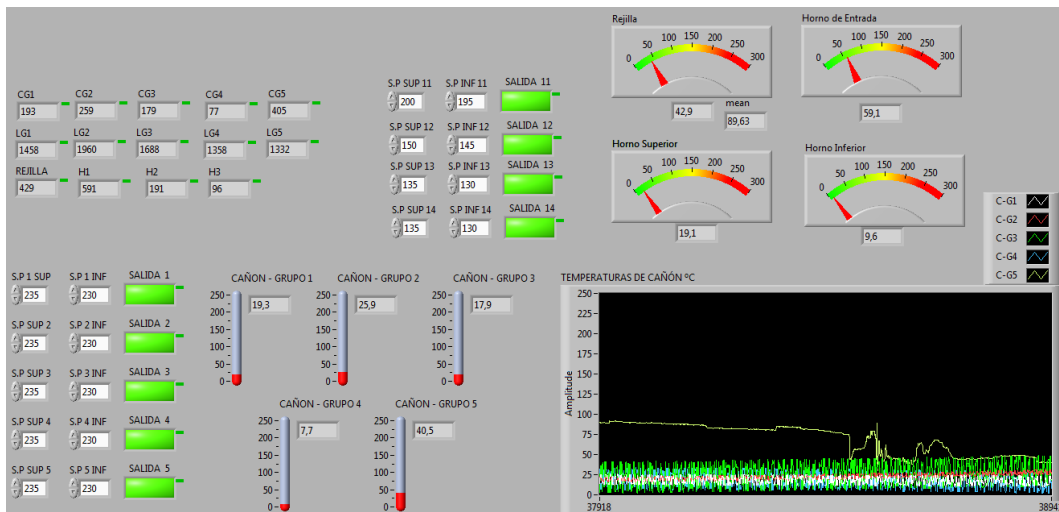


Figura IV-46 Arranque del Sistema

En la siguiente etapa de arranque de la maquina, podemos observar una variación, muy pronunciada en la temperatura con presencia de ruido excesivo. En la etapa de cañón extrusor.



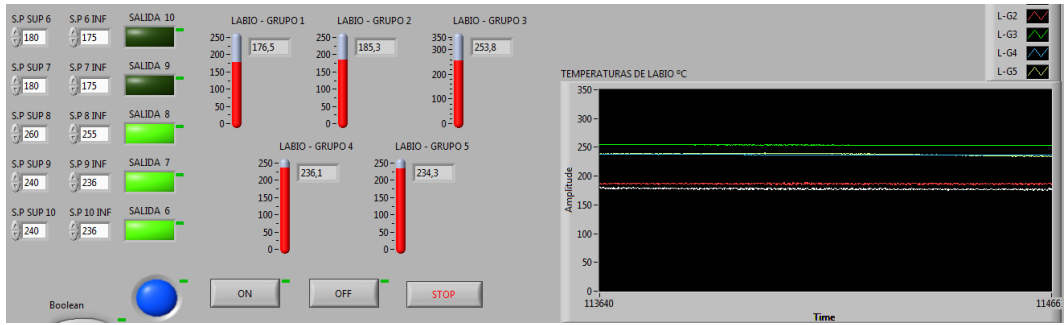


Figura IV-47 Arranque de cañón Extrusor y Hornos de Termo Formado

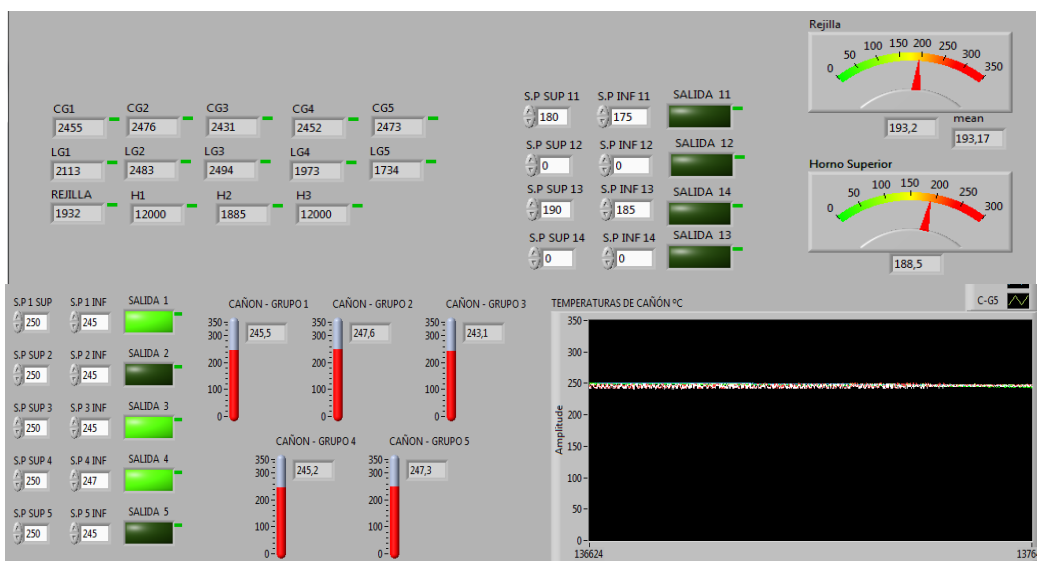


Figura IV-48 Estabilidad Obtenida del sistema luego de 2 horas del Arranque

Luego de haber obtenido la estabilidad del sistema se observa un correcto mantenimiento de la variable temperatura en cada sección de la máquina,

logrando así un correcto funcionamiento y manejo del polipropileno para la Termo formación de láminas de Techoluz.

4.7. Ensayo de Pruebas

Para el ensayo, tomamos como base las temperaturas establecidas de forma teórica, tabulando también los cambios que surgen hasta poder conseguir la estabilidad del sistema.

Para poder realizar el ensayo, codificaremos las partes de la máquina con diferente nomenclatura, así:

