

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**FACULTAD EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y COMPUTACIÓN**

**“SIMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL LAMINADO,  
ESTAMPADO Y HORNEADO DE GALLETAS.”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

**Especialización:**

**ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.**

**Presentado por:**

**LEONARDO ROMAN CRESPO MATUTE**

**HENRY XAVIER SUÁREZ APOLINARIO**

**Guayaquil – Ecuador**

**2008**

## **AGRADECIMIENTO.**

A Dios y a todas aquellas personas que me han ayudado a superarme y a ser mejor persona cada día de mi vida.

A mis padres y mi familia por tener fe en mí y hacerme creer que nada es imposible.

**LEONARDO ROMAN CRESPO**

## **AGRADECIMIENTO.**

A nuestro creador que desde los cielos fue mi guía para todo y en especial en los momentos más difíciles.

A Norma y Antonio, mis padres, que siempre estuvieron junto a mí ya que gracias a sus sabios consejos supieron guiarme y encaminarme para ser un hombre de bien.

A mis hermanos y a toda mi familia que estuvieron a mi lado para apoyarme incondicionalmente.

**HENRY XAVIER SUAREZ APOLINARIO**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres y mi familia por guiarme en el largo camino de la vida.

A todas aquellas personas que hicieron posible el desarrollo y culminación de este trabajo.

**LEONARDO ROMAN CRESPO MATUTE**

## **DEDICATORIA**

El trabajo y esfuerzo aplicado a este proyecto se los dedico a mi Padre celestial y a mis progenitores. A Dios por ser guía de mi vida y a mis padres a quienes llevo dentro de mi corazón.

**HENRY XAVIER SUAREZ APOLINARIO**

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.

---

Ing. Holger Cevallos  
PRESIDENTE

---

Ing. Alberto Manzur  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Jorge Flores  
MIEMBRO PRINCIPAL

---

Ing. Carlos Salazar  
MIEMBRO PRINCIPAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA.**

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**.

(Reglamento de graduación de la ESPOL)”.

---

**LEONARDO ROMAN CRESPO MATUTE.**

## **DECLARACIÓN EXPRESA.**

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.**

(Reglamento de graduación de la ESPOL)”.

---

**HENRY XAVIER SUÁREZ APOLINARIO**



## RESUMEN.

En el área industrial se tiene un proceso completo para la elaboración de galletas el cual consta de la elaboración de la masa, diferentes procesos de laminado, el proceso de troquelado o estampado para finalmente pasar al horneado y almacenamiento.

En nuestro proceso vamos a obviar algunos pasos tales como la elaboración de la masa y algunos procesos de laminado el cual vamos a resumir en uno solo ya que para nuestro caso llevaremos masa reposada para evitar la contracción de esta en el momento de pasar por los rodillos laminadores, el estampado será mediante un rodillo especialmente diseñado para dar la forma a las galletas. Tomando todo esto en cuenta nuestro proyecto se dividió en dos partes fundamentales como:

- Diseño mecánico.
- Diseño eléctrico.

En el diseño mecánico nos basamos en un modelo antiguo de una máquina de galletas, haciendo ciertos cambios en lo que respecta al estampador ya que para nuestro caso utilizamos un rodillo especial para darle forma a las galletas, mientras que la parte de recolección de masa sobrante la eliminamos debido a que nuestro prototipo no tiene pérdidas de masa.

El diseño eléctrico esta dividido en dos partes:

- Fuerza.
- Control.

El circuito de fuerza consta de 2 motores de 1HP con conexión directa, mientras que el circuito de control consta de un PLC que controla el arranque de los variadores y los cambios de velocidad, y un controlador de procesos que mantiene constante la temperatura del horno con un margen de error de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Otros elementos importantes en el circuito de control son los sensores inductivos colocados a la entrada y a la salida del horno, al activarse el sensor de la entrada del horno, el PLC recibe la señal y permite que la banda avance, mientras que al activarse el sensor de la salida del horno, el PLC envía la orden al variador que detenga la banda transportadora y a su vez que encienda los ventiladores.

Cabe recalcar que en el modo manual los cambios de velocidad se los hace mediante relés auxiliares accionados por selectores de 2 posiciones y el proceso de ventilación no funciona.

## INDICE GENERAL.

<b>RESUMEN .....</b>	<b>I</b>
<b>INDICE GENERAL.....</b>	<b>III</b>
<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>XV</b>

<b>CAPITULO 1:</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN DE GALLETAS.</b>	
1.1 PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE LA MASA.....	1
1.2 PROCESO DE LA ELABORACIÓN DE LA GALLETA.....	7
1.2.1 ELEVACIÓN.....	7
1.2.2 PLEGADO.....	9
1.2.3 LAMINACIÓN.....	9
1.2.4 ESTAMPADOR DE MASA.....	12
1.2.4.1 ESTAMPADO.....	12
1.2.4.2 RECUPERADOR DE MASA.....	13
1.3 FUNCIONAMIENTO DEL HORNO.....	14
<b>CAPITULO 2.</b>	
<b>DISEÑO DE LA MAQUINA</b>	
2.1 HORNO.....	16
2.1.1 DISEÑO DEL HORNO.....	16
2.1.1.1 SELECCIÓN DE MATERIAL.....	19

