



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN

TEMA:

**“AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE UNA MÁQUINA
REACTIVADORA PARA LA EMPRESA PLASTICAUCHO
INDUSTRIAL S.A.”**

Informe de pasantía empresarial presentado como requisito para la obtención del
título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización

AUTOR: LUIS FERNANDO VELA GALARZA.

TUTOR: ING. DIEGO ORTIZ.

ABRIL 2007





**Universidad Técnica de Ambato, y
Plasticaucho Industrial S.A.**

A través de quienes colaboraron en la asesoría de este proyecto, proceden a:

**CERTIFICAR Y APROBAR EL INFORME DE PASANTÍA
EMPRESARIAL**

Ing. Diego Ortiz

Tutor Facultad de Ingeniería en Sistemas.

Ing. Guillermo Arias.

Coordinador PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.

Tec. Juan Carlos Caicedo

Coordinador PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.

Ambato, Abril 2007

DEDICATORIA

A DIOS, simplicidad y grandeza extraordinaria, dualidad que es evidente, en la luz y en la oscuridad, por guiarme hacia la luz del progreso y la sabiduría, por enseñarme a tener fé en los momentos difíciles y salir adelante.

Por ello dedicado a vos, esta mi labor.

A MIS PADRES:

Por ser el ejemplo latente de sacrificio y superación, forjadores de mi niñez y juventud quienes me dieron el don más preciado la VIDA, y que con abnegación y cariño supieron guiar mis pasos para llegar a ser una persona de bien.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos, y a mis extrañables amigos, personas que dan alegría y luz a mi vida.

A la prestigiosa FIS-UTA, a sus profesores por la educación y formación profesional recibida dentro de sus aulas.

A PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A, mi sentido de gratitud permanente y de reconocimiento para todas las personas involucradas en esta organización: accionistas, ejecutivos, administrativos, técnicos y personal operativo sin exceptuar ningún miembro que de una u otra manera colaboraron con todo su entusiasmo, con ayudas desinteresadas para la ejecución de este proyecto.

Un agradecimiento profundo para el Ing. Diego Ortiz, y al Sr Juan Carlos Caicedo quienes supieron guiarme, para que el presente proyecto llegue a un feliz término.

® Derechos de Autor

Luis Fernando Vela Galarza.

2007

RESUMEN

Este trabajo denominado “automatización y control de una máquina reactivadora”, explica el proceso de automatización y control de maquinaria en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.

Da pautas claras de cómo se mejoró el proceso de secado de zapatos en el círculo de montaje 1, para una mejor realización de sus productos y llevar un control historial y estadístico de las temperaturas en las zonas de secado y reactivado por medio de la adquisición de datos a través de Labview.

El fácil uso que se dio al operador para el manejo de la máquina y la reducción de productos defectuosos llevando esto a la eliminación de reprocesos y actividades no productivas.

Lo principal de este documento es la automatización y control de una máquina reactivadora, presentado como caso práctico- evitando ahondar en teoría llevando un control en el proceso de secado.

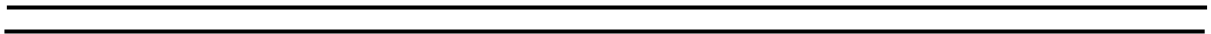
AUTORÍA

El presente trabajo de investigación **“AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE UNA MÁQUINA REACTIVADORA PARA LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.”** Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

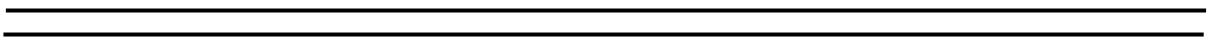
Ambato, Febrero 2007

.....
Vela Galarza Luis Fernando
C.I. 180331067-9

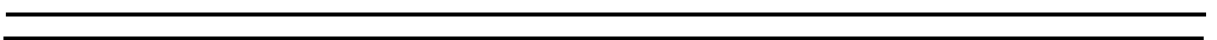
CAPÍTULO I



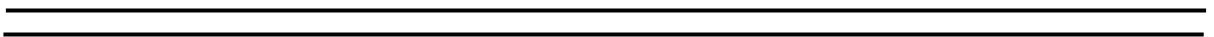
CAPÍTULO II



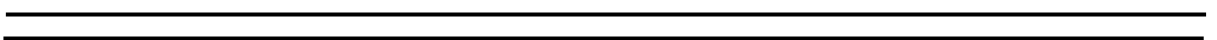
CAPÍTULO III



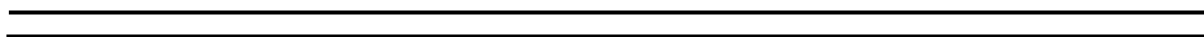
CAPÍTULO IV



CAPÍTULO V



CAPÍTULO VI



ANEXOS



CONTENIDO

CAPITULO I EL PROBLEMA

1.1 TEMA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1 INFORMACIÓN EMPRESARIAL: P.I.S.A.....	4
2.1.1 Reseña Histórica.....	5
2.1.2 Misión.....	6
2.1.3 Visión.....	6
2.1.4 Principios y Valores.....	6
2.1.5 Política de Calidad.....	7
2.1.6 Objetivos de la Calidad.....	7
2.1.7 Datos de Interés.....	8
2.2 FUNDAMENTACIÓN (TEORICO – TECNICA).....	9
2.2.1 Generalidades.....	9
2.2.2 Introducción.....	10
2.2.3 Definición.....	11

2.3 TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA.....	12
2.3.1 Clasificación de los Transductores de Temperatura.....	13
2.3.1.1 Termopares.....	13
2.3.1.2 Termocuplas.....	13
2.3.1.2.1 Principio de Funcionamiento.....	14
2.3.1.2.2 Tipos de termocuplas.....	17
2.3.1.2.2.1 Termocupla tipo J.....	17
2.3.1.2.2.2 Termocupla tipo K.....	17
2.3.1.2.2.3 Termocupla tipo T.....	17
2.3.1.2.2.4 Otras.....	18
2.3.1.2.3 Linealización de las termocuplas.....	18
2.3.1.2.4 Selección de termocuplas.....	20
2.4 PLC.....	21
2.4.1 Introducción.....	21
2.4.2 Campos de aplicación.....	21
2.4.3 Ventajas e inconvenientes.....	22
2.4.3.1 Ventajas.....	23
2.4.3.2 Inconvenientes.....	24
2.4.4 Funciones básicas de un PLC.....	24
2.4.5 Nuevas Funciones de los PLC.....	25
2.4.6 Ciclo básico de trabajo de un PLC.....	26
2.4.7 Salidas del PLC.....	26
2.4.8 Selección de un Plc.....	27
2.5 MODOS DE CONTROL DE TEMPERATURA.....	27
2.5.1 Control Proporcional.....	27
2.5.2 Control proporcional-derivativo (PD).....	28
2.5.3 Control proporcional-integrativo (PI).....	29
2.5.4 Regulador ON – OFF.....	30
2.5.5 Controlador proporcional-integral-derivativo (PID).....	31

2.6 TERMINOS BASICOS.....	34
2.6.1 Relé.....	34
2.6.1.1 Tipos de relés.....	35
2.6.1.2 Estructura de un relé.....	35
2.6.1.3 Caracteristicas Generales.....	36
2.6.2 Relés de Estado Solido.....	36
2.6.2.1 Caracterisicas del Relés de Estado Solido.....	37
2.6.3 Fusible.....	38
2.6.4 Contactor.....	39
2.6.4.1 Partes de un contactor.....	39

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	43
3.4 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	43
3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	43

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1. PROCESO ACTUAL DE LA MÁQUINA.....	44
4.2. PROCESO NUEVO DE LA MÁQUINA.....	45

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	47
5.2. RECOMENDACIONES.....	48

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1 Análisis del proceso actual de la máquina reactivadora.....	49
6.2 Determinación del tipo de plc y módulos que se va ha utilizar.....	49
6.3 Determinación del tipo de control de temperatura.....	53
6.4 Diseño del tablero de control.....	54
6.5 Elaboración del programa para plc.....	54
6.6 Elaboración del programa para la pantalla del operador.....	56

REFERENCIA

BIBLIOGRAFIA.....	58
-------------------	----

ANEXOS

A.....	60
B.....	61
C.....	62
D.....	63
E.....	64
F.....	65
G.....	66
H.....	67
I.....	68
J.....	69
K.....	70
L.....	71
M.....	76
N.....	80
O.....	81

TABLAS

Tabla 1. Rango de Temperaturas.....	12
Tabla 2. Cuadro de Termocuplas.....	18

FIGURAS.

Fig. 1 Termocupla “J”.....	14
Fig. 2 Principio de Funcionamiento de una Termocupla.....	15
Fig. 3 Ley de la TC.....	16
Fig. 4 Linealización Termocupla.....	19
Fig. 5 Compensación de TC.....	19
Fig. 6 Ciclo de Trabajo de un Plc.....	26
Fig. 7 Control Proporcional.....	28
Fig. 8 Control proporcional-derivativo.....	29
Fig. 9 Control proporcional-integrativo.....	30
Fig. 10 Regulador ON – OFF.....	31
Fig. 11 Controlador proporcional-integral-derivativo.....	32
Fig. 12 Estructura de un Relé.....	35
Fig. 13 Fusibles.....	38
Fig. 14 Pantalla del operador.....	57

ANEXOS:

- A.- Lámina 1 Tablero de señalización.
- B.- Lámina 2 Tablero de control.
- C.- Lámina 3 Diseño del tablero.
- D.- Lámina 4 Distribución del Plc.
- E.- Datos Técnicos del PLC 226.
- F.- Datos Técnicos del Módulo de termocuplas 231.
- G.- Datos técnicos del módulo Internet (CP 243-1 IT).
- H.- Pantalla temperatura secado suela y corte.
- I.- Pantalla tiempo de reactivado y código de zapato.
- J.- Pantalla de entrada y salidas.
- K.- Pantalla de fallas.
- L.- Etapas en la elaboración del tablero de control.
- M.- Monitoreo en Labview.
- N.- Datos técnicos del panel OP77B.
- O.- Datos técnicos de la termocupla tipo K.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE UNA MÁQUINA REACTIVADORA PARA LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las industrias que desean mantenerse en el amplio mundo de la competitividad de sus productos o servicios deben acogerse a las nuevas tendencias y tecnologías con la finalidad de mejorar sus procesos y la calidad de estos.

Concientes de esta realidad, en nuestro país muchas de las Industrias están limitadas en cuanto a conocimientos sobre Automatización, la conciencia de nuestros empresarios y de los empleados debe estar orientada a una permanente capacitación en cuanto se refiere al campo de la Automatización, y este va a permitir que a mediano o corto plazo se mejore la calidad de los procesos o servicios.

Para la elaboración de los zapatos de cuero estos tienen que pasar por diferente tipo de maquinaria para su manufactura el cual se denomina círculo de montaje, el primer paso que se realiza es el proceso de reactivado, luego se realiza el prensado en dos diferentes tipos de prensa para finalmente pasar por el proceso de enfriamiento.

La Automatización de la máquina reactivadora busca contribuir la optimización del proceso de secado para la fabricación del calzado así como también proporcionar a los empleados un uso mas fácil y adecuado de la máquina, y así poder desarrollar sus funciones de manera eficiente; al mismo tiempo permite, optimizar los recursos para competir y mantenerse en el mercado, tendiendo a dar una mejor calidad de producto al cliente.

De no tomar en cuenta este problema se tendrá serias dificultades en el secado de las suelas y los zapatos se despegaran con mucha facilidad debido a que no se mantiene un control de temperatura adecuado y esto perjudicara en la economía de la empresa ya que tendrá que volver a realizar el proceso nuevamente.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Justifica esta investigación, la necesidad industrial de “PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.” para desarrollar la automatización y control de la máquina reactivadora del círculo de montaje cuero para optimizar el proceso y mejorar la tecnología con miras a la competitividad del mercado, con productos de calidad, para satisfacción del cliente, mejoramiento productivo de la región y del país.

Por consiguiente , la presente pasantía radica en proporcionar a la empresa un a solución factible, el cual permitirá determinar el tipo adecuado de control de temperatura que se necesita para la máquina reactivadora y así mejorar el proceso de secado que tiene la máquina actualmente, para que de esta forma se pueda optimizar el tiempo de fabricación del producto

Es por esto que se considera importante realizar la automatización y control de la máquina reactivadora por medio de un PLC ya que este es el principal proceso para la manufactura del producto en el círculo de montaje de cuero.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General:

- Diseñar el dispositivo para la Automatización y Control de la máquina reactivadora para la Empresa Plasticaucho Industrial S.A. para mejorar el proceso de fabricación del producto.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Identificar el tipo de proceso que realiza la máquina.
- Elaborar un programa en el PLC para el control del proceso.
- Facilitar al trabajador el uso de la máquina.
- Realizar un control de temperatura ideal para elaboración del producto

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 INFORMACIÓN EMPRESARIAL: P.I.S.A.

PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A., a la que también por sus siglas denominaremos P.I.S.A., en el desarrollo de este documento es una empresa que fabrica y comercializa calzado.

De sus marcas comerciales, “VENUS” es la más reconocida en el mercado. La compañía va creciendo conforme a las necesidades de sus clientes, no obstante cabe destacar que es la industria más grande de la provincia de Tungurahua, ha sido una de las pioneras en exportar productos no tradicionales y se ha mantenido en el ranking de las 200 más grandes empresas del país en los últimos años.

PISA por su tradición, tamaño, nivel competitivo (tecnología, talento humano) y calidad de sus productos se ha convertido en referente obligatoria a nivel regional, nacional e internacional en el sector industrial, especialmente en el ámbito del calzado.

Sus líneas de producción son:

1. Calzado de lona (Zapatillas)
2. Calzado de Cuero (escolares y casuales)
3. Calzado de Plástico (botas y sandalias)
4. Artículos de caucho (EVA's, plantas de caucho, pisos, tapetes)

Actualmente ha incursionado en la Comercialización de Terceras Líneas, afines a calzado y artículos de caucho, eva y pvc, con el objetivo de satisfacer las expectativas de los clientes.

La compañía mantiene cinco Oficinas Comerciales situadas en Quito, Guayaquil, Ambato, Cuenca y Santo Domingo; exporta a Colombia y Perú.

2.1.1 Reseña Histórica.

La compañía es una empresa familiar, las actividades industriales inician en 1931, su Fundador Don José Filomentor Cuesta Tapia, orienta la manufactura de sus productos a la fabricación de artículos de caucho y calzado en general bajo la marca VENUS, manteniendo su obra en constante crecimiento y evolución. Al fallecimiento del fundador en 1957 se transforma en “Venus Industrializadora del Caucho S.A.”, posteriormente en 1968 los hermanos Cuesta-Holguín fundan PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A

En 1972, la Planta se traslada al Km.2½ Panamericana norte de la ciudad de Ambato en el sector de Catiglata, donde inicia una nueva etapa de desarrollo y crecimiento, ocupando una superficie de 22.464m². En el 2003, la compañía traslada las operaciones de distribución de sus productos a las nuevas instalaciones, ubicadas en el Parque Industrial de la ciudad de Ambato, sobre una superficie de 85.000m²; donde se encuentran funcionando los almacenes de Materia Prima, Producto Terminado, y las líneas de producción de Mezclas de PVC y Calzado Plástico.

Las oficinas comerciales a nivel nacional, fueron inauguradas el 1 de Julio de 1972 en las ciudades de Ambato, Quito y Guayaquil, 7 años más tarde en Cuenca y la más reciente en Santo Domingo de los Colorados el 12 de Diciembre del 2002.

2.1.2. Misión

Hacemos camino al andar...sustentados en nuestros conocimientos, experiencias, tecnología, innovación y talento humano, para satisfacer a nuestros clientes y apoyar al desarrollo comunitario.

2.1.3. Visión

Grupo empresarial exitoso y competitivo, que produce y comercializa principalmente calzado para el mercado latinoamericano, cultivando la fidelidad de sus clientes y actuando responsablemente con la sociedad.

2.1.4. Principios y Valores

Plasticaucho Industrial S.A. basa su desarrollo en los siguientes principios y valores:

- Respetar la tradición de la organización, mantener el prestigio y reconocimiento de la marca Venus en el mercado y velar por el cumplimiento de los ideales de sus fundadores: honestidad, justicia, ética, solidaridad, lealtad y honorabilidad.
- Valorar a todos los colaboradores de la empresa y fomentar su desarrollo y crecimiento, creando las condiciones necesarias para conseguir su fidelidad, lealtad, entrega y compromiso, considerando su opinión y vinculando a sus familias en el cumplimiento de sus deberes.
- Manejar prudentemente los negocios de la compañía, utilizando herramientas de gestión adecuadas y precautelando el patrimonio de la organización.