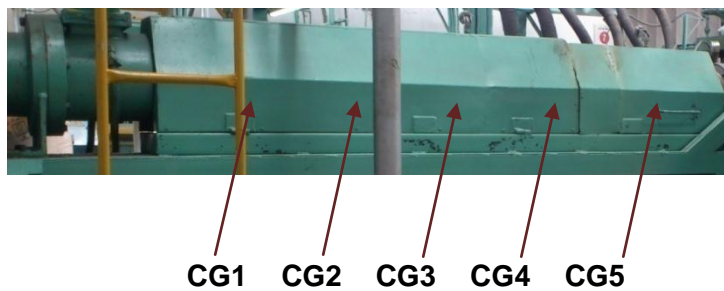


Figura IV-49 Codificación de Cañón extrusor

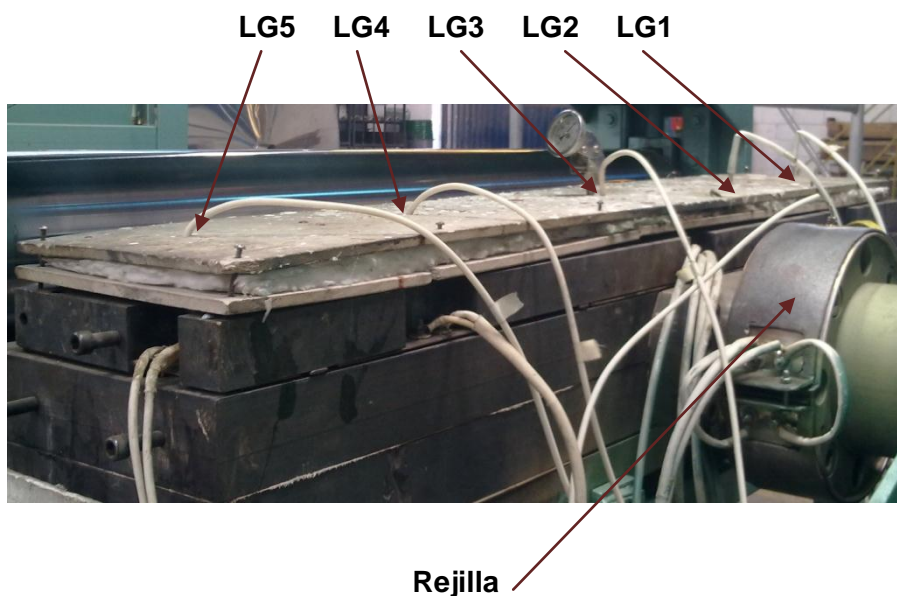


Figura IV-50 Codificación de Labio Inyector

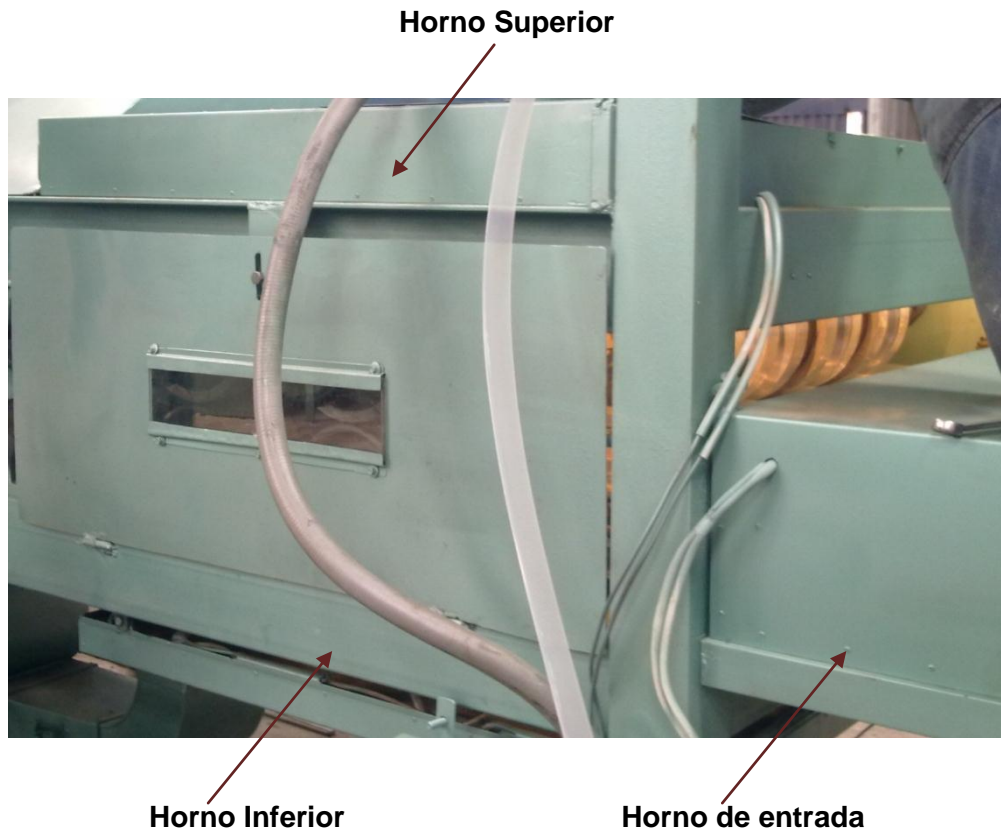


Figura IV-51 Codificación del Área de Termo Formado

4.7.1. Temperaturas analizadas en los Ensayos

<i>Temp.</i>	Teóricas	Ensayo Inic.	Luego de 2 h	1 día de estab.
<i>Partes Maq.</i>				
Cañón °C				
CG 1	215	235	250	240
CG 2	220	230	250	240
CG 3	225	232	250	240
CG 4	230	235	280	240
CG 5	235	235	250	240
Labio Inyector °C				
LG 1	230	200	195	190
LG 2	230	170	205	215
LG 3	230	260	250	250
LG 4	230	215	250	250
LG 5	230	150	240	215

Rejilla °C	300	280	230	210
Área de Termo Formado °C				
H1 Entrada	150	168	175	190
H2 Sup.	150	170	175	190
H3 Inf.	150	160	175	190