2.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL HORNO.....	20
2.1.2.1 CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN.....	20
2.1.2.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.....	20
2.1.2.3 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.....	21
2.2 BANDA TRANSPORTADORA.....	23
2.2.1 MATERIAL DE LA BANDA.....	23
2.2.1.1 ACERO INOXIDABLE.....	23
2.2.1.2 TIPOS DE ACEROS INOXIDABLES.....	23
2.2.1.3 FAMILIAS DE LOS ACEROS INOXIDABLES.....	24
2.2.2 BANDAS DE TRANSMISIÓN.....	25
2.2.2.1 CARACTERISTICAS.....	25
2.2.2.2 TRANSMISIONES DE BANDA PLANA.....	28
2.2.3 SELECCIÓN DEL MOTOR.....	40
2.2.3.1 INTRODUCCIÓN.....	40
2.2.3.2 POTENCIA DE ACCIONAMIENTO.....	41
2.2.3.3 PAR MOTOR.....	42
2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS RODILLOS.....	43
2.3.1 RODILLOS LAMINADORES.....	43
2.3.2 RODILLOS ESTAMPADORES.....	44
2.3.3 SOPORTE PARA LOS RODILLOS Y SISTEMA EN GENERAL.....	44
2.3.3.1 RODAMIENTOS.....	44
2.3.3.2 CADENA DE RODILLOS.....	46

2.3.3.3 DETERMINACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DE UN EJE.....	53
<b>CAPITULO 3.</b>	
<b>FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO</b>	
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A IMPLEMENTARSE.....	54
<b>CAPITULO 4</b>	
<b>SISTEMA DE CONTROL DEL PROCESO.</b>	
4.1 AUTOMATIZACIÓN.....	58
4.1.1 DEFINICIÓN DE PLC.....	58
4.1.2 ARQUITECTURA DEL PLC.....	60
4.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL PLC MASTER K80S.....	61
4.1.4 PROGRAMA KGL WIN.....	64
4.1.5 PROGRAMACIÓN DEL PROCESO.....	71
4.1.6 DEFINICIÓN DE VARIADOR DE FRECUENCIA.....	72
4.1.6.1 INSTALACIÓN Y PARÁMETROS A PROGRAMAR DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.....	72
4.2 DISEÑO DE CONTROL.....	77
4.2.1 PROGRAMACIÓN EN INTOUCH.....	77
4.2.2 DISEÑO DE PANTALLAS.....	83
4.2.3 WINDOWS SCRIPTS.....	87
<b>CAPITULO 5</b>	
<b>INSTRUMENTACIÓN</b>	
5.1 SENSORES.....	92
5.2 CONTROLADOR DE PROCESOS.....	94
5.2.1 DEFINICIÓN .....	94
5.2.2 PARÁMETROS PID.....	96

5.2.3 PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR DE PROCESOS HANYOUNG NX9.....	100
5.3 TERMOCUPLAS.....	109
<b>ANEXOS</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	

**ABREVIATURAS.**

cm	Centímetros
kg	Kilogramos
m.m	Milímetros
”	Pulgadas
Hz	Hertz
PID	Proporcional, integral derivativo
Kw	Kilovatios
V	Voltios
A	Amperios
Fp	Factor de Potencia
Cr	Cromo
C	Carbono/ distancia entre centros
Ni	Niquel
$Kg/mm^2$	Kilogramos/ milímetros cuadrados
°C	Grados centígrados
Mn	Manganeso
D	Diámetro de la polea mayor
d	Diámetro de la polea menor
$\Theta$	Angulo de contacto
L	Longitud
v	Velocidad
P	Potencia en Vatios
F	Fuerza
H	Potencia en Caballos de Fuerza



m	Masa
$\Delta F$	Variación de fuerza
Cp	Factor de corrección de la Polea
Cv	Factor de corrección de la Velocidad
Ks	Factor de Servicio
RPM	Revoluciones por minuto
Hp	Caballos de Fuerza (horse power)
N.m	Newtons por metros
C	Par motor
rad/s	Radianes por segundos
N	Número de dientes de la cadena
$\gamma$	Angulo de paso
PLC	Programmable Logic Controller
A/D	Analógico/Digital
D/A	Digital/Analógico
cc	Corriente continua
ca	Corriente alterna
R, S, T	Líneas de entrada de voltaje
U, V, W	Salida trifásica al motor
B1 , B2	Resistencias de frenado dinámico
I/OUT	Entrada/Salida
nm	Nanómetros
NA	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado
i	Intensidad de corriente
XL	Reactancia Inductiva medida en Ohm

f	Frecuencia del sistema medida en Hertz (Hz)
L	Inductancia medida en Henrios (H)
mA	Miliamperios
Al	Aluminio
Rh	Rodio
Pt	Platino
$\mu\text{V}$	Microvoltios
Fa	Tensión permisible de banda, lb
V	Velocidad de la banda, ft/min
$\Omega$	Velocidad angular en rad/s.
$\pi$	Constante Pi
$\epsilon_0$	Constante dieléctrica del vacío
$\epsilon_r$	Constante dieléctrica o permitividad relativa
A	El área efectiva de las placas
d	Distancia entre las placas o espesor del dieléctrico
Hb	Unidad de dureza.