- Cumplir las obligaciones legales, fiscales, sociales y financieras, con el estado, los proveedores, los clientes, sus colaboradores, la comunidad y sus accionistas.
- Utilizar el diálogo como medio para el entendimiento y solución de los problemas en general.
- Hacer de la innovación una característica fundamental de todas las tareas, fomentando el manejo eficiente de los recursos y la evolución continua de los procesos.
- Hacer que el cliente sea la razón de ser de la empresa, enfocando las acciones hacia la generación permanente de valor.

2.1.5. Política de Calidad

Estamos comprometidos con la satisfacción de nuestros clientes internos y externos, trabajando con eficacia en el diseño, producción y comercialización de calzado y productos de caucho, asegurando la mejora continua de la calidad y la eficiencia en los procesos. ''¹

2.1.6. Objetivos de la Calidad.

1. Mejorar la Satisfacción del Cliente Interno
2. Mejorar la Satisfacción del Cliente Externo
3. Mejorar la Eficacia en el Diseño de Producto
4. Mejorar la Eficacia de Producción
5. Mejorar la Eficacia en el Comercialización
6. Asegurar la Mejora Continua en la Calidad

¹ Manual de calidad del sistema de Gestión de Calidad de PISA, certificado ISO 9001:2000 por la SGS.

2.1.7. Datos de Interés.

RAZON SOCIAL: PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.

NORMA: ISO 9001:2000

**DIRECCION: Pan Norte Km. 2 ½, Sector Catiglata
Parque Industrial Ambato, IV Etapa**

TELEFONO: 03-2854717

FAX: 03-2854676

P.O.Box 18-01-0268 AMBATO – ECUADOR

2.2. FUNDAMENTACIÓN (TEORICO – TECNICA)

2.2.1 Generalidades

Muchas industrias están muy automatizadas, o bien utilizan tecnología de automatización en alguna etapa de sus actividades.

No todas las industrias requieren el mismo grado de automatización. La agricultura, las ventas y algunos sectores de servicios son difíciles de automatizar. Es posible que la agricultura llegue a estar más mecanizada, sobre todo en el procesamiento y envasado de productos alimenticios. Sin embargo, en muchos sectores de servicios, como los supermercados, las cajas pueden llegar a automatizarse, pero sigue siendo necesario reponer manualmente los productos en las estanterías.

El concepto de automatización está evolucionando rápidamente, en parte debido a que las técnicas avanzan tanto dentro de una instalación o sector como entre las industrias.

Cada una de estas industrias utiliza máquinas automatizadas en la totalidad o en parte de sus procesos de fabricación. 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.

Gracias a los avances de la tecnología y de la automatización, un único trabajador es capaz de controlar las actividades de una fábrica entera mediante un complejo panel de control.

2.2.2 Introducción.

Fases de estudio en la elaboración de un automatismo

Se deben realizar los siguientes pasos:

a) Estudio previo: es importante conocer, al mayor detalle posible, las características, parámetros de funcionamiento, las distintas funciones operativas a ejecutar, etc. de la máquina o proceso a automatizar.

b) Estudio Técnico- económico: en este punto se tienen en cuenta las distintas opciones posibles (lógica cableada o lógica programada). Se hace una evaluación desde el punto de vista técnico y económico, ya que a veces la mejor solución técnica resulta ser totalmente antieconómica.

c) Decisión final: con los estudios realizados, se debe optar por el automatismo más conveniente. Para tal decisión se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Ventajas e inconvenientes de cada opción en relación a su fiabilidad, vida media y mantenimiento.
- Posibilidad de ampliación y de aprovechamiento de lo existente, en cada caso.

- Ahorro desde el punto de vista de las necesidades para su manejo (ver si se cuenta con personal idóneo para operación y mantenimiento).

2.2.3 Definición

Medición y Control Industrial

La Temperatura es difícil de definir, ya que no es una variable tan tangible como lo es la presión, dado que en su caso, no podemos referirla a otras variables.

La temperatura es un estado relativo del ambiente, de un fluido o de un material referido a un valor patrón definido por el hombre, un valor comparativo de uno de los estados de la materia. Por otra parte, si, positivamente, podremos definir los efectos que los cambios de temperatura producen sobre la materia, tales como los aumentos o disminución de la velocidad de las moléculas de ella, con consecuencia palpable, tales como el aumento o disminución del volumen de esa porción de materia o posibles cambios de estado.

Existen dos escalas de temperatura o dos formas de expresar el estado relativo de la materia, estas son:

- Temperaturas absolutas
- Temperaturas relativas

Las escalas absolutas expresan la temperatura de tal forma que su valor cero, es equivalente al estado ideal de las moléculas de esa porción de materia en estado estático o con energía cinética nula.

Las escalas relativas, son aquellas que se refieren a valores preestablecidos o patrones en base los cuales fue establecida una escala de uso común.

En Sistema Métrico Decimal, las escalas relativas y absolutas son:

- la Escala Celsius o de grados Centígrados (relativa)
- la Escala Kelvin (absoluta)

En el Sistema de Medidas Inglesas, su equivalente son:

- La Escala Fahrenheit (Relativa)
- La Escala Rankine (Absoluta)

2.3 TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA

Los más comunes son: Termocupla, termoresistencia y elementos de estado sólido.

A fin de seleccionar el mejor sensor para una aplicación dada, se deben considerar varios factores, como ser rangos de temperatura, exactitud, velocidad de respuesta, costo y requerimientos de mantenimiento. Estos factores serán analizados a continuación en relación a aquellos dispositivos de uso más común en las industrias de proceso: termocuplas, termoresistencia, termistores, sistemas de dilatación y pirómetros de radiación u ópticos.

En la Tabla 1 se listan los rangos de temperatura medidos normalmente mediante sensores estándar. Estos rangos no representan los extremos alcanzables, sino los límites que pueden medirse con los dispositivos disponibles por lo general en el mercado y que son suministrados por la mayoría de los fabricantes. Se pueden medir mayores y menores temperaturas, pero generalmente con una menor exactitud y a un mayor costo.

Tabla 1 - Rangos de temperatura correspondientes a los métodos mas comunes de medición .

SISTEMA	RANGO EN °C
Termocuplas	-200 a 2800
Sistemas de dilatación	-195 a 760
Termoresistencia	-250 a 850
Termistores	12-195 a 450
Pirómetros de radiación	-40 a 4000

Tabla 1. Rango de Temperaturas

2.3.1 Clasificación de los Transductores de Temperatura

2.3.1.1 Termopares

El termopar se basa en el principio, del efecto que fuera descubierto en 1821 por Seebeck, que establece que cuando la unión de dos materiales diferentes se encuentra a una temperatura diferente que la del medio ambiente, a través de esos materiales circulará una corriente.

El uso de termopares en la industria se ha popularizado, ya que son altamente precisos y muchos más económicos que las termoresistencias.

Existen muchos métodos para realizar mediciones prácticas de temperatura. De todos ellos, unos fueron desarrollados para aplicaciones particulares mientras que otros han ido cayendo en desuso.

Esta forma de medición abarca el rango de temperaturas requerido para la mayoría de las mediciones exigidas.

2.3.1.2 Termocuplas

Las termocuplas son el sensor de temperatura más común utilizado industrialmente.

Normalmente las termocuplas industriales se consiguen encapsuladas dentro de un tubo de acero inoxidable ú otro material (vaina), en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido adentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

Por ejemplo, una termocupla "tipo J" está hecha con un alambre de hierro y otro de constantán (aleación de cobre y níquel) Al colocar la unión de estos metales a 750 °C, debe aparecer en los extremos 42.2 milivolts.

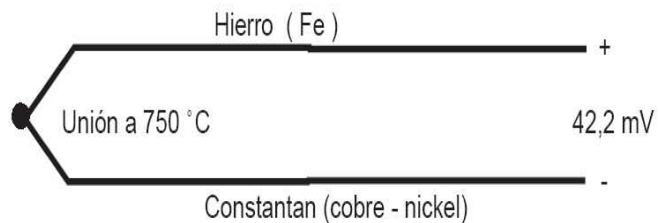


Fig. 1 Termocupla “J”

2.3.1.2.1 Principio de Funcionamiento

Si se presenta un gradiente de temperatura en un conductor eléctrico, el flujo de calor creará un movimiento de electrones y con ello se generará una fuerza electromotriz (FEM) en dicha región. La magnitud y dirección de la FEM será dependientes de la magnitud y dirección del gradiente de temperatura del material que conforma al conductor. Las termocuplas se basan para su funcionamiento en el efecto SEEBEK:

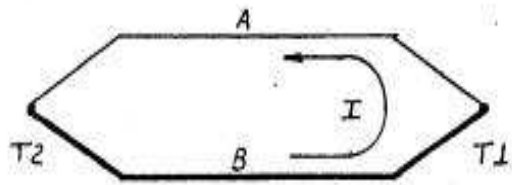


Fig. 2 Principio de Funcionamiento de una Termocupla

Calentado la juntura de dos materiales distintos que componen un circuito cerrado, se establece una corriente.

Las leyes principales que rigen su funcionamiento son:

1) Ley de Homogeneidad del circuito: No se puede obtener corriente calentando un solo metal. (Efecto Thompson)

2) Ley de Metales Intermedios: La sumatoria de las diferencias de potencial térmicas es cero en un circuito con varios metales, si estos están a temperatura uniforme.

En la figura siguiente ambos instrumentos marcarán igual, es decir la corriente circulante dependerá en ambos casos de T_1 y T_2 exclusivamente.

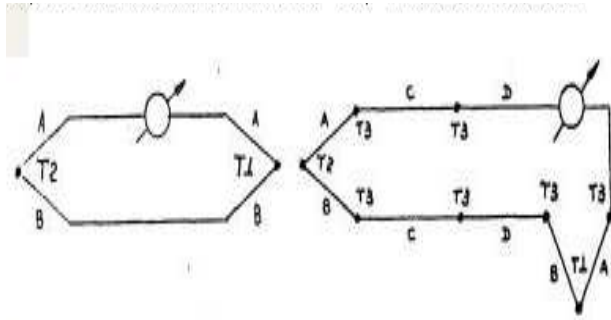


Fig. 3 Ley de la TC

3) Ley de Temperaturas intermedias: La fuerza electromotriz térmica de una TMC no depende de las temperaturas intermedias.

La tensión de una Termocupla cuyas juntas se hallan a temperaturas T y TR respectivamente es:

$$E = K_1 (T - T_R) + \frac{K_2}{2} (T^2 - T_R^2) + K_3 (T^3 - T_R^3)$$

Se ve que a medida que (T - TR) crece la respuesta se hace no-lineal.

Es deseable entonces para que una TMC tenga un gran rango de medición, que:

- a) K_1 SEA lo mayor posible
- b) $K_2, K_3 \dots K_n$ SEAN lo menor posible
- c) El punto de fusión de sus metales componentes sea lo mayor posible.
- d) Gran resistencia al ataque químico.

2.3.1.2.2 Tipos de termocuplas

Existen una infinidad de tipos de termocuplas, en la tabla aparecen algunas de las más comunes, pero casi el 90% de las termocuplas utilizadas son del tipo J ó del tipo K.

2.3.1.2.2.1 Termocupla tipo J

Las termocuplas tipo J se usan principalmente en la industria del plástico, goma (extrusión e inyección) y fundición de metales a bajas temperaturas (Aluminio).

2.3.1.2.2.2 Termocupla tipo K

La termocupla K se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300 °C, por ejemplo fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos.

2.3.1.2.2.3 Termocupla tipo T

Finalmente las tipo T eran usadas hace algún tiempo en la industria de alimentos, pero han sido desplazadas en esta aplicación por los Pt100

2.3.1.2.2.4 Otras

Las termocuplas R, S, B se usan casi exclusivamente en la industria siderúrgica (fundición de acero).

TC	Cable + Aleación	Cable - Aleación	Rango (Min, Max)	Volts Max
			°C	mV
J	Hierro	cobre/níquel	(-180, 750)	42.2
K	Níquel/cromo	Níquel/aluminio	(-180, 1372)	54.8
T	Cobre	Cobre/níquel	(-250, 400)	20.8
R	87% Platino	100% Platino	(0, 1767)	21.09
	13% Rhodio			
S	90% Platino	100% Platino	(0, 1767)	18.68
	10% Rhodio			
B	70% Platino	94% Platino	(0, 1820)	13.814
	30% Roído	6% Rhodio		

Tabla 2. Cuadro de Termocuplas

2.3.1.2.3 Linealización de las termocuplas

La dependencia entre el voltaje entregado por la termocupla y la temperatura no es lineal (no es una recta), es deber del instrumento electrónico destinado a mostrar la lectura, efectuar la linealización, es decir tomar el voltaje y conociendo el tipo de termocupla, ver en tablas

internas a que temperatura corresponde este voltaje.

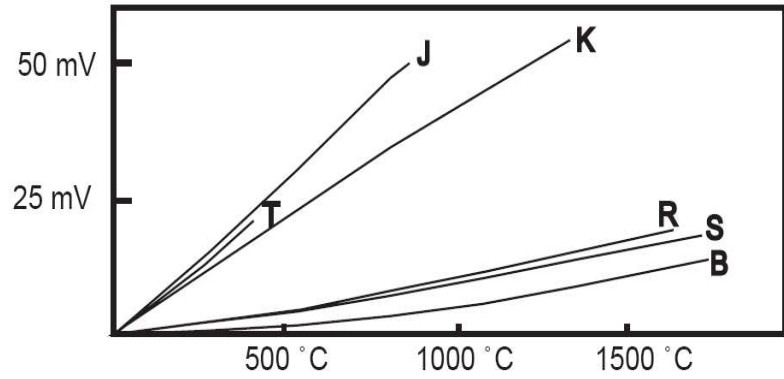


Fig. 4 Linealización Termocupla

"Compensación de cero"

El principal inconveniente de las termocuplas es su necesidad de "compensación de cero". Esto se debe a que en algún punto, habrá que empalmar los cables de la termocupla con un conductor normal de cobre.

En ese punto se producirán dos nuevas termocuplas con el cobre como metal para ambas, generando cada una un voltaje proporcional a la temperatura de ambiente (T_a) en el punto del empalme.

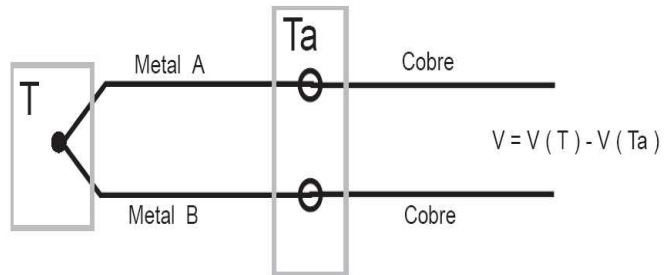


Fig. 5 Compesación de TC

Antiguamente se solucionaba este problema colocando los empalmes en un baño de hielo a cero grados para que generen cero voltaje ($T_a = 0$ y luego $V(T_a) = 0$). Actualmente todos los instrumentos modernos miden la temperatura en ese punto (mediante un sensor de temperatura adicional) y la suman para crear la compensación y obtener así la temperatura real.

El punto de empalme (llamado "unión ó junta de referencia") es siempre en el conector a la entrada del instrumento pues ahí está el sensor de temperatura. De modo que es necesario llegar con el cable de la termocupla hasta el mismo instrumento.

2.3.1.2.4 Selección de termocuplas

No se puede evitar el deterioro de los termopares a temperaturas altas. Mientras mayores sean éstas y más desfavorables las condiciones de operación será más rápido el daño. Una atmósfera altamente oxidante y reductora, reduce la vida de la termocupla. Esta condición se encuentra con alguna frecuencia y se puede notar su existencia por el aspecto del alambre de la termocupla. Se forma una gran cantidad de costra (oxidación) que fácilmente se desmorona.

2.4 Plc

2.4.1 Introducción

Un autómata programable industrial (API) o Programmable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

2.4.2 Campos de aplicación

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

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

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

Ejemplos de aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Máquinas transfer
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones:
 - Instalación de aire acondicionado, calefacción.
 - Instalaciones de seguridad
- Señalización y control:
 - Chequeo de programas
 - Señalización del estado de procesos

2.4.3 Ventajas e inconvenientes

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones me obligan a referirme a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

2.4.3.1 Ventajas

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.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

2.4.3.2 Inconvenientes

Como inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.

El costo inicial también puede ser un inconveniente.

2.4.4 Funciones básicas de un PLC

Detección:

Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

Mando:

Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.

Dialogo hombre máquina:

Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.