Tabla IV-IX Tabulación de Datos de Ensayos

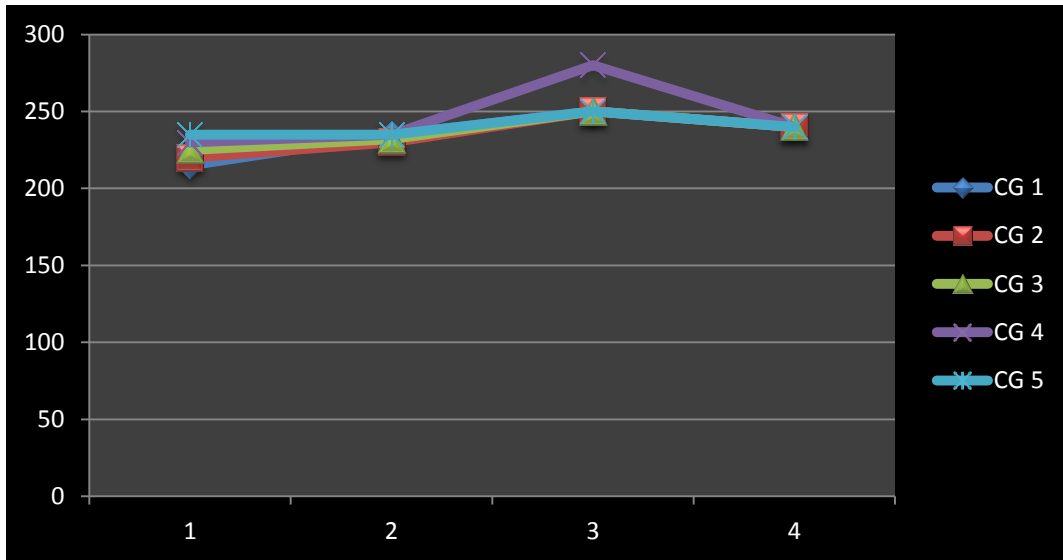


Figura IV-52 Gráfica de comportamiento de temperaturas en el Cañón

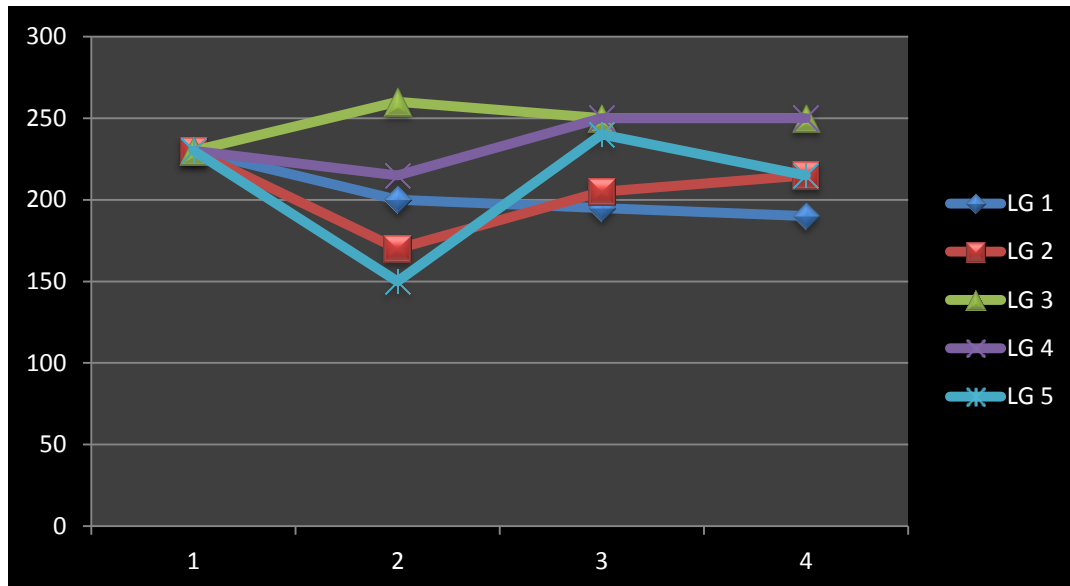


Figura IV-53 Gráfica de comportamiento de temperaturas en el Labio Inyector

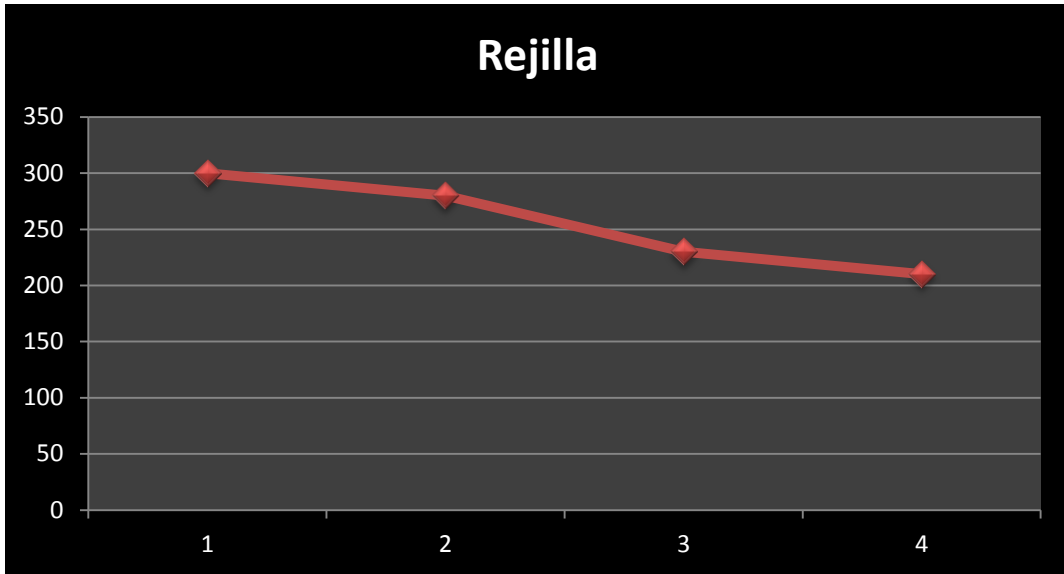


Figura IV-54 Gráfica de comportamiento de temperaturas en la Rejilla

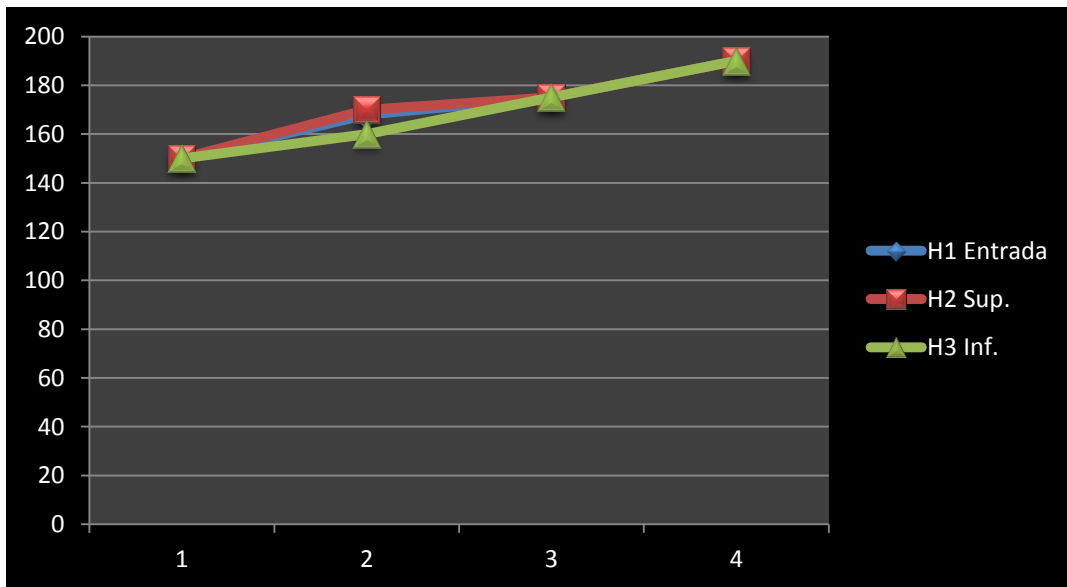


Figura IV-55 Gráfica de comportamiento de temperaturas en el Termo Formado

4.8. Potencia consumida en la Máquina 1 de Techoluz

Resistencias: Tipo Abrazaderas

Potencia (kw)	Unidades	Total (kw)
3	1	3
3,5	9	31,5
1,5	1	1,5
		36 kw

Varilla

Potencia (kw)	Unidades	Total (kw)
2,5	14	35
1,1	4	4,4
		39,4 kw

Labio

Potencia (kw)	Unidades	Total (kw)
2,5	10	25 kw

Motores

Potencia (kw)	Unidades	Total (kw)
3	1	3
3,7	1	3,7
11,19	1	11,19
55,95	1	55,95
		73,84 kw

TOTAL: 174,24

Tabla IV-X Potencia Total de Máquina 1 de Techoluz

Antes de la implementación se considera que el consumo en Kw/h era aproximadamente de 150 Kw/h.

Al realizar el análisis de consumo de energía se determinó que, al utilizar el sistema anterior, debido a la imprecisión en la toma de medidas de temperatura, se desperdiciaba energía al no controlar el encendido y apagado de las mismas.

Es así que luego de implementado el sistema el consumo de energía se disminuye al menos en un 30% de la energía consumida anteriormente, es decir un consumo estimado de 110 Kw/h aproximadamente.

4.9. Hipótesis

La implementación del sistema automático para el control de temperatura en el proceso de termo formado de la planta "TECHOLUZ", permitirá disminuir

el error en la formación de láminas y con ello el ahorro de energía eléctrica y optimización de materia prima.

Para la validación de la hipótesis se ha tomado datos, en cuanto a la formación de las láminas de Techoluz, lo cual involucra

- ✓ Temperaturas
- ✓ Velocidad de Formación
- ✓ Tiempo de Encendido y Apagado de las Resistencias de calentamiento

De tal forma que, al comparar las medidas tomadas antes de la implementación del sistema y luego de la implementación del mismo podemos notar un cambio sustancial, al visualizar menos desperdicio de materia prima, ahorro energético que es muy importante, ya que esto determina la estabilidad real de Temperaturas en toda la máquina de formación, permitiendo obtener un producto terminado de calidad.

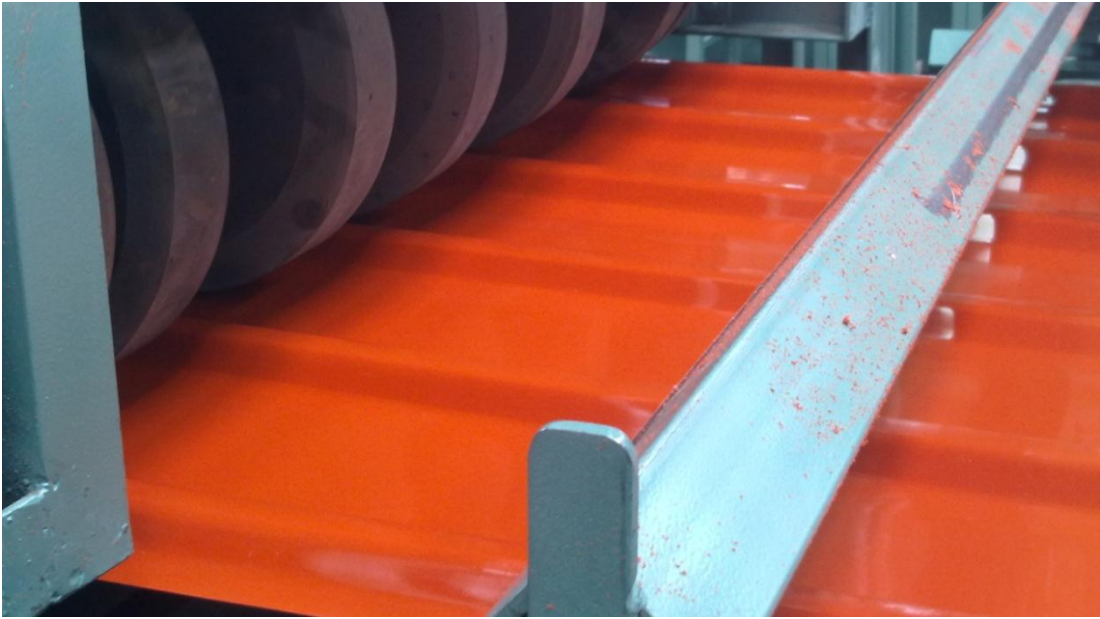


Figura IV-56 Producto Terminado luego del Proceso de Formación

CONCLUSIONES

- La implementación del sistema de control automático de temperatura, ha permitido reducir la energía requerida para encender las resistencias de calentamiento.
- El manejo de las temperaturas, provoca que la velocidad de la producción haya aumentado en un 10%, de tal forma que el proceso laminador fluye a razón de media revolución mas por segundo, acelerando así la producción de laminas Techoluz.
- El control de temperatura en el área de Termo Formado de láminas optimizó la utilización de resistencias en dicha zona, puesto que se precisa las temperaturas necesarias para su funcionamiento.
- El rediseño en la forma de medición de temperaturas, produjo una mejora en la toma de datos reales, puesto que ahora podemos determinar con exactitud a que temperatura se encuentra cada zona de la máquina.
- El cable de Termocuplas, ha permitido obtener una lectura precisa desde el punto de censado hasta la estación, donde se encuentra mi software de control.
- La implementación de una interfaz, de visualización del proceso ha permitido ver el desenvolvimiento del proceso así como también contribuye a la corrección de errores en la parte eléctrica, de manera oportuna.
- El motivo de la desviación de las temperaturas teóricas con las encontradas para la estabilidad, difieren por causa de la resistencia

térmica de los materiales que se calientan y también por la forma física de los mismos.

- La materia prima utilizada, tanto virgen como reciclada, no difiere en la temperatura de funcionamiento.
- La correcta ubicación de las Termocuplas, permite obtener señales más nítidas y con un escaso ruido eléctrico.
- El manejo de las temperaturas durante el proceso de arranque, permite reducir el sobrante de materia prima, puesto que el mismo es reutilizado con el nuevo arranque.
- Una vez llegada a la estabilidad, el sistema corrige cualquier perturbación que puede presentarse, como el movimiento del tornillo helicoidal que genera rozamiento y un pequeño quiebre en las temperaturas.

RECOMENDACIONES

- ✓ Es recomendable, durante el diseño tomar muy en cuenta los materiales sobre los cuales va a ser medida una temperatura, puesto que el contacto de diferentes materiales produce error en la lectura y obtención de datos.
- ✓ Al momento de instalar, todo el cableado de sensores es recomendable tomar muy en cuenta la sensibilidad de los mismos, puesto que se debe escoger el medio adecuado para su correcta protección.
- ✓ Durante la programación para la obtención de datos, es recomendable realizar un sistema flexible, el cual pueda adaptarse a los cambios en la variable de control que requiera el sistema.
- ✓ Es importante tomar muy en cuenta las condiciones físicas y ambientales que rodean a la sección donde se quiera realizar el control de temperaturas.

RESUMEN

Se implementó un sistema de control automático de temperaturas en el área de termo formado de láminas en la planta Techoluz de Tubasec C.A., en la ciudad de Riobamba, cuyo sistema de control permite una visión de las temperaturas que intervienen en el proceso de formación de láminas, apoyado mediante un sistema de visualización HMI, que permite al operario monitorizar los sucesos que se van presentando en el proceso de Termo Formación. Se investigó una forma, alternativa de control mucho más exacta, donde la empresa podrá obtener un proceso más controlado y con menos desperdicio de energía y materia prima.

Se utilizó un PLC Twido, por ser programable en un software de distribución libre y por las bondades de hardware mediante sus módulos de temperatura los cuales adquieren las señales directamente de los sensores de medición. A más del software LabView que permite tener una interfaz manejable para el operario en tiempo real mediante el servidor OPC.

Se obtuvieron grandes resultados, de acuerdo a las pruebas realizadas, en tal virtud que se obtiene una concepción mucho más real de las temperaturas en cada punto que han sido medidas, donde se puede apreciar un margen de tolerancia de ± 5 °C, a más de una visión de prevención en el caso de algún fallo.

Se recomienda a la planta Techoluz que implemente dicho sistema para el resto de la producción puesto que se ven mejoras, en ahorro de recursos y velocidad de producción.

BIBLIOGRAFÍA

1. **OGATA, K.**, Ingeniería de control moderna 4ª. ed., Madrid-España., Prentice-Hall., 2010., Pp. 36-72.
2. **VINCENT, M., ÁLVAREZ, S., ZARAGOZÁ, J.**, Ciencia y tecnología de Polímeros 2ª. ed., Valencia-España., Editorial Universidad Politécnica de Valencia., Pp. 136 – 185.
3. **RAMOS, F.**, Extrusión de Plásticos: Principios Básicos 2ª. ed., Limusa., 1993., Pp. 48-120.
4. **GOMÁRIZ, S. y otros.**, Teoría de Control, Diseño Electrónico 2ª. ed., Barcelona-España., Editorial Universidad Politécnica de Catalunya., 2000., Pp. 62-195.
5. **SANCHEZ., A.**, Control Avanzado de Procesos Teoría y Práctica 1ª. ed., Ediciones Díaz de Santos., 2003., Pp. 60-87.

BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

6. TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN

[Http: //sifunpro.tripod.com/automatizacion.htm](http://sifunpro.tripod.com/automatizacion.htm)

2012/09/10

7. MEDIDA DE LA TEMPERATURA CON TERMOPARES

[Http: //es.scribd.com/doc/52935414/20C-Termopares](http://es.scribd.com/doc/52935414/20C-Termopares)

2012/08/08

8. INSTALACIÓN DE SENSORES

[Http://www.gayesco.com/PDFgallery_catalogs.htm](http://www.gayesco.com/PDFgallery_catalogs.htm)

2012/09/15

9. SISTEMAS SCADA

[Http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf](http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf)

2012/08/06

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de especificaciones de PLC Twido TWDLCAE40DRF

Product data sheet
Characteristics

TWDLCAE40DRF
compact PLC base Twido - 100..240 V AC
supply - 24 I 24 V DC - 16 O



Main	
Range of product	Twido
Product or component type	Compact base controller
Discrete I/O number	40
Discrete input number	24
Discrete input voltage	24 V
Discrete input voltage type	DC
Discrete output number	2 transistor 14 relay
Number of I/O expansion module	7
[Us] rated supply voltage	100...240 V AC
Use of slot	Memory cartridge
Data backed up	Internal RAM external battery TSXPLP01 3 years
Integrated connection type	Ethernet TCP/IP RJ45 10/100 Mbit/s 1 twisted pair transparent ready class A10 Non isolated serial link mini DIN Modbus/character mode master/slave RTU/ASCII RS485 half duplex 38,4 kbit/s Power supply Serial link interface adaptor RS232C/RS485

lined herein.
application.
the relevant specific application or use thereof.
enrich.

	Complementary function	PID Event processing
Complementary		
Concept	Transparent Ready	
Discrete input logic	Sink or source	
Input voltage limits	20.4...26.4 V	
Discrete input current	7 mA I0.2 to I0.5 7 mA I0.8 to I0.23 11 mA I0.0 to I0.1 11 mA I0.6 to I0.7	
Input impedance	2100 Ohm I0.0 to I0.1 2100 Ohm I0.6 to I0.7 3400 Ohm I0.2 to I0.5 3400 Ohm I0.8 to I0.23	
Filter time	35 µs + programmed filter time for I0.0 to I0.5 at state 1 40 µs + programmed filter time for I0.0 to I0.5 at state 0 40 µs + programmed filter time for I0.6 to I0.23 at state 1 150 µs + programmed filter time for I0.6 to I0.23 at state 0	
Insulation between channel and internal logic	1500 Vrms for 1 minute	
Insulation resistance between channel	None	
Minimum load	0.1 mA	
Contact resistance	≤ 30000 µOhm	
Load current	2 A 240 V AC resistive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 30 V DC resistive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 240 V AC inductive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 30 V DC inductive 30 cyc/mn relay outputs	
Mechanical durability	≥ 20000000 cycles relay outputs	
Electrical durability	≥ 10 outputs	

The information provided in this document contains general descriptions and/or technical characteristics of the products concerned. It is intended as a guide for use and is not intended to be used for determining suitability or reliability of these products for specific applications. It is the duty of any user or integrator to perform the appropriate and complete analysis, evaluation and testing of the products with respect to whether the product characteristics comply with any of the conditions or requirements of the user. The manufacturer is not responsible for any damage or loss of data or information caused by the use of the products.