Programación:

Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata. El diálogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómata controlando la máquina.

2.4.5 Nuevas Funciones de los PLC

Redes de comunicación:

Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.

Sistemas de supervisión:

También los autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del computador

Control de procesos continuos:

Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

Entradas- Salidas distribuidas:

Los módulos de entrada salida no tienen porqué estar en el armario del autómata. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.

Buses de campo:

Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El

autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

2.4.6 Ciclo básico de trabajo de un PLC

Antes de iniciar el ciclo de ejecución, el microprocesador consulta el estado 0 ó 1 de la señal de cada una de las entradas y las salidas en la memoria. A continuación, el microprocesador elabora las sucesivas instrucciones del programa asignándole la señal a las salidas correspondientes. Esta asignación se mantiene hasta el final del siguiente ciclo, en el que se actualizan las mismas. El tiempo con que se realiza cada ciclo es del orden de los 5 a 10 ms/ 1K instrucciones.

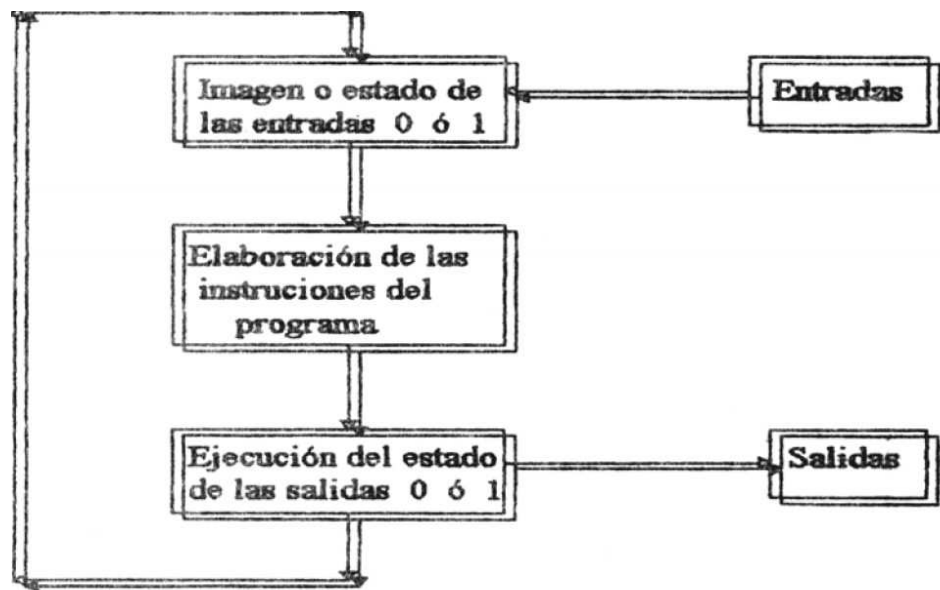


Fig.6 Ciclo de Trabajo de un Plc

2.4.7 Salidas del PLC

Las salidas digitales pueden ser:

- A Relés: se los utiliza cuando el consumo funciona con corriente alterna (1 o 2 Amperios) y la conmutación no es muy rápida. Se usa en cargas

como contactores, electro válvulas, solenoides en general.

- A transistores: se lo usa cuando las cargas son pequeñas (poco consumo), por ejemplo en circuitos electrónicos.

2.4.8 Selección de un Plc.

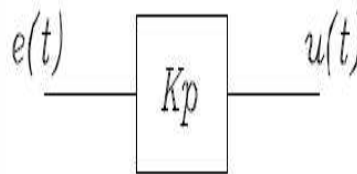
Los criterios cualitativos para la selección de un autómata programable son los siguientes:

- Ayudas al desarrollo de programas.
- Fiabilidad del producto.
- Servicios de suministrador.
- Normalización en planta.
- Compatibilidad con equipos de otras gamas.
- Costo.
- Previsión de repuestos.
- Número de entradas y salidas digitales.
- Número de entradas y salidas analógicas.
- Salidas a Relé o transistor.
- Tipo de Software.
- Interfaz de comunicación.
- Protocolo de comunicación, etc.

2.5 Modos de Control de temperatura

2.5.1 Control Proporcional

El control proporcional no es más que un amplificador de ganancia ajustable. Su objetivo es hacer más rápida la respuesta del sistema y reducir el error de régimen, lo que se consigue al incrementar la ganancia del controlador. Sin embargo, este incremento en la ganancia puede provocar que el sistema se haga cada vez más oscilatorio.



Kp sensibilidad proporcional o ganancia

Sea $G(s)$ la función de transferencia de la planta a controlar y el controlador proporcional de ganancia

K_P en lazo cerrado, llegamos al siguiente diagrama a bloques:

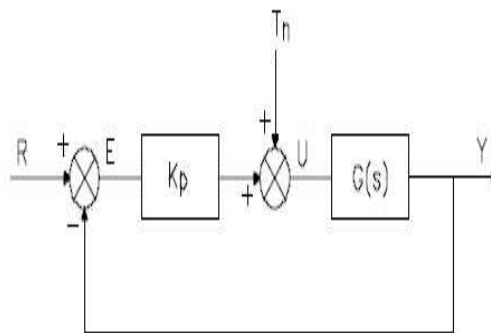


Fig. 7 Control Proporcional

2.5.2 Control proporcional-derivativo (PD)

En este tipo de controlador, la parte proporcional P ayuda a incrementar la velocidad de respuesta, mientras que la parte derivativa D tiene su mayor efecto en los transitorios y hace más amortiguado y estable al sistema. Este tipo de control responde a la velocidad de variación del error actuante y puede producir una

corrección significativa antes de que el error actuante se haga excesivo, esto significa que la acción derivativa se anticipa el error actuante, inicia una acción correctiva temprana y tiende a aumentar la estabilidad del sistema.

El hecho de que la parte derivativa añade amortiguamiento al sistema nos permite el uso de valores de ganancia K_P más elevado, lo que produce a su vez un mejoramiento en la exactitud del estado de régimen.

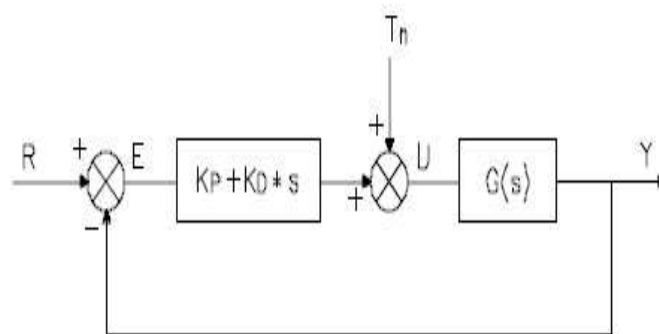


Fig. 8 Control proporcional-derivativo

El control PD es un control con alta sensibilidad. Su desventaja radica en que amplifica señales de ruido y puede producir un efecto de saturación en el acondicionador.

Para obtener esta característica derivativa se deriva directamente la señal de error y se le afecta por una constante a la que se denomina constante derivativa.

2.5.3 Control proporcional-integrativo (PI)

Si la función de transferencia del proceso no contiene un integrador ($1/s$), ello implicará que exista un error de régimen en la respuesta a escalón del sistema. Este corrimiento puede ser iluminado si se incluye la acción integrativa. Al aplicar esta acción, se puede dar el

caso de que la señal de control $u(t)$ tenga un valor diferente de cero cuando el error $e(t)$ es cero.

Este controlador tiene la desventaja de que puede llegar a causar problemas de inestabilidad.

Para la obtención de este tipo de acción se añade a la parte proporcional el resultado de integrar la señal de error habiendo afectado a ésta por una cierta constante a la que se denomina constante de integración.

A continuación se muestra un diagrama a bloques del sistema de control en lazo cerrado con un controlador PI.

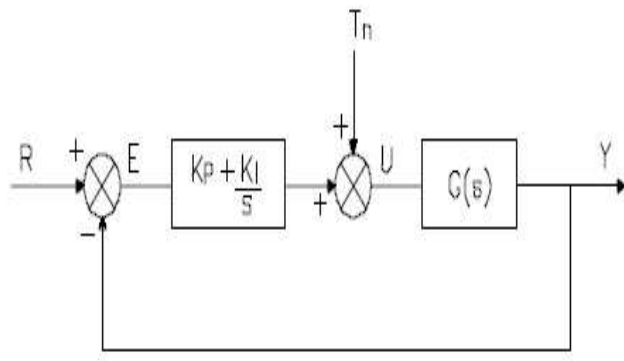


Fig. 9 Control proporcional-integrativo

2.5.4 Regulador ON – OFF

Es la regulación más simple y económica, interesante en numerosas aplicaciones en las que puede admitirse una oscilación continua entre dos límites, siempre y cuando se trate de procesos de evolución lenta. Como ejemplos podemos citar la regulación de nivel, de presión o de temperatura. Numerosos reguladores incorporan esta función básica, que además ofrece la máxima rapidez de respuesta y en ocasiones se recurre a este tipo de control cuando el error es grande, y se pasa de forma automática a otro tipo de regulación cuando el error se aproxima a cero.

En la siguiente figura se puede ver un diagrama de bloques y una representación de su funcionamiento: Gracias a la existencia de una histéresis (h), el número de conmutaciones se reduce notablemente. Sin histéresis, el accionador se activaría y desactivaría con demasiada frecuencia (grafica con línea fina). La histéresis es como una oposición a experimentar cualquier cambio y generalmente será un efecto perjudicial, por ejemplo, al descender una temperatura después de haber alcanzado un máximo, el sensor pudiera mantener el mismo nivel de señal hasta que la temperatura real descienda más de 8 grados, por ejemplo. Sin embargo, este efecto no es perjudicial en el tipo de regulador que tratamos: Su respuesta es de tipo todo-nada, de forma que se conecta cuando la variable regulada ha descendido hasta un valor ($-U$) por debajo del punto de consigna " c " y solo se desconecta cuando llega a otro valor ($+U$) por encima del punto de consigna. Así se establece un margen de variación en el que mantiene su estado el actuador.

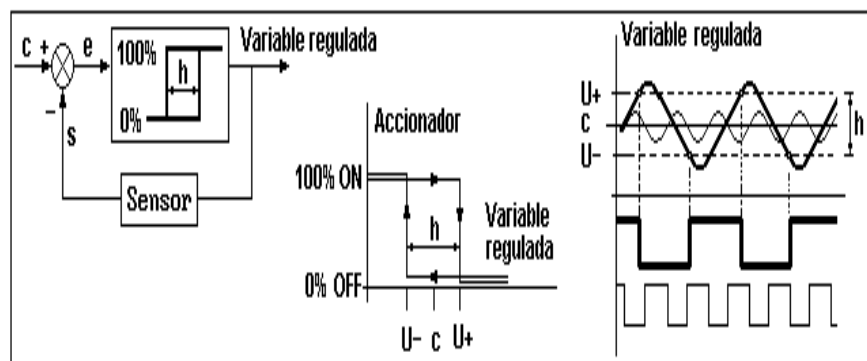


Fig. 10 Regulador ON – OFF

2.5.5 Controlador proporcional-integral-derivativo (PID)

El algoritmo de control mas ampliamente extendido es el PID, pero existen muchos otros métodos que pueden dar un control de mayor calidad en ciertas situaciones donde el PID no responde a la

perfección. El PID da buenos resultados en la inmensa mayoría de casos y tal vez es por esta razón que goza de tanta popularidad frente a otros reguladores teóricamente mejores. Los diseñadores de software de regulación pretenden que programar los nuevos sistemas de control sea tan fácil y familiar como el PID, lo que posibilitaría una transición sin dificultades.

Sea cual sea la tecnología de control, el error de regulación es la base a partir de la cual actúa el PID y se intuye que cuanto mas precisa sea la medida, mejor se podría controlar la variable en cuestión. Esta es la razón por la que el sensor es el elemento crítico del sistema. También se debe pensar en la instalación, especialmente en la forma en que se transmiten los datos del sensor hacia el regulador y posibles fuentes de interferencias.

Un regulador proporcional-integral-derivativo o PID tiene en cuenta el error, la integral del error y la derivada del error. La acción de control se calcula multiplicando los tres valores por una constante y sumando los resultados. Los valores de las constantes, que reciben el nombre de constante proporcional, integral y derivativa, definen el comportamiento del regulador.

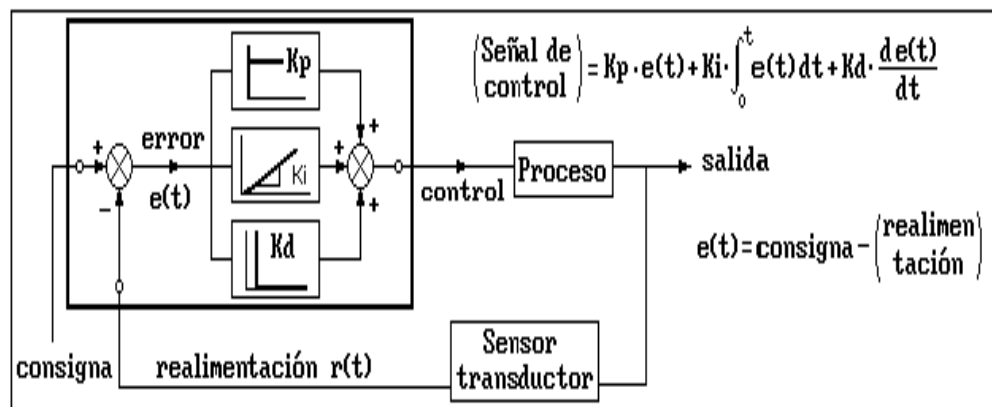


Fig. 11 Controlador proporcional-integral-derivativo

La acción proporcional hace que el PID responda enérgicamente cuando el error es grande, condición que aparentemente es necesaria y suficiente, pero no es así en la mayoría de los casos por dos razones fundamentales:

1.- Muchas veces la variable regulada aumenta o disminuye si no existe una acción que la mantenga invariable, por ejemplo un cuerpo desciende por gravedad, un fluido disminuye su nivel o presión si existe una vía de salida, un resorte tiende a adoptar la posición de mínima energía, etc. Cuando la variable se acerca al punto de consigna la acción proporcional se debilita y no vence la tendencia de la variable, alcanzando un reposo antes de lo previsto y por lo tanto manteniendo un error permanente.

2.- Aunque el error disminuye al aumentar la constante proporcional, no es correcto aumentar dicha acción todo lo necesario para conseguir un error muy pequeño, porque toda magnitud tiene cierta inercia a permanecer en su estado de reposo o de variación constante, responde desde el primer momento a la acción de control pero con cierto retraso o pereza, por ejemplo no podemos detener un móvil de forma instantánea, un motor no alcanza inmediatamente su velocidad nominal, etc. Si la acción proporcional es grande, la variable regulada se acercara al punto de consigna demasiado de prisa y seria inevitable un sobre pasamiento.

Por la primera razón expuesta se deduce la conveniencia de añadir otra acción que responda si el error se mantiene a lo largo del tiempo, algo parecido a una memoria histórica que tenga en cuenta la evolución del error. Así actúa la acción integral, que se encarga de mantener una respuesta cuando el error se anula, gracias al error que existió en el tiempo ya pasado. Esta respuesta mantenida contrarresta la tendencia natural de la variable.

Por la segunda razón expuesta, se comprende la necesidad de añadir otra acción que contrarreste la inercia del proceso, frenándolo cuando evoluciona demasiado rápido y acelerándolo en caso contrario, algo parecido a una visión de futuro que se anticipa a lo que previsiblemente ocurrirá. Así actúa la acción derivativa, conocida también como anticipativa por ese motivo.

La parte problemática es la sintonización, es decir, dar valores a las constantes que representan las intensidades con las que actúan las tres acciones. La solución a este problema no es trivial puesto que depende de como responde el proceso a los esfuerzos que realiza el regulador para corregir el error.

Si se considera un proceso con un retraso considerable y el error varía rápidamente por un cambio en consigna o en carga (perturbaciones), el regulador reaccionará de inmediato, pero como el sistema responde lentamente, la acción integral empezará a tomar mucha importancia y cuando llegue al punto de consigna mantendrá una acción muy intensa basada en el error existente durante el tiempo de retraso y produciendo un rebasamiento. En los procesos con mucho retraso, la acción integral debe ser pequeña según esta consideración.

Si el proceso presenta poco retraso, el término integral tendría poco peso respecto a las otras dos acciones porque los errores existen poco tiempo. En cambio, el término derivativo será de importancia porque el error varía con rapidez, debiendo utilizar una constante derivativa pequeña para evitar reacciones exageradas.

2.6 Terminos Básicos

2.6.1 Relé

Conmutador eléctrico especializado que permite controlar un dispositivo de gran potencia mediante un dispositivo de potencia mucho menor.

El relé es el dispositivo fundamental para la realización de automatismos eléctricos.

2.6.1.1 Tipos de relés.

- Relés electromecánicos:
 - A) Convencionales.
 - B) Polarizados.
 - C) Reed inversores.
- Relés híbridos.
- Relés de estado sólido.

2.6.1.2 Estructura de un Relé.

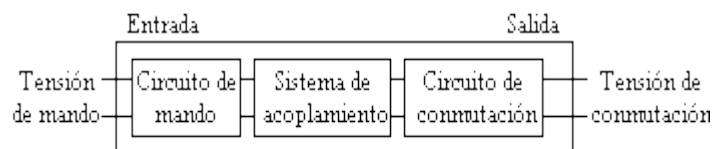


Fig. 12 Estructura de un Relé.

En general, podemos distinguir en el esquema general de un relé los siguientes bloques:

- Circuito de entrada, control o excitación.
- Circuito de acoplamiento.
- Circuito de salida, carga o maniobra, constituido por:

- circuito excitador.
- dispositivo conmutador de frecuencia.
- protecciones.

2.6.1.3 Características Generales.

Las características generales de cualquier relé son:

- El aislamiento entre los terminales de entrada y de salida.
- Adaptación sencilla a la fuente de control.
- Posibilidad de soportar sobrecargas, tanto en el circuito de entrada como en el de salida.
- Las dos posiciones de trabajo en los bornes de salida de un relé se caracterizan por:
 - En estado abierto, alta impedancia.
 - En estado cerrado, baja impedancia.

2.6.2 Relés de Estado Sólido

Un relé de estado sólido SSR (Solid State Relay), es un circuito electrónico que contiene en su interior un circuito disparado por nivel, acoplado a un interruptor semiconductor, un transistor o un tiristor.

Estructura del SSR:

- Circuito de Entrada o de Control:
Control por tensión continua: el circuito de entrada suele ser un LED (Fotodiodo), solo o con una resistencia en serie,

también podemos encontrarlo con un diodo en antiparalelo para evitar la inversión de la polaridad por accidente. Los niveles de entrada son compatibles con TTL, CMOS, y otros valores normalizados (12V, 24V, etc.).

Control por tensión Alterna: El circuito de entrada suele ser como el anterior incorporando un puente rectificador

integrado y una fuente de corriente continua para polarizar el diodo LED.

- **Acoplamiento.**

El acoplamiento con el circuito se realiza por medio de un opto acoplador o por medio de un transformador que se encuentra acoplado de forma magnética con el circuito de disparo del Triac.

- **Circuito de Conmutación o de salida.**

El circuito de salida contiene los dispositivos semiconductores de potencia con su correspondiente circuito excitador. Este circuito será diferente según queramos conmutar CC, CA.

2.6.2.1 Características del Relés de Estado Sólido.

- Gran número de conmutaciones y larga vida útil.
- Conexión en el paso de tensión por cero, desconexión en el paso de intensidad por cero.
- Ausencia de ruido mecánico de conmutación.
- Escasa potencia de mando, compatible con TTL y MOS.
- insensibilidad a las sacudidas y a los golpes.

- Cerrado a las influencias exteriores por un recubrimiento plástico.

2.6.3 Fusible

Dispositivo de seguridad utilizado para proteger un circuito eléctrico de un exceso de corriente. Su componente esencial es, habitualmente, un hilo o una banda de metal que se derrite a una determinada temperatura. El fusible está diseñado para que la banda de metal pueda colocarse fácilmente en el circuito eléctrico. Si la corriente del circuito excede un valor predeterminado, el metal fusible se derrite y se rompe o abre el circuito. Los dispositivos utilizados para detonar explosivos también se llaman fusibles.

Un fusible cilíndrico está formado por una banda de metal fusible encerrada en un cilindro de cerámica o de fibra. Unos bornes de metal ajustados a los extremos del fusible hacen contacto con la banda de metal. Este tipo de fusible se coloca en un circuito eléctrico de modo que la corriente fluya a través de la banda metálica para que el circuito se complete. Si se da un exceso de corriente en el circuito, la conexión de metal se calienta hasta su punto de fusión y se rompe. Esto abre el circuito, detiene el paso de la corriente y, de ese modo, protege al circuito.



Fig. 13 FUSIBLES

2.6.4 Contactor.

El contactor es un interruptor accionado a distancia por medio de un electroimán.

2.6.4.1 Partes del contactor.

Carcaza:

Es el soporte fabricado en material no conductor, con un alto grado de rigidez y rigidez al calor, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores del contactor.

Electroimán:

Es el elemento motor del contactor. Esta compuesto por una serie de elementos cuya finalidad es transformar la energía eléctrica en magnetismo, generando un campo magnético muy intenso, el cual a su vez producirá un movimiento mecánico.

Bobina:

Es un arrollamiento de alambre de cobre muy delgado y un gran numero de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético.

El flujo magnético produce un electromagnético, superior al par resistente de los muelles (resortes) que separan la

armadura del núcleo, de manera que estas dos partes pueden juntarse estrechamente.

Cuando una bobina se energiza con A.C la intensidad absorbida por esta, denominada corriente de llamada, es relativamente elevada, debido a que en el circuito prácticamente solo se tiene la resistencia del conductor. Esta corriente elevada genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo puede atraer a la armadura, a pesar del gran entrehierro y la resistencia mecánica del resorte o muelle que los mantiene separados en estado de reposo. Una vez que se cierra el circuito magnético, al juntarse el núcleo con la armadura, aumenta la impedancia de la bobina, de tal manera que la corriente de llamada se reduce considerablemente, obteniendo de esta manera una corriente de mantenimiento o trabajo mucho más baja.

Núcleo:

Es una parte metálica, de material ferromagnético, generalmente en forma de E, que va fijo en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina (colocada en la columna central del núcleo), para atraer con mayor eficiencia la armadura.

Armadura:

Elemento móvil, cuya construcción se parece a la del núcleo, pero sin espiras de sombra, Su función es cerrar el circuito magnético una vez energizada la bobina, ya que en este estado de reposo debe estar separado del núcleo, por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina entrehierro o cota de llamada.

Las características del muelle permiten que, tanto el cierre como la apertura del circuito magnético, se realizan en forma muy rápida (solo unos 10 milisegundos). Cuando el par resistente del muelle es mayor que el par electromagnético, el núcleo no lograra atraer la armadura o lo hará con mucha dificultad. Por el contrario, si el par resistente del muelle es demasiado débil, la separación de la armadura no se producirá con la rapidez necesaria.

Contactos:

Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente, tanto en el circuito de potencia como en circuito de mando, tan pronto se energice la bobina, por lo que se denominan contactos instantáneos.

Todo contacto esta compuesto por tres elementos: dos partes fijas ubicadas en la coraza y una parte móvil colocada en la armadura, para establecer o interrumpir el de la corriente entre las partes fijas. El contacto móvil lleva un resorte que garantiza la presión y por consiguiente la unión de las tres partes.

Contactos principales: Su función específica es establecer o interrumpir el circuito principal, permitiendo o no que la corriente se transporte desde la red a la carga.

Contactos auxiliares. Contactos cuya función específica es permitir o interrumpir el paso de la corriente a las bobinas de los contactares o los elementos de señalización, por lo cual están dimensionados únicamente para intensidades muy pequeñas.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo esta orientado a mejorar el método del proceso productivo de la empresa para mejorar la calidad y manufactura de los productos.

Unos de los principales objetivos de cualquier sistema de Automatización es hacer que la empresa alcance y mantenga estándares internacionales.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se clasifico según su propósito como un estudio de aplicación, debido a que su objetivo principal era la Automatización y Control de Maquinaria, a fin de dar una solución factible a la Empresa P.I.S.A, en un período de corto tiempo.

El método que utilicé para el desarrollo de la automatización y control de maquinaria fue el método científico ya que como es un proceso secuencial se necesito seguir un conjunto de pasos lógicos y ordenados a través de etapas que me permitió relacionar cada uno de ellos.

Este trabajo estuvo dado por una investigación de campo, la cual me permitió estar mas cerca del problema de estudio ya que se pudo observar el funcionamiento y tipo de accionamiento que tiene la máquina, en general permitió familiarizarnos con el problema.

También estuvo dada por una investigación bibliográfica - documental ya que fue necesario acudir a manuales de Automatización, Control Industrial y manuales de PLC existentes de diferentes autores y en el Internet necesarios para el desarrollo del proyecto como conceptos básicos.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.

De acuerdo con el tipo de investigación utilizada, el presente trabajo fue de tipo experimental ya que se pudo observar las diferentes variaciones que la automatización tiene.

3.4 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La información fue recolectada en un cuaderno de notas exclusivamente para la empresa.

Las técnicas que utilicé fueron:

La observación, ya que observamos la maquinaria y a las personas en su contexto cotidiano, los datos fueron obtenidos a través de la recopilación de la información existente en la empresa.

3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Una vez que se tuvo toda la información acerca del proceso que realiza la máquina, estos datos fueron revisados, para determinar si estaban dentro de los

parámetros de las expectativas y saber si satisfacían las interrogantes planteadas, ya obtenidos los resultados se realizó los registros correspondientes y la puesta en ejecución del proyecto.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1. FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LA MÁQUINA.

La máquina reactivadora es una de las más importantes dentro del proceso para la elaboración de calzado ya que de esta máquina depende que se continúe o no con el proceso en el círculo de montaje 1.

El funcionamiento actual que tiene la máquina reactivadora del círculo de montaje 1 de la empresa PISA es el siguiente:

Funcionamiento:

Para que la Máquina reactivadora comience su funcionamiento se debe encender un switch general, luego el operador debe encender cada zona de secado una por una y también la zona de reactivado y el transporte de la banda transportadora.

TC1

RPM

TC3

TC5



TC2



VR SFC



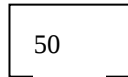
TC4



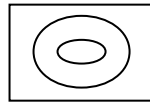
TC6



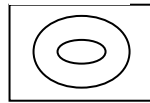
50



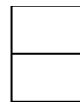
999



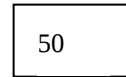
VR1



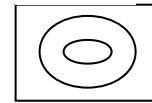
PB 2



50



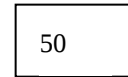
VR2



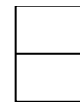
PB 3



50



PB 4



TC1.- Display reactivado Suela.

TC2.- Display reactivado Corte.

TC3.- Display secado zona 1 suela.

TC4.- Display secado zona 1 corte.

TC5.- Display secado zona 2 suela.

TC6.- Display secado zona 2 corte.

RPM.- Display velocidad del motor.

PB1. - Switch on-off reactivado.

PB2. - Switch On-off transporte.

PB3. - Switch On-off secado zona 1.

PB4. - Switch On-off secado zona 2.

Responsabilidades.

El operador debe:

1. Determinar la temperatura de trabajo de cada zona.
2. Determinar la velocidad de la banda transportadora.
3. Encender cada una de las zonas de trabajo de manera individual.
4. Encender el motor de la banda transportadora.
5. Medir la temperatura de la suela cada cierto tiempo y compararla con la temperatura que indica el display.
6. Registrar los datos de temperatura.

4.2. NUEVO FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.

Para mejorar el proceso de secado de la máquina reactivadora y así facilitar su uso al operador se hizo una simplificación de su funcionamiento ya que se redujo a un solo switch para poner en marcha la máquina (Anexo A) y así empezar el control PID de temperatura de las zonas de secado y reactivado automáticamente además el movimiento de la banda transportadora también es automático controlado por un final de carrera.

Nuevas Responsabilidades por parte de los Operadores.

El operador debe:

1. Setear en la pantalla el valor de temperatura de secado que se va a trabajar.
2. Setear en la pantalla el tiempo para mover la banda transportadora.
3. Activar en modo automático para el inicio de funcionamiento de la máquina.

Con los cambios realizados se facilitó el uso de la máquina al trabajador y con el tipo de controlador de temperatura PID se pudo alcanzar una temperatura casi similar entre la zona de secado, medido con la termocupla y la suela del zapato a su salida para con esto tener un buen pegado del zapato sin necesidad de realizar un reproceso.

Cabe indicar que la temperatura y el tiempo que se setea en el panel depende de la temperatura ambiente en que se encuentre la máquina, por ejemplo en las primeras horas de la mañana se tendrá un valor seteado de temperatura y tiempo mayor que los valores seteados en horas de la tarde.

Además de esta modificación se realizó la adquisición de datos mediante el software Labview la cual adquiere los datos cada minuto de todas las zonas de temperatura y se guardan estos datos automáticamente cada hora con un nombre específico y la hora de la adquisición en una ruta especificada de la computadora.

Finalmente con estos datos se pueden realizar diferentes análisis como graficas y promedios de temperatura para llevar una estadística del proceso de secado.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- La automatización permitió gobernar el funcionamiento del horno por medio de un plc y como es obvio todas las operaciones se realizarán ordenadas y con la sincronización más eficiente. Evitando al máximo los errores humanos; además permite un alto nivel de control de todos los parámetros de funcionamiento del equipo incluidos registros.
- Los valores seteados de temperatura dependen de la temperatura ambiente en que se encuentre el lugar (menor temperatura ambiente mayor valor seteado).
- Con la utilización de nuevos y modernos materiales en el proceso de secado se logró la disminución de operaciones y actividades no productivas.
- La visión del proceso de automatización es generar herramientas para el control y adquisición de datos de cada proceso.
- Con el proyecto se logró facilitar el uso de la maquinaria al operador.
- Con el control de temperatura PID se logró alcanzar una temperatura similar entre la zona de secado y la suela del zapato.
- El fin de toda entidad industrial es mejorar los procesos para tener una producción con la mínima cantidad de errores.

5.2. Recomendaciones.

- Realizar un mantenimiento preventivo de la máquina para su mejor funcionamiento.

- Capacitar al operario acerca de las temperaturas adecuadas que se debe tener para el secado de calzado y así evitar inconvenientes.
- Para el Plc tener en cuenta la capacidad ya determinada en el momento de la adquisición y la capacidad de expansión para nuevos módulos.
- Con la inclusión de nuevos materiales y equipos la empresa debe capacitar a los obreros sobre técnicas de control y manejo de nueva maquinaria.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1 Análisis del proceso actual de la máquina reactivadora

El primer paso que se tiene que realizar para cualquier tipo de automatización dentro de una industria es un estudio previo, para conocer, al mayor detalle posible las características, parámetros de funcionamiento, las distintas funciones operativas a ejecutar de la máquina que se va automatizar.

En este caso se realizó un estudio de la máquina reactivadora, su modo de funcionamiento (como se detalló en el capítulo IV), los componentes que tiene la máquina, así como también los circuitos de control y de fuerza para ver si cumplen nuestras expectativas y esta dentro de los parámetros para alcanzar la automatización.

Finalmente con todo lo estipulado anteriormente se concluyó que es posible alcanzar la automatización de la máquina reactivadora y se continuó con el proyecto.

6.2 Determinación del tipo de Plc y módulos que se va ha utilizar.

Luego de un análisis del funcionamiento y de los circuitos que tiene actualmente la máquina reactivadora se determino que:

La propuesta del nuevo tablero de control para la máquina reactivadora consta de los siguientes componentes:

Entradas:

- Selector Automático/manual para inicio del ciclo.
- Pulsador stop de emergencia para fin de ciclo.

- Micro interruptor para activación de la banda transportadora.

Para la activación de los componentes que tiene la máquina se requiere de las siguientes salidas:

Salidas:

- Luz encendido.
- Calefacción zona 1 suela.
- Calefacción zona 1 corte.
- Ventiladores zona 1.
- Calefacción zona 2 suela.
- Calefacción zona 2 corte.
- Ventiladores zona 3.
- Calefacción zona 3 suela.
- Calefacción zona 3 corte.
- Calefacción reactivado suela.
- Calefacción reactivado corte.
- Motor banda.
- Luz de emergencia
- Luz Falla

Con el selector automático/manual pone en funcionamiento el ciclo de la máquina reactivadora y activa las salidas especificadas de acuerdo a la secuencia del programa.

En este caso se requiere de 3 entradas para todos los pulsadores e interruptores, los cuales van a activar los diferentes elementos que tiene la máquina, como son

calefacciones, ventiladores y luces, por ende se requiere de 14 salidas de PLC en un principio para que funcione la máquina reactivadora correctamente.