Current consumption	5 mA 24 V DC at state 0 90 mA 5 V DC at state 1 128 mA 24 V DC at state 1 128 mA 24 V DC state 1 + input ON 170 mA 5 V DC at state 0 240 mA 5 V DC state 1 + input ON
I/O connection	Non-removable screw terminal block
Input/Output number	≤ 152 removable screw terminal block with I/O expansion module ≤ 208 spring terminal block with I/O expansion module ≤ 264 HE-10 connector with I/O expansion module
Network frequency	50/60 Hz
Supply voltage limits	85...264 V
Network frequency limits	47...63 Hz
Power supply output current	0.4 A 24 V DC sensors
Power supply input current	790 mA
Inrush current	≤ 35 A
Protection type	Power protection internal fuse
Power consumption in VA	65 VA 100 V 77 VA 264 V
Insulation resistance	> 10 MOhm at 500 V, between supply and earth terminals > 10 MOhm at 500 V, between I/O and earth terminals
Program memory	3000 instructions
Exact time for 1 K instruction	1 ms
System overhead	0.5 ms
Memory description	Internal RAM 256 internal bits, no floating, no trigonometrical Internal RAM 3000 internal words, no floating, no trigonometrical Internal RAM 128 timers, no floating, no trigonometrical Internal RAM 128 counters, no floating, no trigonometrical Internal RAM double words, no floating, no trigonometrical Internal RAM floating, trigonometrical
Free slots	1
Realtime clock	With ≤= 30 s/month 30 days
Port Ethernet	10BASE-T/100BASE-TX
Communication service	BOOTP client Ethernet TCP/IP Modbus messaging Ethernet TCP/IP

Positioning functions	PWM/PLS 2.7 kHz
Counting input number	2 20000 Hz 32 bits 4 5000 Hz 16 bits
Analogue adjustment points	1 point adjustable from 0...1023 1 point adjustable from 0 to 511 points
Marking	CE
Status LED	1 LED green PWR 1 LED green RUN 1 LED red module error (ERR) 1 LED user pilot light (STAT) 1 LED Ethernet status (LAN ST) 1 LED 10 or 100 Mbit/s rate (LACT) 1 LED per channel green I/O status
Product weight	0.525 kg

Environment

Immunity to microbreaks	10 ms
Dielectric strength	1500 V for 1 minute, between supply and earth terminals 1500 V for 1 minute, between I/O and earth terminals
Product certifications	CSA UL
Ambient air temperature for operation	0...55 °C
Ambient air temperature for storage	-25...70 °C
Relative humidity	30...95 % without condensation
IP degree of protection	IP20
Operating altitude	0...2000 m
Storage altitude	0...3000 m

Anexo 2. Hoja de especificaciones de Módulo Analógico TM2ALM3LT

Módulos de E/S analógicas TM2 - TM2ALM3LT

Presentación del módulo TM2ALM3LT

Características principales de TM2ALM3LT

Número de canales de E/S	2 entradas		1 salida	
Tipo de señal/sensor	Termopar	Sonda de temperatura	Tensión	Corriente
Tipo de entrada	Tipo J, K y T	Pt100	De 0 a 10 V CC	4...20 mA
Resolución	12 bits (4096 puntos)			
Tipo de conexión	Bloque de terminales de tornillos extraíbles			

Características del módulo TM2ALM3LT

Introducción

En esta sección se ofrece una descripción de las características eléctricas y de E/S del módulo **TM2ALM3LT**.

⚠ PELIGRO

PELIGRO DE INCENDIO

Utilice únicamente los tamaños de cable recomendados para los canales de E/S y fuentes de alimentación.

Si no se siguen estas instrucciones provocará lesiones graves o incluso la muerte.

⚠ ADVERTENCIA

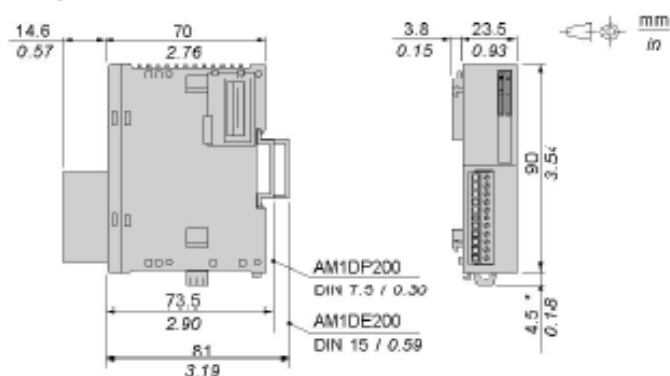
FUNCIONAMIENTO INESPERADO DEL EQUIPO

No supere ninguno de los valores nominales que se especifican en las tablas siguientes.

Si no se siguen estas instrucciones pueden producirse lesiones personales graves o mortales o daños en el equipo.

Dimensiones

En los diagramas siguientes se muestran las dimensiones del módulo de E/S analógicas **TM2ALM3LT**.



NOTA: * 8,5 mm (0,33 pulg.) cuando se extrae el cierre de clip.

Características generales del TM2ALM3LT

Tensión de alimentación nominal	24 V CC
Rango de tensión permitido	De 19,2 a 30 V CC, ondulación incluida
Durabilidad de conexiones y desconexiones del conector	100 veces como mínimo
Consumo de corriente interna 5 V CC	60 mA
Consumo de corriente interna 24 V CC	0 mA
Consumo de corriente externa 24 V CC	80 mA
Peso	85 g (3 oz)

Características de las entradas del TM2ALM3LT

Características:	Entrada de termopar	Entrada de sonda de temperatura
Rango de entrada	Tipo K: -270...1370 °C (-454...2498 °F) Tipo J: -200...760 °C (-328...1400 °F) Tipo T: -270...400 °C (-454...752 °F)	(RTD) Pt 100 De 3 conductores -100...500 °C (-148...932 °F)
Impedancia de entrada	250 Ω mín. (pte.)	1 MΩ mín.
Duración del muestreo	20 ms máx.	
Tiempo total de transferencia del sistema de entradas	80 ms + 1 tiempo de ciclo	
Tipo de entrada	Diferencial	
Modo de funcionamiento	Exploración automática	
Modo de conversión	Σ, Δ tipo ADC	
Tolerancia de entrada: desviación máxima a 25 °C (77 °F)	±0,2 % de la escala completa más la precisión de compensación de unión de referencia, máx. ±4 °C	±0,2 % de la escala completa
Tolerancia de entrada: variación de temperatura	±0,006 % de la escala completa/°C	
Tolerancia de entrada: se repite tras el tiempo de estabilización	±0,5 % de la escala completa	
Tolerancia de entrada: no lineal	±0,2 % de la escala completa	
Tolerancia de entrada: desviación máxima	±1 % de la escala completa	
Resolución	Tipo K y J: 14 bits Tipo T: 12 bits	

Características:	Entrada de termopar	Entrada de sonda de temperatura
Valor de entrada del LSB	K: 0.1 °C (32.18 °F) J: 0.1 °C (32.18 °F) T: 0.1 °C (32.18 °F)	0.1 °C (32.18 °F)
Tipo de datos del programa de aplicación	Entre 0 y 4095 Escalable de -32768 a 32767 ¹	
Detección de datos de entrada fuera de rango	SI ²	
Resistencia a ruidos: desviación temporal máxima durante perturbaciones	±3% como máximo cuando se aplica una tensión de bloqueo de 500 V CC al cableado de alimentación y de E/S	PT 100: ±1% de la escala completa
Resistencia a ruidos: cable	Se debe utilizar cable de par trenzado blindado.	
Aislamiento entre salida y alimentación externa	500 V CA	
Aislamiento entre salida, alimentación y circuitos de lógica interna	500 V CA por fotoacoplador	
Selección del tipo de señal de entrada analógica	Mediante el software de programación. Es posible combinar el tipo de entradas del módulo.	
Calibración o verificación para mantener la precisión nominal	Aproximadamente 10 años	

NOTA:

1. Los datos de 12, 13 o 14 bits (de 0 a 4.095) y de 10 bits (de 0 a 1.023) procesados en el módulo de E/S analógicas pueden convertirse de forma lineal a un valor comprendido entre -32.768 y 32.767. Los valores máximos y mínimos del rango opcional y de los datos de E/S analógicas pueden seleccionarse utilizando registros de datos asignados a módulos de E/S analógicas.
2. Cuando se detecta un error de entrada, el código de error correspondiente se almacena en un registro de datos asignado al estado de funcionamiento de las E/S analógicas.