Es por esto que se determinó de acuerdo al número de entradas y salidas que necesita la máquina reactivadora como también a las nuevas adecuaciones que se harán y a los cambios que se puedan realizar en un futuro la adquisición del PLC S7 226 DC/DC/DC 24In/16Out con salida a transistor (Anexo E) ya que este tiene la capacidad de soportar 7 módulos de expansión incluyendo un módulo de red.

Además de esto se necesitará dos módulos de termocuplas para la adquisición de datos ya que la máquina reactivadora tiene 8 termocuplas ubicadas en cada una de las zonas de secado. (Anexo F)

Para la adquisición de datos mediante el software LabVIEW se requiere de un módulo especial de red para establecer el enlace PC – PLC que es el módulo de ethernet (Anexo G).

El módulo Internet (CP243-1 IT) es un procesador de comunicaciones para conectar el sistema S7-200 a Ethernet Industrial (IE). El S7-200 se puede configurar, programar y diagnosticar vía Ethernet utilizando STEP 7 Micro/WIN. El S7-200 se puede comunicar con otros autómatas programables S7-200, S7-300 ó S7-400 vía Ethernet, así como con un servidor OPC.

Las funciones IT del módulo Internet (CP 243-1 IT) sirven para monitorizar y, en caso necesario, también para manejar sistemas de automatización con un browser WEB desde un PC integrado en la red. Los mensajes de diagnóstico se pueden enviar por correo electrónico desde un sistema. Las funciones IT permiten intercambiar fácilmente archivos enteros con otros ordenadores y autómatas programables.

Ethernet Industrial es la red para el nivel de control de proceso y el nivel de celdas del sistema de comunicación abierta SIMATIC NET. Desde el punto de vista

físico, Ethernet Industrial es una red eléctrica basada en hilos coaxiales apantallados, cables de par trenzado y una red óptica de conductores de fibra de vidrio. Ethernet Industrial se define en la norma internacional IEEE 802.3.

Funciones

El módulo Internet (CP 243-1 IT) incorpora las funciones siguientes:

- La comunicación S7 se basa en TCP/IP
- Comunicación IT
- Configuración
- Temporizador de vigilancia
- Posibilidad de direccionar direcciones MAC preajustadas (valor de 48 bits)

Con la adquisición de este tipo de PLC como también de los módulos para la adquisición de datos de las termocuplas, tenemos que tomar en cuenta algunos materiales para la implementación de la propuesta que se detallan a continuación:

Materiales	
Cantidad	Descripción
1	Plc s7 226 Dc/Dc/Dc
2	Modulo EM 231 AI4 TC
1	Modulo EM 241-11T ETHERNET CP

1	Pantalla Simatic OP 77B
1	Fuente 10 amp In 120/230-500 Vac salida 24V
1	Cable interfaz pantalla-plc
3 metros	Riel DIN
100	Borneras para riel DIN
100 metros	Cable flexible # 18
100 metros	Cable flexible # 14
50	Remaches 3/16
1 ciento	Numeradores
5 metros	Canaletas de 35mm
1	Tablero 90cm/70cm/22cm
1 ciento	Terminales para clipadora 18
1 ciento	Terminales para clipadora 14
8	Relé Interface 24 Vdc
1	Luz piloto amarilla (24V)
1	Luz piloto Verde (24 V)
1	Pulsador rojo con foco
1	Selector de posición (dos posiciones)
7	Fusibles (2 A) 10*38 mm
7	Portafusibles 10*38 mm

6.3 Determinación del tipo de control de temperatura.

Dentro de los diferentes tipos de modos de control de temperatura que existen en la actualidad el modo de control más utilizado dentro de la mayoría de las industrias es el PID.

El regulador proporcional-integral-derivativo o PID tiene en cuenta el error, la integral del error y la derivada del error. La acción de control se calcula multiplicando los tres valores por una constante y sumando los resultados. Los valores de las constantes, que reciben el nombre de constante proporcional, integral y derivativa, definen el comportamiento de este modo de control de temperatura.

6.4 Diseño del Tablero de Control.

Para la operación del proyecto en la planta se diseño un tablero de control el cual cuenta con funciones básicas para las diferentes operaciones y sencillas con los cuales se tendrá un fácil ajuste de los obreros a su manejo como son:

- Selector Automático/manual para inicio del ciclo.
- Pulsador stop de emergencia para fin de ciclo.
- Pantalla.

Un aspecto importante para el diseño del tablero es el espacio físico que se tiene dentro del círculo de montaje por esta razón se aprovecho el espacio del tablero anterior con unas pequeñas modificaciones. (Anexo A, B, C)

6.5 Elaboración del programa para Plc.

Los Plc son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la aplicación: al detectarse cambios en las señales, el Plc reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso.

La secuencia básica de operación del Plc se puede dividir en tres fases principales:

- Lectura de señales desde la interfaz de entradas.
- Procesado del programa para obtención de las señales de control.
- Escritura de señales en la interfaz de salidas.

A fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas; Entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal de entrada.

A esta acude la CPU en la ejecución del programa, y según se va obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal de salida. Una vez ejecutado el programa completo, esta memoria temporal de salida se transfieren todas a la vez

al módulo de salida y estas a su vez activan o desactivan relé, contactores, electroválvulas, etc.

El funcionamiento del autómeta es, salvo el proceso inicial que sigue a un Reset, de tipo secuencial y cíclico, es decir, las operaciones tienen lugar una tras otra, y se van repitiendo continuamente mientras el autómeta esté bajo tensión.

Proceso inicial del Plc.

Antes de entrar en el ciclo de operación el autómeta realiza una serie de acciones comunes, que tratan fundamentalmente de inicializar los estados del mismo y chequear el hardware como son:

- El bus de conexiones de las unidades de E/S.
- La conexión de las memorias internas del sistema.
- El módulo de memoria exterior conectado.

Si se encontrara algún error en el chequeo, se activaría el LED de error y quedaría registrado el código del error.

Comprobadas las conexiones, se inicializan las variables internas:

- Se ponen a OFF las posiciones de memoria interna (excepto las mantenidas o protegidas contra pérdidas de tensión)
- Se borran todas las posiciones de memoria imagen E/S.
- Se borran todos los contadores y temporizadores (excepto los mantenidos o protegidos contra pérdidas de tensión).

Transcurrido el *Proceso Inicial* y si no han aparecido errores el autómeta entra en el *Ciclo de Operación*.

Tiempo de ejecución y control en tiempo real

El tiempo total que el autómata emplea para realizar un ciclo de operación se llama tiempo de ejecución de *ciclo de operación* o más sencillamente tiempo de ciclo "Scan time".

Dicho tiempo depende de:

- El número de E/S involucradas.
- La longitud del programa usuario.
- El número y tipo de periféricos conectados al autómata.

Finalmente la distribución de entradas y salidas del Plc quedo de la siguiente manera como muestra el Anexo D.

6.6 Elaboración del programa para la pantalla del operador

Para la elaboración del programa para la pantalla que utilizará el operador y que será la interfase entre hombre - máquina se utilizó el software WinCC .

La pantalla tiene que ser bien diseñada y lo mas clara posible para que el operador entienda correctamente y pueda manejarla para el ingreso de los parámetros.

La pantalla que se seleccionó por su tamaño y por su fácil uso fue la pantalla OP77B (Anexo N).

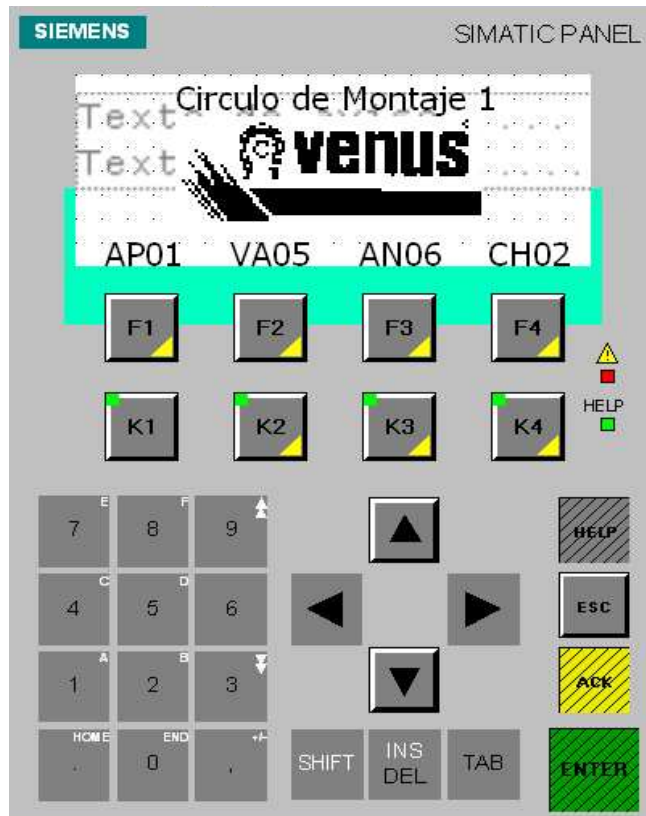


Fig. 14 Pantalla del operador.

Responsabilidades del operador:

- Navegar por las diferentes pantallas que tiene la máquina reactivadora para ingreso y monitoreo de datos.
- Ingresar los datos de temperatura de secado en todas las zonas (Anexo H)
- Ingresar tiempo de reactivado. (Anexo I)
- Ingresar código de zapato. (Anexo I)

Finalmente en caso de que ocurra algún problema en el funcionamiento de la máquina reactivadora se podrá ver la falla que tiene (Anexo K) la cual indicara en que zona ocurrió el problema.

REFERENCIA

BIBLIOGRAFIA

Libros:

BENJAMIN C. KUO, “Sistemas de control Automático” Séptima Edición.

VICTORIANO ANGEL MARTINEZ SANCHES, “Automatización Industrial y Moderna” Impreso por alfa omega Ra-Ma

WASHINGTON MEDINA G.. Guía para el Desarrollo de Trabajos de Grado.

Direcciones Internet.

<http://www.eui.upm.es/~wdoe/automatizacion.ppt>

<http://www.monografias.com/trabajos6/auti/auti.shtml>

<http://apuntes.rincondelvago.com/automatizacion.html>

<http://www.monografias.com/trabajos11/contact/contact.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos16/componentes-electronicos/componentes-electronicos.shtml>

<http://dctrl.fi-b.unam.mx/practicas/analogico/temperatura.pdf>

<http://es.geocities.com/jeeesusmeeerino/procesos/tipos/tipos.html>

http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm

http://csd.newcastle.edu.au/SpanishPages/clase_slides_download/C07.pdf

<http://www.usuario.com/informacion/Apuntes-De-Control-Pid/Apuntes%20De%20Control%20Pid-2.html>

<http://www.mda.cinvestav.mx/personal/webpersonal/jjalvarado/cinvetav/apen.htm>

<http://www.arian.cl/downloads/nt-001.pdf>

<http://electronica.eia.edu.co/PROYECTOS/biomedica/termocupla.htm>

http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/

<http://internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/her/tablas/termocuplaK.pdf>

<http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>

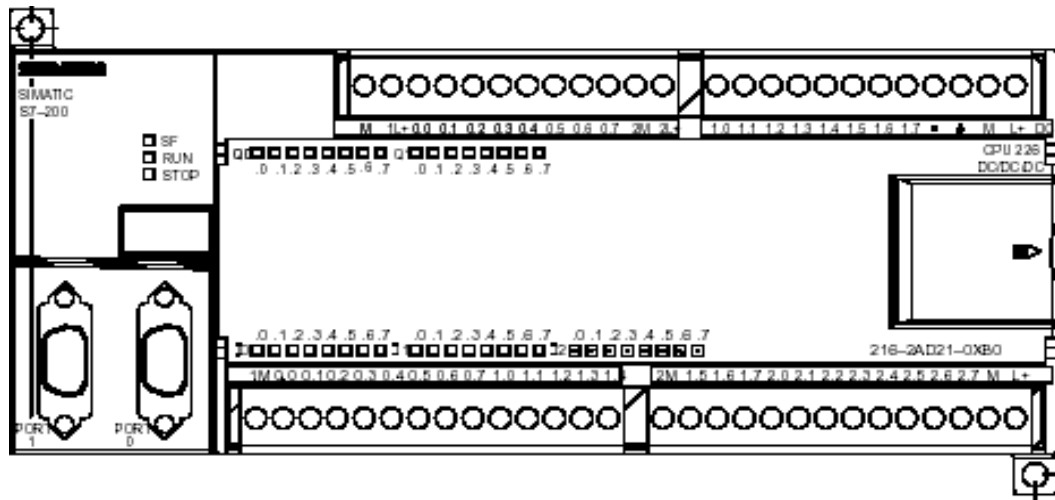
<http://www.uv.es/~marinjl/electro/reles.html>

<http://isa.uniovi.es/docencia/iea/plc.pdf>

http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/productbrief/es/kb_op77b_s.pdf

[http://www.seinsa.net/wdset_seinsa.nsf/2995E118DF195EFAC1256FA4002F8ADD/\\$file/S7-200_s.pdf](http://www.seinsa.net/wdset_seinsa.nsf/2995E118DF195EFAC1256FA4002F8ADD/$file/S7-200_s.pdf)

ANEXO E Datos Técnicos del PLC 226



Descripción

Nº de referencia

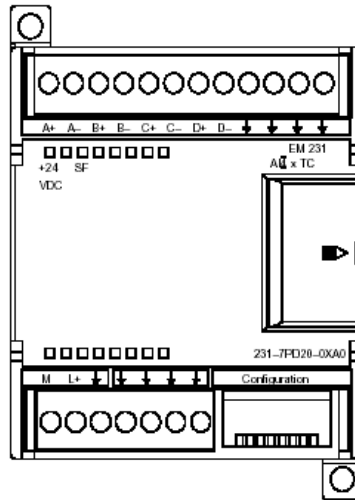
CPU 226 DC/DC/DC

Entradas digitales integradas	24 entradas
Salidas digitales integradas	16 salidas
Contadores rápidos (valor de 32 bits)	
Total	6 contadores rápidos
Contadores de fase simple de 30 kHz c/u	6, con una frecuencia de reloj máx.
Contadores de dos fases de 20 kHz c/u	4, con una frecuencia de reloj máx.
Salidas de impulsos 20 kHz	2 a una frecuencia de impulsos de
Potenciómetros analógicos	2 con resolución de 8 bits
Interrupciones temporizadas	2 con resolución de 1 ms
Tiempos de filtración de entradas	7 márgenes de 0,2 ms a 12,8 ms
Capturar impulsos	14 entradas de captura de impulsos
Reloj de tiempo real (precisión del reloj)	2 minutos por mes a 25 μ s C
7 minutos por mes 0 μ s C a 55 μ s C	
Nº de módulos de ampliación	7 módulos
Comunicación integrada	
Nº de puertos	2 puertos
Puerto eléctrico	RS-485

Alimentación

Tensión de línea (margen admisible)	DC 20,4 a 28,8 V
Corriente de entrada (sólo CPU) / carga máx.	150/1050 mA
Extra-corriente de serie (máx.)	10 A a DC 28,8 V
Aislamiento (corriente de entrada a lógica)	Sin aislamiento
Fusible interno (no reemplazable por el usuario)	3 A, 250 V, de acción lenta
+5 alimentación para módulos de ampliación	1000 mA

ANEXO F Datos Técnicos del Módulo de termocuplas 231



Consumo de corriente

De +DC 5 V (del bus de ampliación)	87 mA
De L+	60 mA
Margen de tensión L+, clase 2 o alimentación de sensores DC	20,4 a 28,8 VDC
Indicador LED	Estado de la alimentación DC 24 V: ON = correcta, OFF = sin corriente DC 24
V	SF: ON = fallo del módulo, PARPADEANTE = error de señal de entrada, OFF = sin fallos

Datos de las entradas analógicas

Aislamiento	
Campo a circuito lógico	AC 500 V
Campo a DC 24 V	AC 500 V
DC 24 V a circuito lógico	AC 500 V
Margen de entrada en modo común (de canal de entrada a canal de entrada)	AC 120
Rechazo en modo común	> 120 dB @ AC 120 V
Tipo de entrada	Termopar flotante
Márgenes de las entradas	Tipos de termopar (seleccione uno): S, T, R, E, N, K, J Margen de tensión +/- 80 mV

ANEXO G Datos técnicos del módulo Internet (CP 243-1 IT)

Tabla A-56 Número de referencia de módulo Internet (CP 243-1 IT)

Nº de referencia	Módulo de ampliación	Entradas del módulo	Salidas del módulo	Bloque de terminales extraíble
6GK7 243-1GX00-0XE0	Módulo Internet (CP 243-1 IT)	-	8 ¹	No