Características de las salidas del TM2ALM3LT

Características:	Salida de tensión	Salida de corriente
Rango de salida	De 0 a 10 V CC	4...20 mA
Impedancia de carga	> 2 kΩ	300 Ω máx.
Tipo de carga de aplicación	Carga resistiva	
Duración de ajuste	10 ms	
Tiempo total de transferencia del sistema de salidas	10 ms + 1 tiempo de ciclo	

Características:	Salida de tensión	Salida de corriente
Tolerancia de salida: desviación máxima a 25° C (77° F)	±0,2% de la escala completa	
Tolerancia de salida: variación de temperatura	±0,015% de la escala completa/° C	
Tolerancia de salida: se repite tras el tiempo de estabilización	±0,5 % de la escala completa	
Tolerancia de salida: caída de tensión de salida	±1% de la escala completa	
Tolerancia de salida: no lineal	±0,2% de la escala completa	
Tolerancia de salida: ondulación de salida	1 LSB como máximo	
Tolerancia de salida: desbordamiento	0%	
Tolerancia de salida: desviación total	±1% de la escala completa	
Resolución	12 bits (4096 incrementos)	
Valor de salida del LSB	2,5 mV	4,8 µA
Tipo de datos del programa de aplicación	Entre 0 y 4095 Escalable de -32768 a 32767 ¹	
Conexión de alimentación externa	Detectada	Detectada ²
Resistencia a ruidos: desviación temporal máxima durante perturbaciones	±1% de la escala completa	
Resistencia a ruidos: cable	Se debe utilizar cable de par trenzado blindado.	
Aislamiento entre salida y alimentación externa	500 V CA	
Aislamiento entre entradas, alimentación y circuitos de lógica interna	500 V CA por fotoacoplador	
Selección del tipo de señal de salida analógica	Uso del software de programación	
Calibración o verificación para mantener la precisión nominal	Aproximadamente 10 años	

NOTA:

1. Los datos de 12 bits (de 0 a 4.095) y de 10 bits (de 0 a 1.023) procesados en el módulo de E/S analógicas pueden convertirse de forma lineal a un valor comprendido entre -32.768 y 32.767. Los valores máximos y mínimos del rango opcional y de los datos de E/S analógicas pueden seleccionarse utilizando registros de datos asignados a módulos de E/S analógicas.
2. Cuando se detecta un error de salida, el código de error correspondiente se almacena en un registro de datos asignado al estado de funcionamiento de las E/S analógicas.

ADVERTENCIA

FUNCIONAMIENTO INESPERADO DEL EQUIPO

- ◆ Utilice cables blindados donde se especifique para las entradas, las salidas y las conexiones de comunicación.
- ◆ Conecte correctamente a tierra el blindaje de los cables tal como se indica en la documentación relacionada.
- ◆ Enrute los cables de comunicación y de E/S separados de los cables de alimentación.

Si no se siguen estas instrucciones pueden producirse lesiones personales graves o mortales o daños en el equipo.

ADVERTENCIA

FUNCIONAMIENTO INESPERADO DEL EQUIPO

No conecte cables con terminales sin utilizar o marcados como "Not Connected (N.C.)".

Si no se siguen estas instrucciones pueden producirse lesiones personales graves o mortales o daños en el equipo.

NOTA: Para ayudarle a evitar interferencias con las señales analógicas, la fuente de alimentación del módulo debe encenderse y apagarse al mismo tiempo que la fuente de alimentación del controlador base.

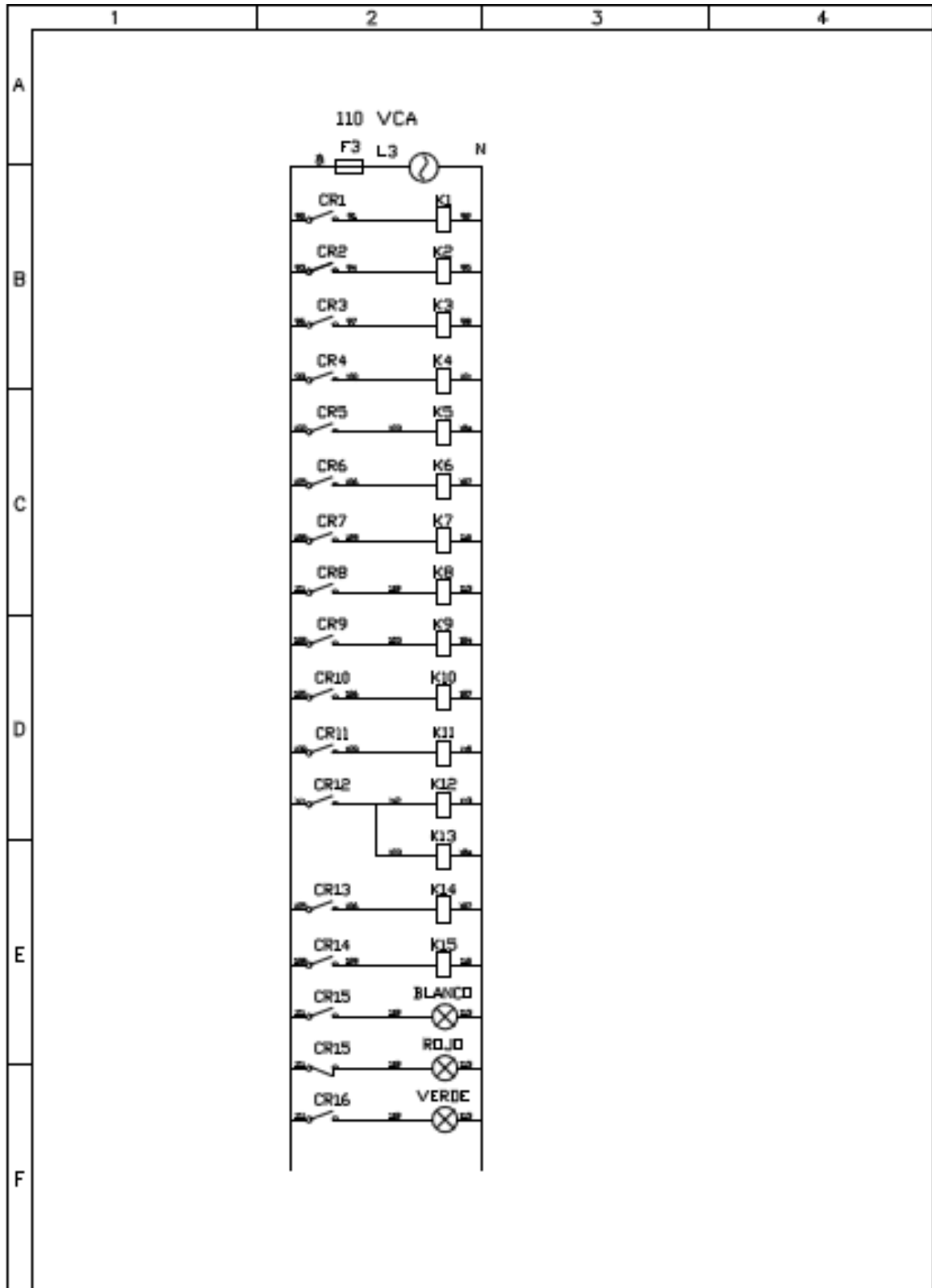
ADVERTENCIA

FUNCIONAMIENTO NO DESEADO DEL EQUIPO

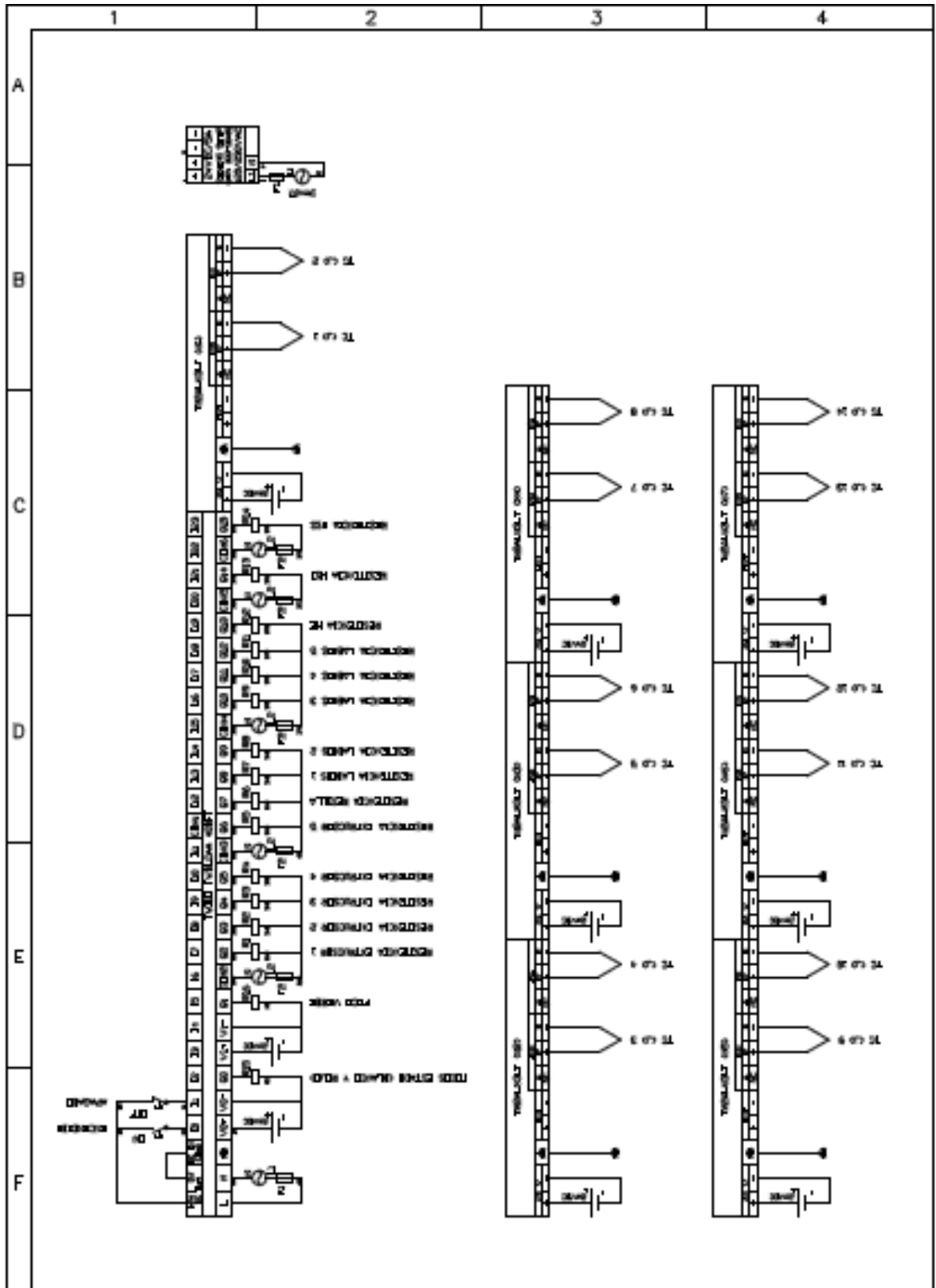
Encienda y apague al mismo tiempo las fuentes de alimentación del módulo y del controlador asociado.

Si no se siguen estas instrucciones pueden producirse lesiones personales graves o mortales o daños en el equipo.

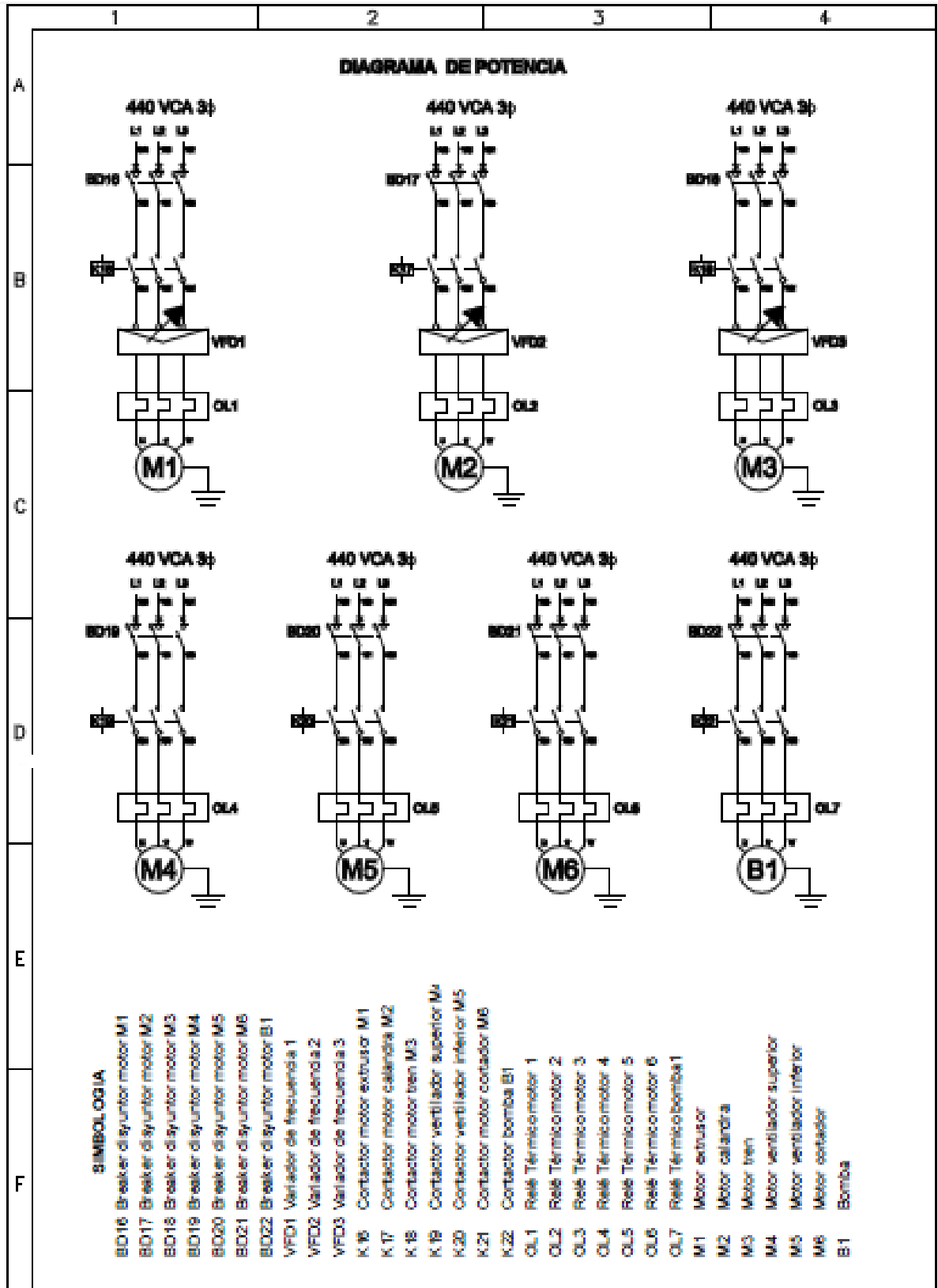
Anexo 3. Circuito Eléctrico de Mando para la Máquina 1.



Anexo 4. Circuito de Control del PLC y Módulos de Ampliación



Anexo 5. Diagrama de Potencia de los Motores



Anexo 7. Instructivo para el Arranque y paro de la Máquina 1 de la planta Techoluz de Tubasec C.A.

INSTRUCTIVO PARA EL ARRANQUE, CAMBIO DE PROGRAMA Y PARO DE MAQUINA

CONTENIDO

- 1. OBJETO**
- 2. ALCANCE**
- 3. IDENTIFICACION**
- 4. PROCEDIMIENTO**

1. OBJETO

Este instructivo detalla las actividades para la puesta en marcha, cambio de programa y paro de máquina en la fabricación de láminas de polipropileno.

2. ALCANCE

Abarca el arranque de máquina, cambio de programa, el paro y el enfriamiento de la maquinaria.

3. IDENTIFICACION

El presente instructivo se identifica con el código:

T.TL.EL.7.5.1 I01 P02

“Instructivo para el arranque, cambio de programa y paro de la Máquina 1 de Techoluz”

4. PROCEDIMIENTO

4.1. INSTRUCCIONES PARA EL ARRANQUE DE MAQUINA DE TECHOLUZ

Para el arranque de la máquina de techo luz, se debe aplicar las siguientes instrucciones:

- 4.1.1.** Revisar que los elementos de control, tanto eléctricos como mecánicos y/o automáticos se encuentren en adecuadas condiciones de operación y calibrados para su normal funcionamiento.
- 4.1.2.** Dar un clic de inicio mediante la interfaz grafica, o a su vez pulsar el botón físico de inicio(ubicado en el tablero eléctrico), para con ello establecer las temperaturas ya saeteadas tanto para las rejillas como para el labio laminador :

PERFIL DE TEMPERATURA DE LABIO

Zona Rejilla.....	200°C
LG 1.....	190°C
LG 2.....	215°C
LG 3.....	250°C
LG 4.....	250°C
LG 5.....	215°C

4.1.3. Cuando las resistencias del labio estén a temperatura prefijadas, luego de una hora aproximadamente, de manera automática, el programa enciende las resistencias del cañón extrusora y la zona de termoformado, permitiendo así llegar a la temperaturas requeridas en estos punto:

PERFIL DE TEMPERATURA DE LA EXTRUSORA

CG 1.....	240°C
CG 2.....	240°C
CG 3.....	240°C
CG 4.....	240°C
CG 5.....	240°C

PERFIL DE EMPERATURA DE TERMOFORMADO

Horno de Entrada.....	195°C
Horno Superior.....	195°C
Horno Inferior.....	195°C

4.1.4. Encienda la bomba de circulación de agua y enfríe la cámara separadora de la tolva y la extrusora. Regule la temperatura de formación de la lámina (20-40°C).