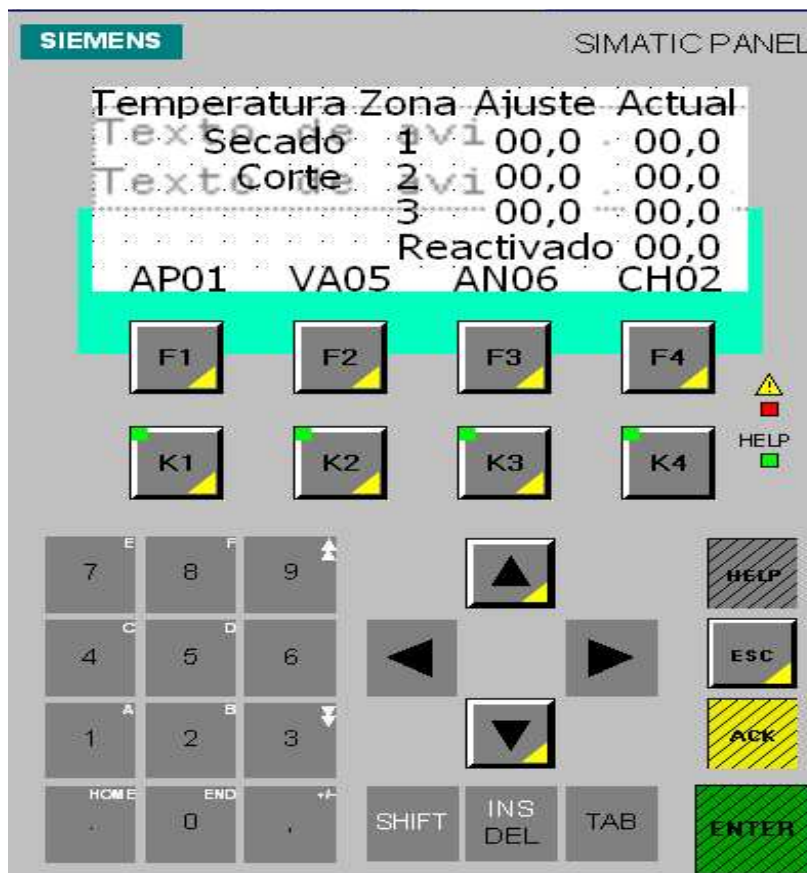
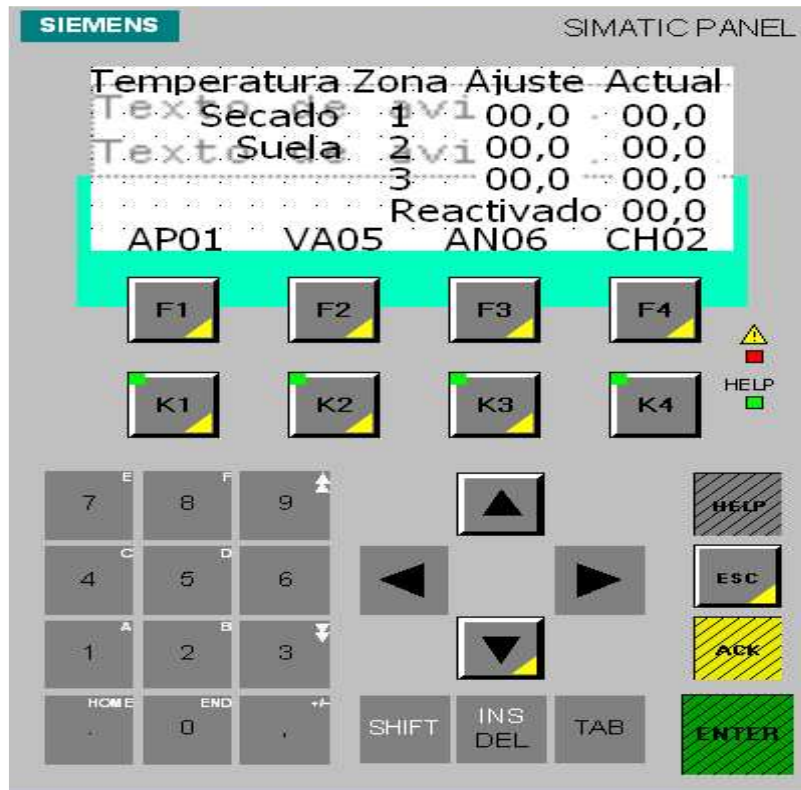
Tabla A-57 Datos técnicos del módulo Internet (CP 243-1 IT)

Nº de referencia	Nombre y descripción de la CPU	Dimensiones en mm (l x a x p)	Peso	Disipación	Tensión c.c. disponible Del AS-Interface	
6GK7 243-1GX00-0XE0	Módulo Internet (CP 243-1 IT)	71,2 x 80 x 62	Aprox. 150 g	1,75 W	55 mA	60 mA

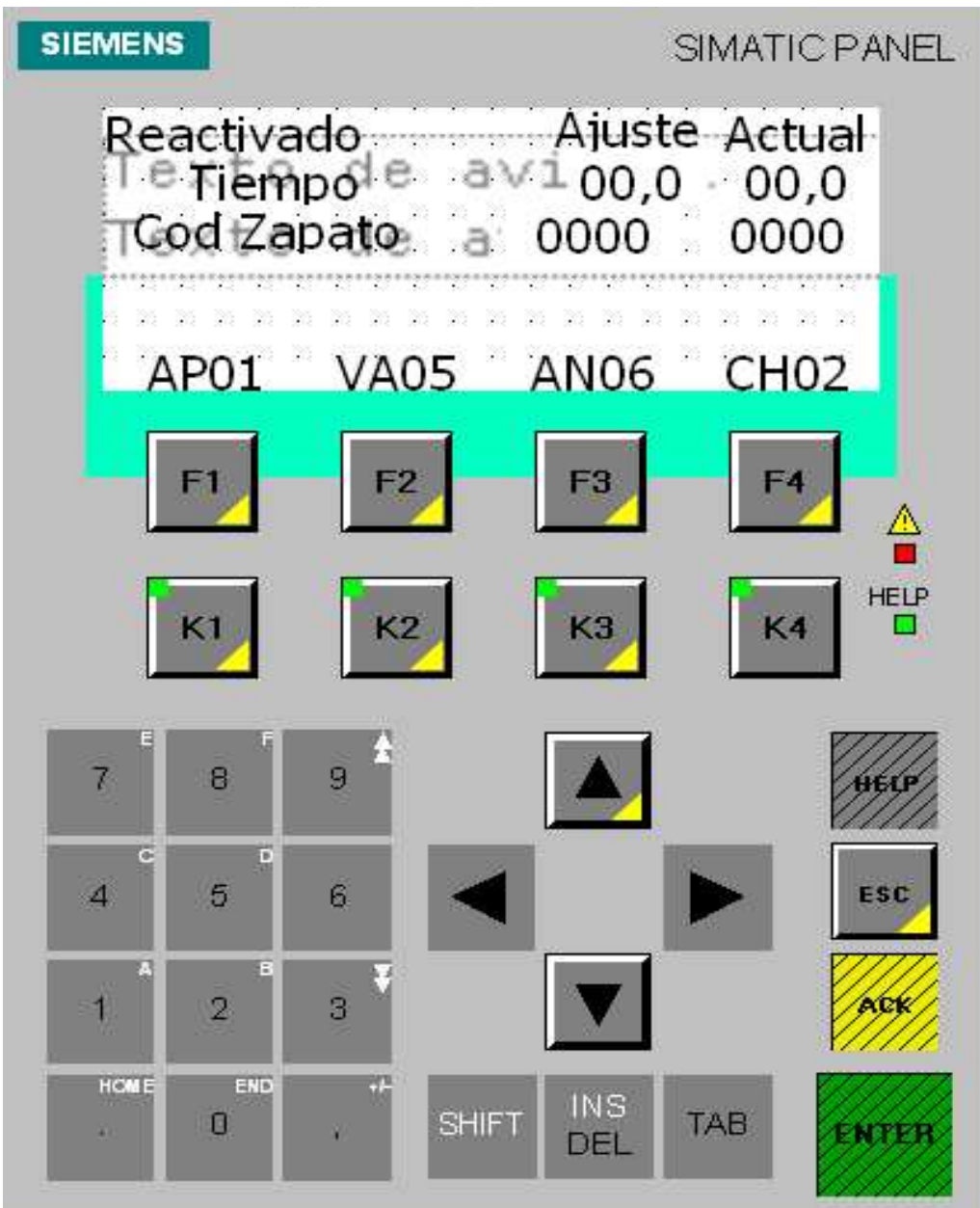
Tabla A-58 Datos técnicos del módulo Internet (CP 243-1 IT)

Datos generales	6GK7 243-1GX00-0XE0
Velocidad de transferencia	10 Mbit/s y 100 Mbit/s
Tamaño de la memoria flash	8 MB como ROM para el firmware del módulo Internet (CP 243-1 IT), 8 MB como RAM para el sistema de archivos
Tamaño de la memoria SDRAM	16 MB
Vida útil garantizada de la memoria flash para el sistema de archivos	1 millón de operaciones de escritura o borrado
Interface de conexión a Industrial Ethernet (10/100 Mbit/s)	Enchufe RJ45 de 8 pines
Tensión de entrada	20,4 a 28,8 V c.c.
Nº máx. de enlaces	Máx. 8 enlaces S7 (XPUT/XGET y READ/WRITE) más 1 enlace a STEP 7-Micro/WIN vía el módulo Internet (CP 243-1 IT) ²
Nº máx. de enlaces IT	1 para servidor FTP 1 para cliente FTP 1 para cliente de e-mail 4 para enlaces HTTP
Duración de arranque o de re arranque	Aprox. 10 segundos
Datos de usuario	Cliente: Máx. 212 bytes para XPUT/XGET Servidor: Máx. 222 bytes para XGET o READ Máx. 212 bytes para XPUT o WRITE
Tamaño máx. de e-mail	1024 caracteres
Sistema de archivos:	
Longitud de ruta incl. el tamaño de archivo y nombres de unidades	254 caracteres máx.
Longitud del nombre de archivos	99 caracteres máx.
Profundidad de anidado de directorios	49 máx.
Puertos de servidor disponibles:	
HTTP	80
Canal de comandos FTP	21
Canales de datos FTP para el servidor FTP	3100 a 3199
Establecer enlaces S7	102
Servidor S7	3000 a 3008

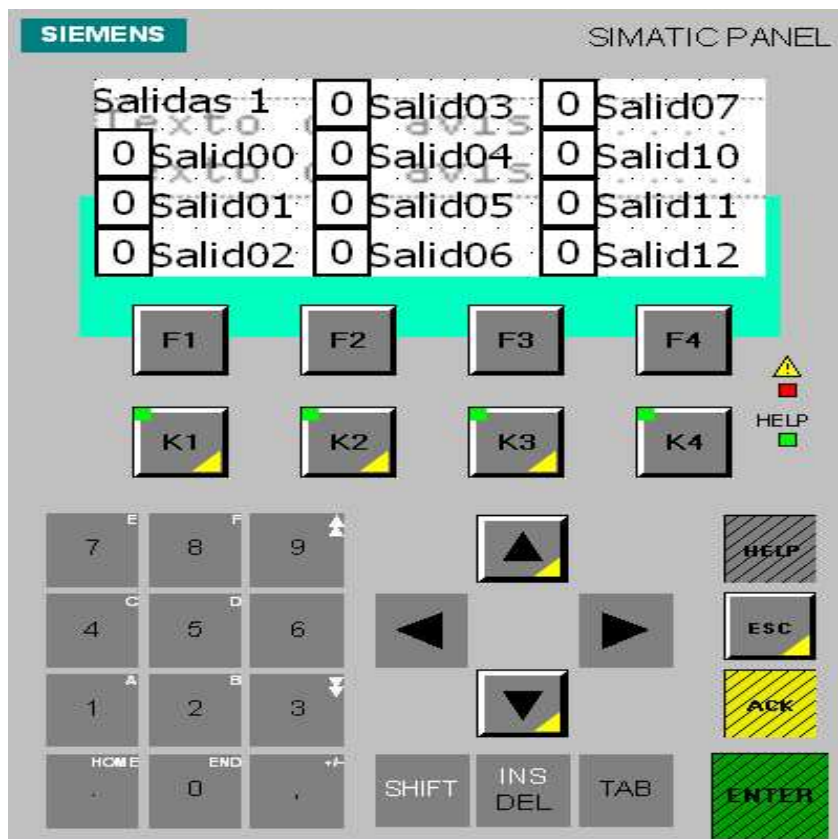
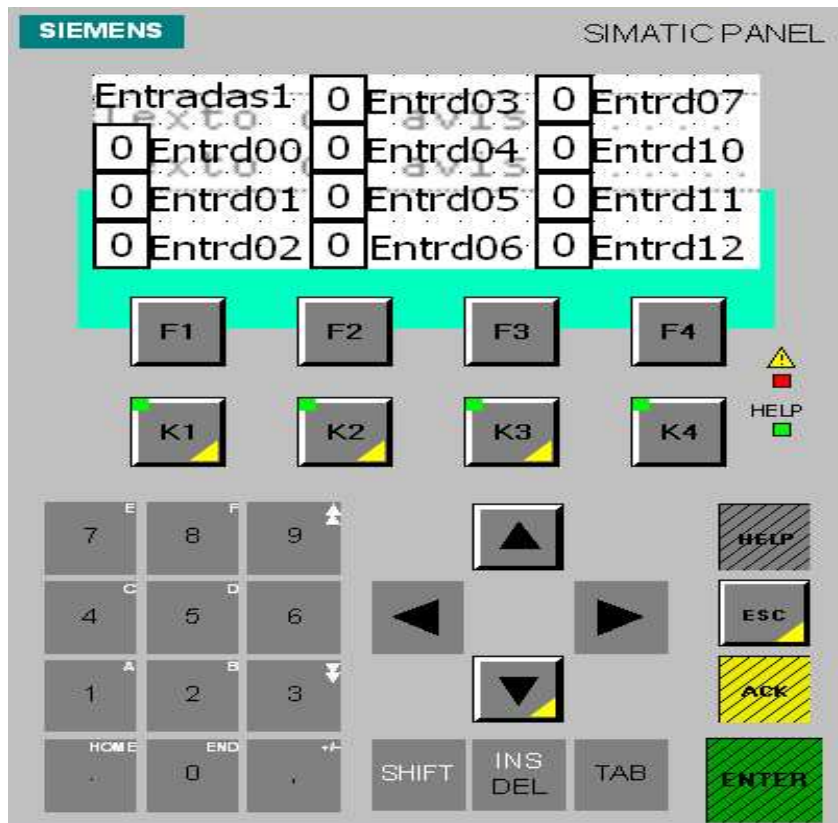
ANEXO H Pantalla temperatura secado suela y corte.



ANEXO I Pantalla tiempo de reactivado y código de zapato.

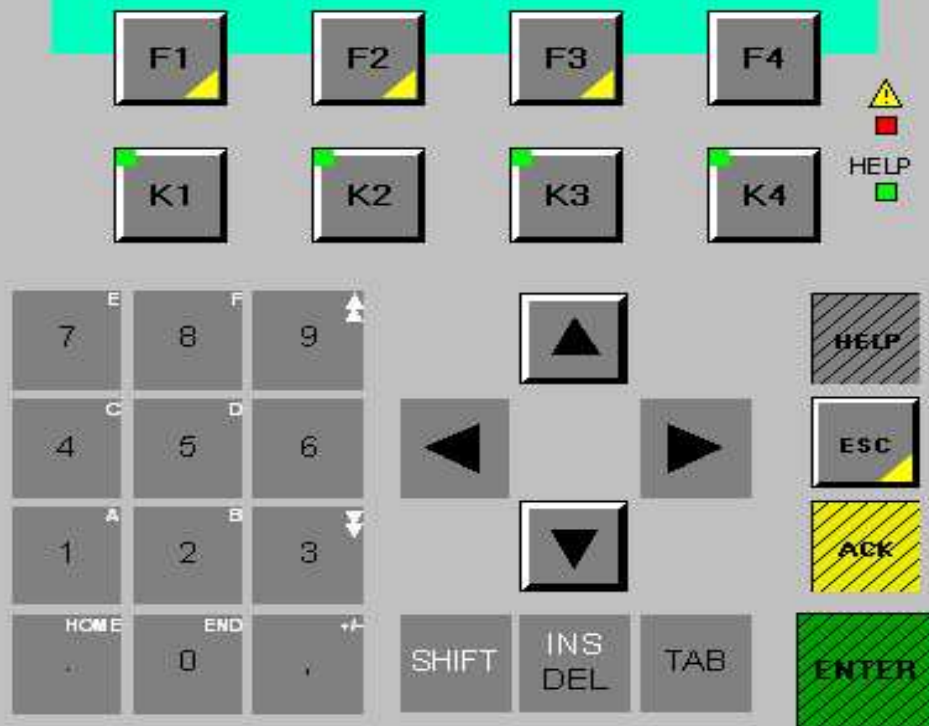


ANEXO J Pantalla de entrada y salidas.



ANEXO K Pantalla de fallas.

Fallas: Reactivadora AP01
 TemperaturaZona160eta
 TemperaturaZona260eta
 TemperaturaZona360eta
 Inicio VA05 AN06



ANEXO L Etapas en la elaboración del tablero de control.

Tablero de señalización parte exterior



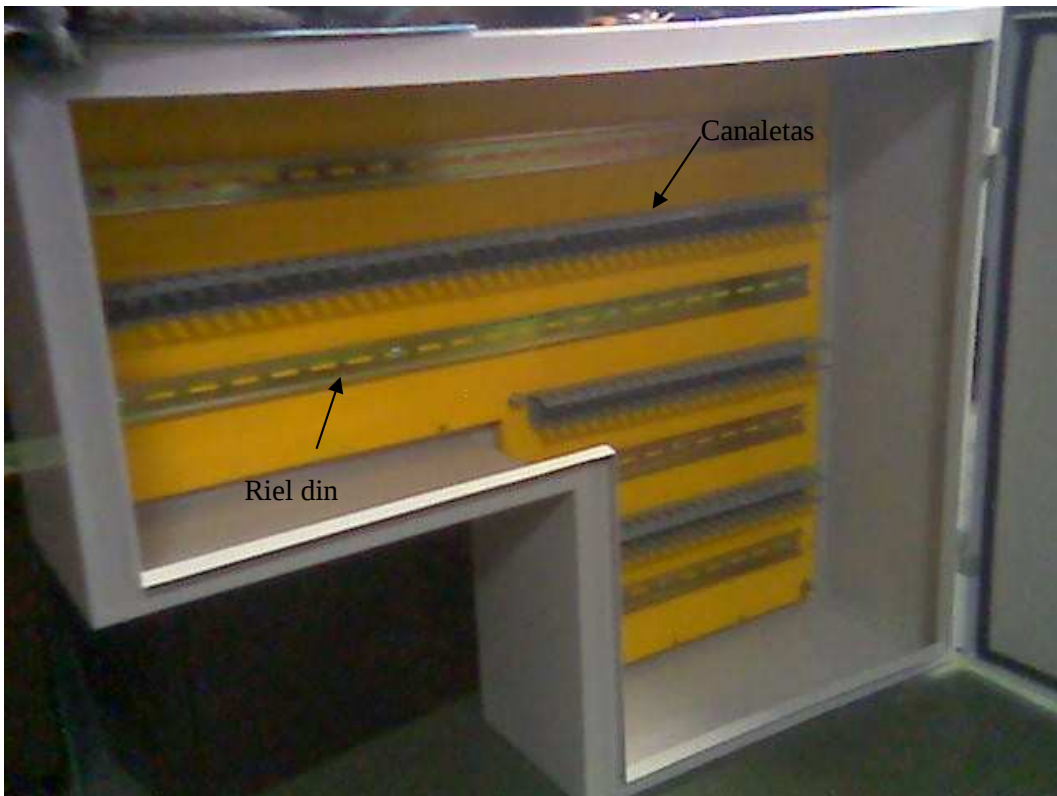
Tablero de señalización parte interior.



Distribución de canaletas y rieles.



Tablero de señalización parte interior.



Tablero de señalización parte interior.



Tablero de señalización parte exterior.



Tablero de señalización parte interna.



1. Plc siemens 226.
2. Fusible.
3. Relé interfase 24 Vdc.
4. Borneras.
5. Contactor general

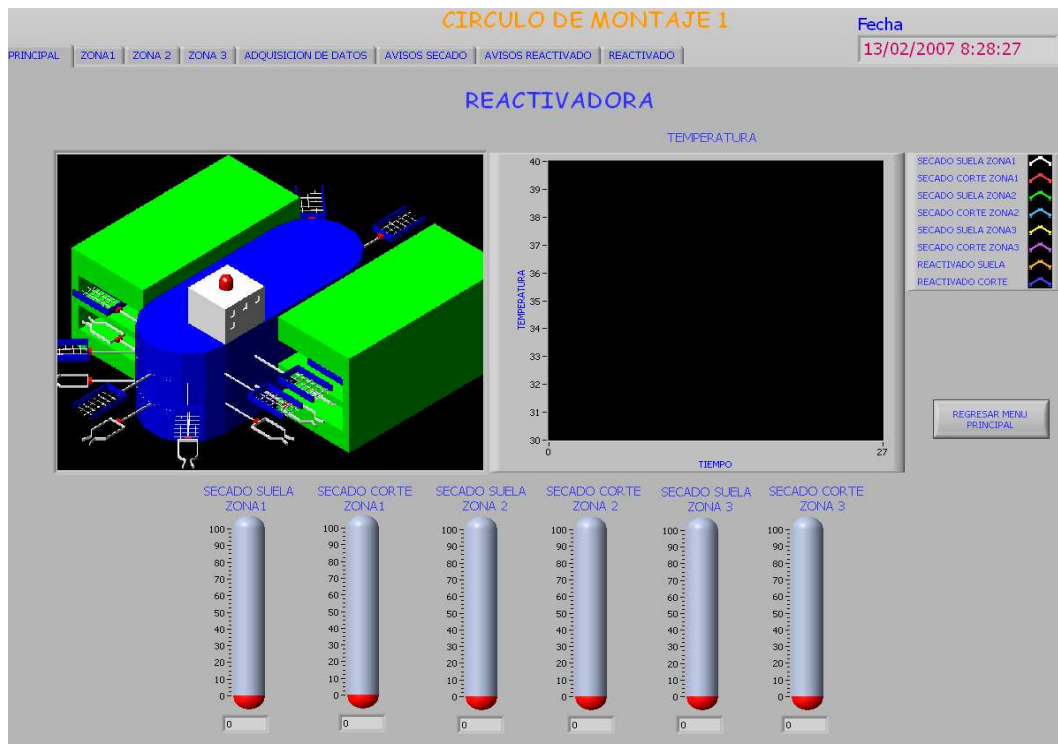
Tablero de señalización parte interna.



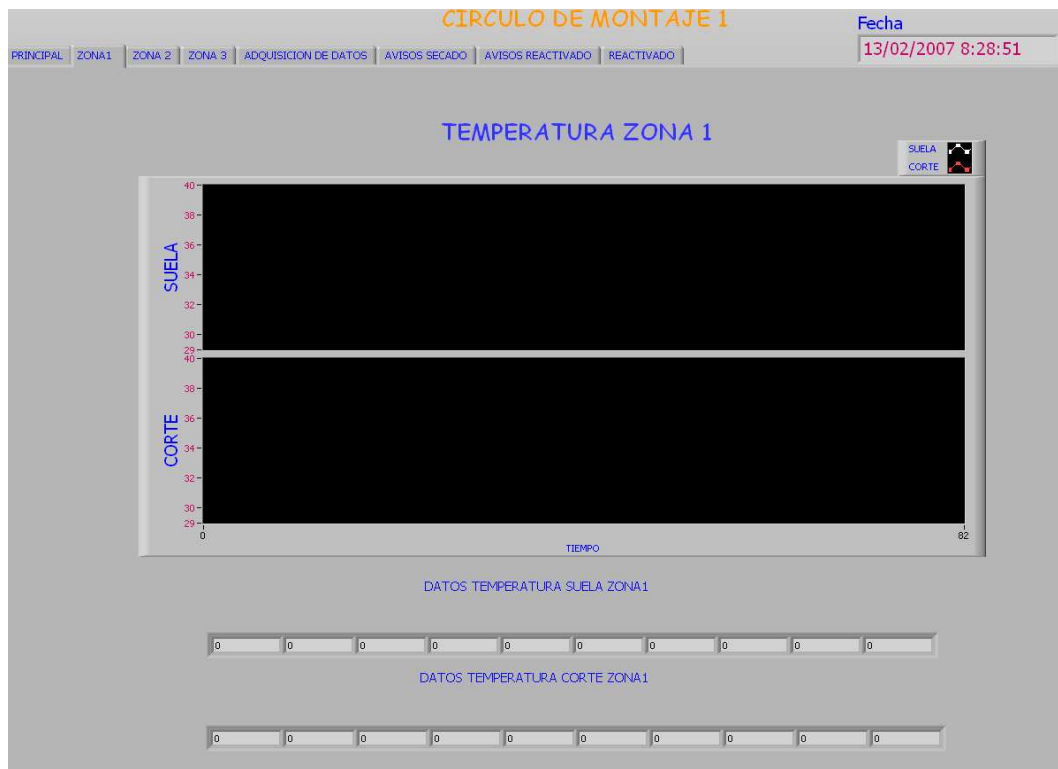
1. Plc siemens 226.
2. Breaker para Plc.
3. Fusible.
4. Relé interfase 24 Vdc.
5. Relé 5 patas 24 Vdc.
6. Borneras.
7. Breaker para calefacciones de secado zona 1-2-3
8. Contactores para calefacciones de reactivado.
9. Contactor general encendido de máquina.
10. Breaker para variador de frecuencia.
11. Variador de frecuencia.
12. Pantalla de operador.

ANEXO M Monitoreo en Labview.

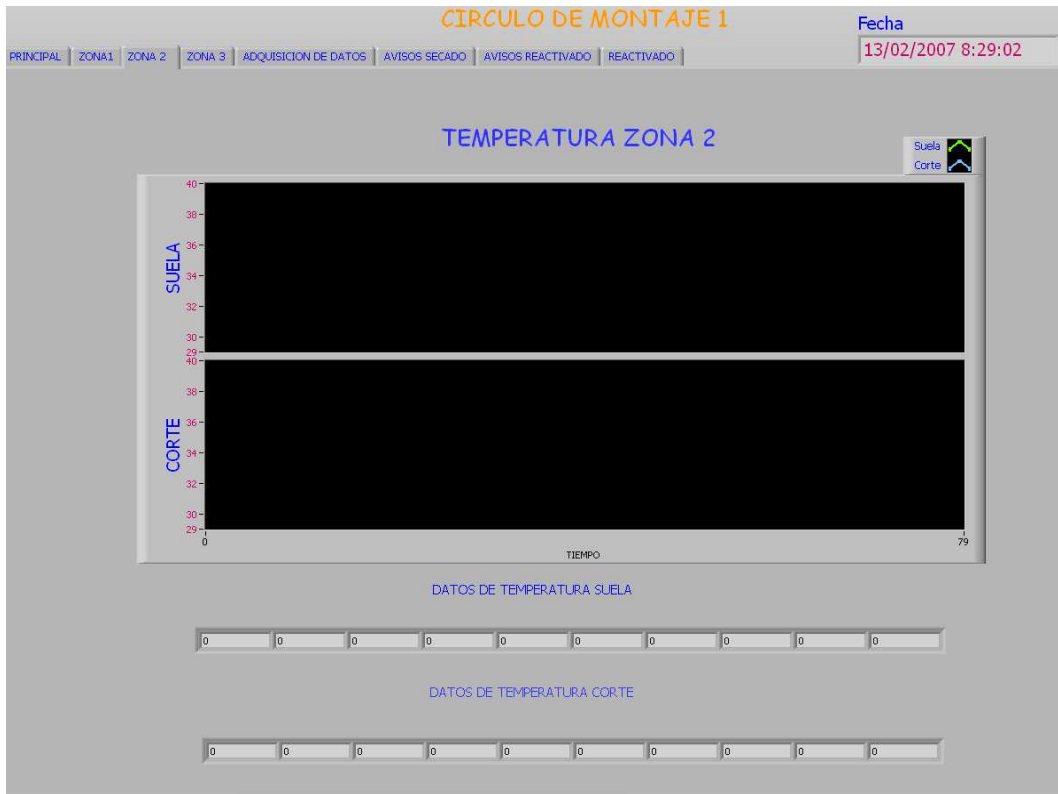
Monitoreo de todas las temperaturas.



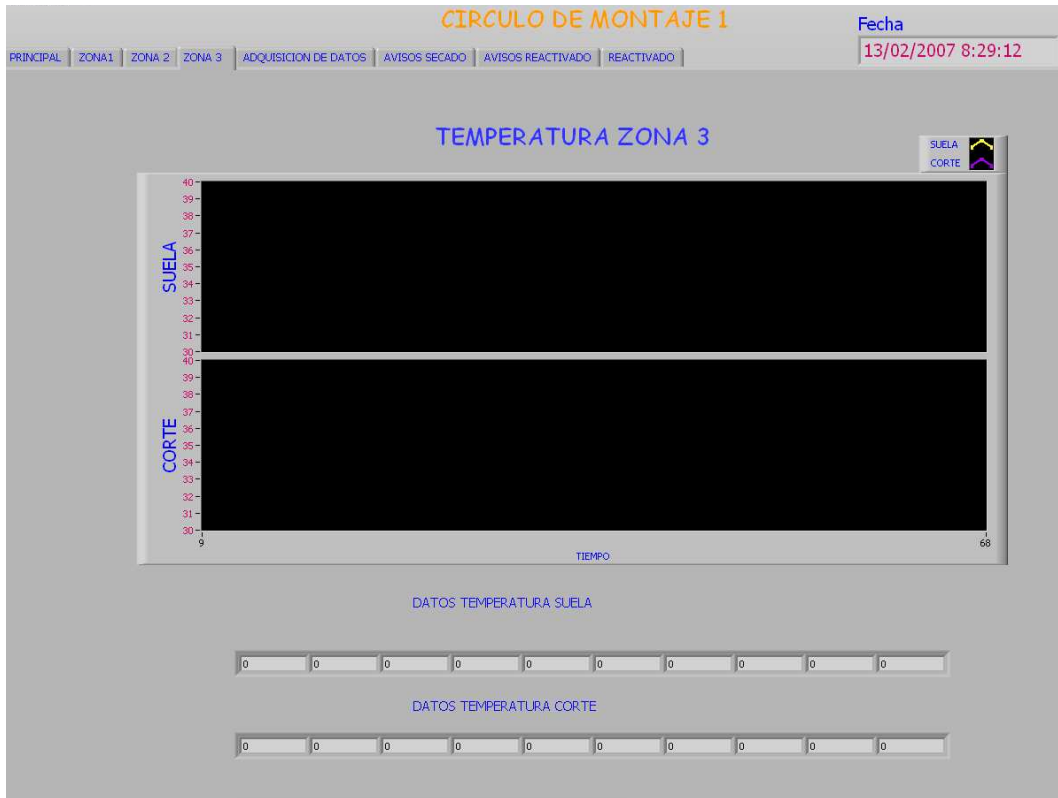
Monitoreo de temperatura zona 1



Monitoreo de temperatura zona 2



Monitoreo de temperatura zona 3



Adquisición de datos temperatura de secado

CIRCULO DE MONTAJE I

Fecha: 13/02/2007 8:29:29

PRINCIPAL | ZONA1 | ZONA 2 | ZONA 3 | ADQUISICION DE DATOS | AVISOS SECADO | AVISOS REACTIVADO | REACTIVADO

DATOS TEMPERATURA SECADO

Tiempo Adquisicion Datos: 1 Segundos

Codigo zapato	Fecha	Suela zona 1	Corte zona 1	Suela zona2	Corte zona2	Suela zona3	Corte zona3
0	13/02/2007 8:28:04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:07	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:07	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:08	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:09	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:17	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:18	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:19	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:19	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:26	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:28	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:28	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0	13/02/2007 8:28:29	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Adquisición de datos temperatura reactivado.

CIRCULO DE MONTAJE I

Fecha: 13/02/2007 8:30:02

PRINCIPAL | ZONA1 | ZONA 2 | ZONA 3 | ADQUISICION DE DATOS | AVISOS SECADO | AVISOS REACTIVADO | REACTIVADO

REACTIVADO

FECHA	SUELA	CORTE
13/02/2007 8:28:04	0	0
13/02/2007 8:28:05	0	0
13/02/2007 8:28:06	0	0
13/02/2007 8:28:07	0	0
13/02/2007 8:28:08	0	0
13/02/2007 8:28:09	0	0
13/02/2007 8:28:10	0	0
13/02/2007 8:28:11	0	0
13/02/2007 8:28:12	0	0
13/02/2007 8:28:13	0	0
13/02/2007 8:28:14	0	0
13/02/2007 8:28:15	0	0
13/02/2007 8:28:16	0	0
13/02/2007 8:28:17	0	0
13/02/2007 8:28:18	0	0
13/02/2007 8:28:19	0	0
13/02/2007 8:28:20	0	0
13/02/2007 8:28:21	0	0
13/02/2007 8:28:22	0	0
13/02/2007 8:28:23	0	0
13/02/2007 8:28:24	0	0
13/02/2007 8:28:25	0	0
13/02/2007 8:28:26	0	0
13/02/2007 8:28:27	0	0
13/02/2007 8:28:28	0	0
13/02/2007 8:28:29	0	0

SUELA CORTE

TIEMPO

MICRO GUARDAR

Pantalla de avisos de cambios de parámetros.