- 4.1.5.** Luego que todos los elementos de la máquina se han encendido y regulado; se compara las temperaturas de los termómetros , para que cumplan con los perfiles de temperatura indicados, además con el uso de la pinza amperométrica, verificar que las resistencias eléctricas se encuentren funcionando correctamente.
- 4.1.6.** Asegúrese que existe material molido en la tolva de la extrusora.
- 4.1.7.** Encienda le motor de la extrusora para empezar la fundición del material molido, hasta que se desprenda del labio laminador, cuando el aporte del material fundido sea homogéneo en toda la longitud se corta el flujo.
- 4.1.8.** Dar marcha a la calandra e introducir el material fundido en los rodillos o laminadores y guíe hasta que se forme una placa plana.
- 4.1.9.** Para captar el material, se acerca la extrusora a la calandra, si es necesario.
- 4.1.10.** Verifique que el material fundido se extienda en los rodillos laminadores, ubicada para captar el material.
- 4.1.11.** Corte el inicio de la placa obtenido y guíe la placa por el rodillo tensor; regule el espesor y el ancho de la lámina.
- 4.1.12.** Conduzca la lámina hacia el tren de termoformado, levantando el horno de entrada superior y guíe hasta las ruedas de aluminio precalentadas. Regule la presión mediante la subida /bajada del tren y la tensión mediante la regulación de la velocidad del motor-variador del tren de termoformado; encienda el horno de entrada una vez que se tense la lámina
- 4.1.13.** Tener cuidado con la lámina que esté extendida, esta podría tener contacto con las partes motrices (piñones, cadenas) y guiarla hacia la mesa de corte calibrando la altura del tren de acuerdo a la altura de onda y características especificadas en la norma.
- 4.1.14.** Encender el sistema de enfriamiento, la lamina pasa por unas cámaras de enfriamiento para estabilizar el termo conformado del polipropileno cuyo cambio brusco de temperatura guarde su memoria, es decir su estabilización.

4.1.15. Una vez estabilizada as características requeridas (espesor, longitud de onda, características de perfil de producción), se empieza a producir con la mezcla preparada, controlando el espesor y la longitud de acuerdo al programa de producción, emitida por el Director de Fábrica, para que se pueda empezar a sellar y apilar el producto terminado.

4.2. INSTRUCCIONES PARA CAMBIO DE PROGRAMA DE FABRICACION DE TECHOLUZ.

Para el cambio de programa de fabricación de láminas de polipropileno se deben aplicar las siguientes instrucciones:

4.2.1. Dejar que se termine de consumir todo el material que se encuentra en la tolva, y colocar el material molido para limpieza de máquina y circuitos tanto de tornillo, labios y calandra. Colocar material mezclado sea este de colores o según órdenes de producción emitida por el Director de Fábrica.

4.2.2. Regular las temperaturas de diferentes zonas a la mitad de las temperaturas anteriormente establecidas, como lo indica la tabla 1.

ZONAS	TEMPERATURA °C
CG1	120
CG2	120
CG 3	120
CG4	120
CG 5	120
Zona Rejilla	100
LG 1	95
LG 2	108
LG 3	125
LG 4	125
LG 5	108

Tabla 1. Regulación de Temperatura

4.2.3. Cuando la placa de formación salga hasta la mesa de corte, se procede a apaga el moto-variador del tren de termoformado y se

apaga el sistema de enfriamiento de la máquina (superior e inferior) del tren de termoformado.

- 4.2.4. Cuando los tres rodillos de la calandra se hallan enfriado completamente se apaga la bomba de recirculación de agua del sistema de enfriamiento de los rodillos y se apaga el moto-variador de la calandra.
- 4.2.5. Retirar los pernos del bloque, del lado derecho del labio laminador y colocar una cuña de bronce (82cm para perfil Z3 – 92cm para perfil P7) y se colocan los pernos en su posición inicial.
- 4.2.6. Levantar el tren de formación a la posición cero y retirar las campanas superiores del sistema de enfriamiento, del tren de termoformado.
- 4.2.7. .levantar el horno de salida superior y desmontar los pernos de los ejes superiores N° 9, 10, 11, 12, 13, 14 con ayuda del puente grúa, retirar los pernos y las chumaceras de los ejes para que se puedan retirar las ruedas de aluminio como se indica en la tabla 2.

PERFIL	EJE	FILAS	PERFIL	EJE	FILAS
Z3 P3	14	2, 3, 4	P7	14	6
	13	2, 3, 4		13	6
	12	2, 3, 4		12	6
	11	2, 3, 4		11	6
	10	2, 3, 4		10	6
	9	2, 3, 4		9	6
	7	1		7	5

Tabla 2. Filas a retirar

NOTA: En caso de querer aumentar las ruedas, éstas se deben colocar en el orden inverso al indicado en la tabla anterior, dependiendo del perfil de fabricación.

- 4.2.8. Verificar la alineación de los ejes y ruedas a la medida inicial.
- 4.2.9. Montar el horno de solda superior y las campanas de enfriamiento y pones en marcha el tren de formación con los hornos calibrados.
- 4.2.10. Se procede como en los ítems: 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4 al 4.1.2 del procedimiento de arranque de máquina.

4.3. INSTRUCCIONES PARA PARO DE MAQUINA DE TECHOLUZ

Para el paro de maquina se procede de la siguiente manera:

- 4.3.1.** Confirmar que se ha cumplido el programa de producción establecido y proceder como en el ítem 4.2.1 de cambio de programa de producción.
- 4.3.2.** Pulsar el botón de Apagado para desactivar los hornos de entrada, salida superior y salida inferior del tren de termoformado, además de las resistencias de la extrusora y del labio laminador.
- 4.3.3.** Repetir el paso 4.2.3 del cambio de programa de producción.
- 4.3.4.** Apagar y retirar los ventiladores que enfrían los motores de dos moto-variadores de la máquina y colocarlos en la bodega de herramientas.
- 4.3.5.** Desenergizar el tablero de control de la máquina, potencia 440V y mando 110V, y luego se asegura el tablero eléctrico con su respectiva llave.
- 4.3.6.** Retirar la máquina extrusora 20cm alejado de la calandra (hacia atrás) si lo es necesario.

ACCIONES PREVENTIVAS

- Mantener cuidados con los elementos eléctricos y las partes mecánicas de la máquina, tomar medida de seguridad y usar equipo adecuado
- Alinear y calibrar la máquina para que no se produzca avería al momento de producir.

ACCIONES CORRECTIVAS

- De existir alguna anomalía o de presentarse algún problema durante la producción, comunicar la líder de Techoluz.

5. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

- Utilizar EPP. Que su EPP no esté mojado, zapatos adecuados, guantes adecuados, gafas transparentes.
- Su ropa de trabajo por lo general tiene que tener mangas largas para descartar quemaduras.
- Utilice los guantes adecuados para altas temperaturas.
- Usar correctamente los EPP y COLECTIVA, proporcionadas por la empresa y cuidar sus conservación.
- Asegurarse que la fuente de alimentación eléctrica este desconectada.
- Para realizar esta labor se necesita de personal capacitado e instruido, tener cuidado con el personal nuevo, primero se debe dar una capacitación e instruir no menos a 3 semanas para que pueda realizar con esta labor.
- El material fluido que se encuentra en el piso, una vez estabilizada la máquina, se procede a retirar y transportar a los tanques respectivos para su disposición final.
- Para cualquier tipo de arreglos, en el tren de termoformado, la máquina se procederá a para completamente.
- Mantener orden y limpieza de todas las máquinas, herramientas empleadas en áreas de producción.

6. CONDICIONES AMBIENTALES

- Las tiras o materiales resultantes, roturas, virutas, y los residuos son reutilizados en el proceso productivo de Techoluz.
- Instruir y capacitar al personal sobre arranque, cambio e programa y paro de máquina.
- De la misma manera con los residuos de las rebabas, son recogidas y transportadas a su disposición final.