	OP 77B
Pantalla	LCD
• Tamaño	4,5"
• Resolución (An. x Al. en píxeles)	160 x 64
• Colores	Monocromo (amarillo-verde)
• MTBF de la retroiluminación (a 25 °C)	aprox. 100.000 horas
Elementos de mando	Teclado de membrana
• Teclas de función, programables	8 Teclas de función, 4 con LED
• Teclas del sistema	23 Teclas del sistema
• Teclado numérico / alfanumérico	sí / sí ¹⁾
Memoria	Flash / RAM
• Memoria útil para datos de usuario	1 Mbyte
Interfaces	1 x RS 232, 1 x RS 422, 1 x RS 485, 1 x USB
• Tarjeta multimedia (MMC)	1 x MMC Card Slot
Impresora	sí, a puerto USB (hasta 100 mA)
Conexión al PLC	S5, S7-200, S7-300/400, S05, WinAC, Allen Bradley, Mitsubishi, Telemecanique, Modicon, Omron, GE Fanuc, PLCs de otros fabricantes
Tensión de alimentación	24 V DC (+18 a +30 V DC)
• Intensidad nominal	0,2 A
Reloj	Reloj de software, sincronizado ²⁾
Grado de protección (frontal / parte posterior)	IP65 (estando instalado) / IP20
Certificación	En preparación: FM, cULus, CE, C-Tick, zona EX 2/22, construcción naval
Dimensiones	
• Placa frontal An. x Al. (mm)	150 x 186
• Recorte en panel An. x Al. (mm)	135 x 171
Peso	0,5 kg
Condiciones ambientales	
• Posición de montaje	vertical
– máx. ángulo de inclinación sin ventilación externa	± 90°
• Temperatura	
– En servicio (montaje vertical)	0 °C a +50 °C
– En servicio (máx. ángulo de inclinación)	0 °C a +40 °C
– En transporte, almacenamiento	-20 °C a +70 °C
• Máx. humedad relativa	95 %

ANEXO O Datos técnicos de la termocupla tipo K.

TERMOCUPLA K
millivolts

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-270	-6.458									
-260	-6.441	-6.444	-6.446	-6.448	-6.450	-6.452	-6.453	-6.455	-6.456	-6.457
-250	-6.404	-6.408	-6.413	-6.417	-6.421	-6.425	-6.429	-6.432	-6.435	-6.438
-240	-6.344	-6.351	-6.358	-6.364	-6.371	-6.377	-6.382	-6.388	-6.394	-6.399
-230	-6.262	-6.271	-6.280	-6.289	-6.297	-6.306	-6.314	-6.322	-6.329	-6.337
-220	-6.158	-6.170	-6.181	-6.192	-6.202	-6.213	-6.223	-6.233	-6.243	-6.253
-210	-6.035	-6.048	-6.061	-6.074	-6.087	-6.099	-6.111	-6.123	-6.135	-6.147
-200	-5.891	-5.907	-5.922	-5.936	-5.951	-5.965	-5.980	-5.994	-6.007	-6.021
-190	-5.730	-5.747	-5.763	-5.780	-5.796	-5.813	-5.829	-5.845	-5.860	-5.876
-180	-5.550	-5.569	-5.587	-5.606	-5.624	-5.642	-5.660	-5.678	-5.695	-5.712
-170	-5.354	-5.374	-5.394	-5.414	-5.434	-5.454	-5.474	-5.493	-5.512	-5.531
-160	-5.141	-5.163	-5.185	-5.207	-5.228	-5.249	-5.271	-5.292	-5.313	-5.333
-150	-4.912	-4.936	-4.959	-4.983	-5.006	-5.029	-5.051	-5.074	-5.097	-5.119
-140	-4.669	-4.694	-4.719	-4.743	-4.768	-4.792	-4.817	-4.841	-4.865	-4.889
-130	-4.410	-4.437	-4.463	-4.489	-4.515	-4.541	-4.567	-4.593	-4.618	-4.644
-120	-4.138	-4.166	-4.193	-4.221	-4.248	-4.276	-4.303	-4.330	-4.357	-4.384
-110	-3.852	-3.881	-3.910	-3.939	-3.968	-3.997	-4.025	-4.053	-4.082	-4.110
-100	-3.553	-3.584	-3.614	-3.644	-3.674	-3.704	-3.734	-3.764	-3.793	-3.823
-90	-3.242	-3.274	-3.305	-3.337	-3.368	-3.399	-3.430	-3.461	-3.492	-3.523
-80	-2.920	-2.953	-2.985	-3.018	-3.050	-3.082	-3.115	-3.147	-3.179	-3.211
-70	-2.586	-2.620	-2.654	-2.687	-2.721	-2.754	-2.788	-2.821	-2.854	-2.887
-60	-2.243	-2.277	-2.312	-2.347	-2.381	-2.416	-2.450	-2.484	-2.518	-2.552
-50	-1.889	-1.925	-1.961	-1.996	-2.032	-2.067	-2.102	-2.137	-2.173	-2.208
-40	-1.527	-1.563	-1.600	-1.636	-1.673	-1.709	-1.745	-1.781	-1.817	-1.853
-30	-1.156	-1.193	-1.231	-1.268	-1.305	-1.342	-1.379	-1.416	-1.453	-1.490
-20	-0.777	-0.816	-0.854	-0.892	-0.930	-0.968	-1.005	-1.043	-1.081	-1.118
-10	-0.392	-0.431	-0.469	-0.508	-0.547	-0.585	-0.624	-0.662	-0.701	-0.739
0	-0.000	-0.039	-0.079	-0.118	-0.157	-0.197	-0.236	-0.275	-0.314	-0.353
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.162
30	1.203	1.244	1.285	1.325	1.366	1.407	1.448	1.489	1.529	1.570
40	1.611	1.652	1.693	1.734	1.776	1.817	1.858	1.899	1.940	1.981
50	2.022	2.064	2.105	2.146	2.188	2.229	2.270	2.312	2.353	2.394
60	2.436	2.477	2.519	2.560	2.601	2.643	2.684	2.726	2.767	2.809
70	2.850	2.892	2.933	2.975	3.016	3.058	3.100	3.141	3.183	3.224
80	3.266	3.307	3.349	3.390	3.432	3.473	3.515	3.556	3.598	3.639
90	3.681	3.722	3.764	3.805	3.847	3.888	3.930	3.971	4.012	4.054
100	4.095	4.137	4.178	4.219	4.261	4.302	4.343	4.384	4.426	4.467
110	4.508	4.549	4.590	4.632	4.673	4.714	4.755	4.796	4.837	4.878
120	4.919	4.960	5.001	5.042	5.083	5.124	5.164	5.205	5.246	5.287
130	5.327	5.368	5.409	5.450	5.490	5.531	5.571	5.612	5.652	5.693
140	5.733	5.774	5.814	5.855	5.895	5.936	5.976	6.016	6.057	6.097
150	6.137	6.177	6.218	6.258	6.298	6.338	6.378	6.419	6.459	6.499
160	6.539	6.579	6.619	6.659	6.699	6.739	6.779	6.819	6.859	6.899
170	6.939	6.979	7.019	7.059	7.099	7.139	7.179	7.219	7.259	7.299
180	7.338	7.378	7.418	7.458	7.498	7.538	7.578	7.618	7.658	7.697
190	7.737	7.777	7.817	7.857	7.897	7.937	7.977	8.017	8.057	8.097
200	8.137	8.177	8.216	8.256	8.296	8.336	8.376	8.416	8.456	8.497
210	8.537	8.577	8.617	8.657	8.697	8.737	8.777	8.817	8.857	8.898
220	8.938	8.978	9.018	9.058	9.099	9.139	9.179	9.220	9.260	9.300
230	9.341	9.381	9.421	9.462	9.502	9.543	9.583	9.624	9.664	9.705
240	9.745	9.786	9.826	9.867	9.907	9.948	9.989	10.029	10.070	10.111
250	10.151	10.192	10.233	10.274	10.315	10.355	10.396	10.437	10.478	10.519
260	10.560	10.600	10.641	10.682	10.723	10.764	10.805	10.846	10.887	10.928
270	10.969	11.010	11.051	11.093	11.134	11.175	11.216	11.257	11.298	11.339
280	11.381	11.422	11.463	11.504	11.546	11.587	11.628	11.669	11.711	11.752
290	11.793	11.835	11.876	11.918	11.959	12.000	12.042	12.083	12.125	12.166
300	12.207	12.249	12.290	12.332	12.373	12.415	12.456	12.498	12.539	12.581
310	12.623	12.664	12.706	12.747	12.789	12.831	12.872	12.914	12.955	12.997
320	13.039	13.080	13.122	13.164	13.205	13.247	13.289	13.331	13.372	13.414
330	13.456	13.497	13.539	13.581	13.623	13.665	13.706	13.748	13.790	13.832
340	13.874	13.915	13.957	13.999	14.041	14.083	14.125	14.167	14.208	14.250
350	14.292	14.334	14.376	14.418	14.460	14.502	14.544	14.586	14.628	14.670
360	14.712	14.754	14.796	14.838	14.880	14.922	14.964	15.006	15.048	15.090
370	15.132	15.174	15.216	15.258	15.300	15.342	15.384	15.426	15.468	15.510

380	15.55215.594	15.636	15.679	15.721	15.763	15.805	15.847	15.889	15.931
390	15.97416.016	16.058	16.100	16.142	16.184	16.227	16.269	16.311	16.353
400	16.39516.438	16.480	16.522	16.564	16.607	16.649	16.691	16.733	16.776
410	16.81816.860	16.902	16.945	16.987	17.029	17.072	17.114	17.156	17.199
420	17.24117.283	17.326	17.368	17.410	17.453	17.495	17.537	17.580	17.622
430	17.66417.707	17.749	17.792	17.834	17.876	17.919	17.961	18.004	18.046
440	18.08818.131	18.173	18.216	18.258	18.301	18.343	18.385	18.428	18.470
450	18.51318.555	18.598	18.640	18.683	18.725	18.768	18.810	18.853	18.895
460	18.93818.980	19.023	19.065	19.108	19.150	19.193	19.235	19.278	19.320
470	19.36319.405	19.448	19.490	19.533	19.576	19.618	19.661	19.703	19.746
480	19.78819.831	19.873	19.916	19.959	20.001	20.044	20.086	20.129	20.172
490	20.21420.257	20.299	20.342	20.385	20.427	20.470	20.512	20.555	20.598
500	20.64020.683	20.725	20.768	20.811	20.853	20.896	20.938	20.981	21.024
510	21.06621.109	21.152	21.194	21.237	21.280	21.322	21.365	21.407	21.450
520	21.49321.535	21.578	21.621	21.663	21.706	21.749	21.791	21.834	21.876
530	21.91921.962	22.004	22.047	22.090	22.132	22.175	22.218	22.260	22.303
540	22.34622.388	22.431	22.473	22.516	22.559	22.601	22.644	22.687	22.729
550	22.77222.815	22.857	22.900	22.942	22.985	23.028	23.070	23.113	23.156
560	23.19823.241	23.284	23.326	23.369	23.411	23.454	23.497	23.539	23.582
570	23.62423.667	23.710	23.752	23.795	23.837	23.880	23.923	23.965	24.008
580	24.05024.093	24.136	24.178	24.221	24.263	24.306	24.348	24.391	24.434
590	24.47624.519	24.561	24.604	24.646	24.689	24.731	24.774	24.817	24.859
600	24.90224.944	24.987	25.029	25.072	25.114	25.157	25.199	25.242	25.284
610	25.32725.369	25.412	25.454	25.497	25.539	25.582	25.624	25.666	25.709
620	25.75125.794	25.836	25.879	25.921	25.964	26.006	26.048	26.091	26.133
630	26.17626.218	26.260	26.303	26.345	26.387	26.430	26.472	26.515	26.557
640	26.59926.642	26.684	26.726	26.769	26.811	26.853	26.896	26.938	26.980
650	27.02227.065	27.107	27.149	27.192	27.234	27.276	27.318	27.361	27.403
660	27.44527.487	27.529	27.572	27.614	27.656	27.698	27.740	27.783	27.825
670	27.86727.909	27.951	27.993	28.035	28.078	28.120	28.162	28.204	28.246
680	28.28828.330	28.372	28.414	28.456	28.498	28.540	28.583	28.625	28.667
690	28.70928.751	28.793	28.835	28.877	28.919	28.961	29.002	29.044	29.086
700	29.12829.170	29.212	29.254	29.296	29.338	29.380	29.422	29.464	29.505
710	29.54729.589	29.631	29.673	29.715	29.756	29.798	29.840	29.882	29.924
720	29.96530.007	30.049	30.091	30.132	30.174	30.216	30.257	30.299	30.341
730	30.38330.424	30.466	30.508	30.549	30.591	30.632	30.674	30.716	30.757
740	30.79930.840	30.882	30.924	30.965	31.007	31.048	31.090	31.131	31.173
750	31.21431.256	31.297	31.339	31.380	31.422	31.463	31.504	31.546	31.587
760	31.62931.670	31.712	31.753	31.794	31.836	31.877	31.918	31.960	32.001
770	32.04232.084	32.125	32.166	32.207	32.249	32.290	32.331	32.372	32.414
780	32.45532.496	32.537	32.578	32.619	32.661	32.702	32.743	32.784	32.825
790	32.86632.907	32.948	32.990	33.031	33.072	33.113	33.154	33.195	33.236
800	33.27733.318	33.359	33.400	33.441	33.482	33.523	33.564	33.604	33.645
810	33.68633.727	33.768	33.809	33.850	33.891	33.931	33.972	34.013	34.054
820	34.09534.136	34.176	34.217	34.258	34.299	34.339	34.380	34.421	34.461
830	34.50234.543	34.583	34.624	34.665	34.705	34.746	34.787	34.827	34.868
840	34.90934.949	34.990	35.030	35.071	35.111	35.152	35.192	35.233	35.273
850	35.31435.354	35.395	35.435	35.476	35.516	35.557	35.597	35.637	35.678
860	35.71835.758	35.799	35.839	35.880	35.920	35.960	36.000	36.041	36.081
870	36.12136.162	36.202	36.242	36.282	36.323	36.363	36.403	36.443	36.483
880	36.52436.564	36.604	36.644	36.684	36.724	36.764	36.804	36.844	36.885
890	36.92536.965	37.005	37.045	37.085	37.125	37.165	37.205	37.245	37.285
900	37.32537.365	37.405	37.445	37.484	37.524	37.564	37.604	37.644	37.684
910	37.72437.764	37.803	37.843	37.883	37.923	37.963	38.002	38.042	38.082
920	38.12238.162	38.201	38.241	38.281	38.320	38.360	38.400	38.439	38.479
930	38.51938.558	38.598	38.638	38.677	38.717	38.756	38.796	38.836	38.875
940	38.91538.954	38.994	39.033	39.073	39.112	39.152	39.191	39.231	39.270
950	39.31039.349	39.388	39.428	39.467	39.507	39.546	39.585	39.625	39.664
960	39.70339.743	39.782	39.821	39.861	39.900	39.939	39.979	40.018	40.057
970	40.09640.136	40.175	40.214	40.253	40.292	40.332	40.371	40.410	40.449
980	40.48840.527	40.566	40.605	40.645	40.684	40.723	40.762	40.801	40.840
990	40.87940.918	40.957	40.996	41.035	41.074	41.113	41.152	41.191	41.230
1000	41.26941.308	41.347	41.385	41.424	41.463	41.502	41.541	41.580	41.619
1010	41.65741.696	41.735	41.774	41.813	41.851	41.890	41.929	41.968	42.006
1020	42.04542.084	42.123	42.161	42.200	42.239	42.277	42.316	42.355	42.393
1030	42.43242.470	42.509	42.548	42.586	42.625	42.663	42.702	42.740	42.779
1040	42.81742.856	42.894	42.933	42.971	43.010	43.048	43.087	43.125	43.164
1050	43.20243.240	43.279	43.317	43.356	43.394	43.432	43.471	43.509	43.547