## LISTA DE FIGURAS.

FIGURA	PAGINA
1.1.1 Mezclador Horizontal.....	6
1.1.2 Mezclador Vertical.....	7
1.2.1 Proceso de Elevación.....	8
1.2.3.1 Rodillos Laminadores.....	12
2.1.2.1 Dimensiones del horno.....	18
2.2 .1.3.1Banda transportadora.....	24
2.2.1.3.2 Dimensiones de la banda.....	25
2.2.2.1 Transmisión común de banda abierta (directa), el lado flojo debe quedar arriba.....	28
2.2.2.2 Transmisiones inversoras a) de banda abierta, b) de banda cruzada.....	37
2.3.1 Rodillo laminador.....	44
2.3.2 Dimensiones del rodillo estampador.....	45
2.3.3.1.1 Distribución de rulimanes.....	46
2.3.3.1.2 Base para los rulimanes y rodillos.....	48
2.3.3.2 Porción de una cadena de rodillos con dos torones.....	50
3.1 Esquema general de la máquina.....	57

4.1.2.1 Arquitectura del PLC.....	60
4.1.4.1 características del temporizador monoestable .....	66
4.1.4.2 características del temporizador on delay.....	67
4.1.4.3 características del temporizador off delay.....	68
4.1.4.4 características del contador ascendente.....	69
4.1.4.5 características del comparador.....	70
4.1.7.2 dimensiones del variador.....	94
4.1.7.1 Espacio entre equipos con respecto al variador.....	93

## LISTA DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
1. Número de quemadores dentro del horno.....	17
2.2.1.3.1 Dimensiones de la banda transportadora.....	24
2.2.2.1 Características de algunos tipos comunes de bandas.....	27
2.2.2.2 Propiedades de algunos materiales para bandas planas y redondas (Diámetro= d; espesor = t, ancho = w).....	38
2.2.2.3 Tamaño mínimo de polea para bandas de uretano planas y redondas. (Los diámetros de polea indicados están en pulgadas.).....	39
2.2.2.4 Factor de corrección de polea $C_p$ para bandas planas.....	39
2.2.2.5 Altura de coronamiento y diámetros ISO de poleas para bandas planas .....	40
2.2.2.6 Factores de servicio sugeridos $K_s$ para transmisiones de bandas en V.....	41
3.1 Componentes de la máquina.....	57
4.1.3.1 Características Generales PLC Master K80S.....	61

4.1.3.2 Características técnicas del PLC Master K80S.....	62
4.1.3.3 Características de las entradas del PLC Master K80S.....	62
4.1.3.4 Características de las salidas a Relé del PLC Master K80S.....	63
4.1.3.5 Características de las salidas a transistor del PLC Master K80S.....	63
4.1.4.1 Temporizadores.....	68
4.1.4.2 Contadores.....	70
4.1.4.3 Registro de datos.....	85
4.1.4.4 Entradas y salidas según el PLC.....	86
4.1.7.2 Conexiones Básicas del variador.....	96
4.1.7.1 Dimensiones del variador.....	95
5.2.3.1 Parámetros de Entrada.....	87
5.2.3.2 Parámetros de salida.....	89
5.2.3.3 Zonas PID.....	90
5.2.3.4 Grupo de parámetros PID.....	91
5.2.3.5 Parámetros para grupo de alarmas.....	92
5.2.3.6 Tipos de alarmas.....	93

## INTRODUCCIÓN

En la industria alimenticia se requiere cumplir con una serie de parámetros tales que el producto final sea apto para el consumo.

El proyecto presentado esta diseñado para la elaboración de galletas (laminado, estampado y horneado), la mayor parte de la máquina esta provista de materiales no corrosivos de acuerdo a las normas establecidas por el organismo encargado de la sanidad y seguridad alimenticia.

El sistema implementado esta dividido en dos partes:

- Eléctrica.
- Mecánica.

En la parte eléctrica el proyecto consta de un PLC, variadores de frecuencia y un controlador de procesos, además en la parte de instrumentación el sistema esta dotado de sensores inductivos los cuales sirven de entradas de referencia para el PLC.

En la parte mecánica el sistema posee rodillos, ejes y bases tanto para los motores como para la banda transportadora.

El alcance de nuestro proyecto se basa en el diseño de una máquina en el cual se pone en práctica los conocimientos de dos materias fundamentales para el desarrollo del proyecto como son automatización e instrumentación, utilizando un PLC y dos variadores de frecuencias los cuales son utilizados en las industrias.



## **CAPITULO 1**

### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN DE GALLETAS.**

#### **1.1 PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE LA MASA.**

Para la elaboración de la galleta, un factor importante es la calidad de la masa la cual es determinada por la materia prima y otros ingredientes que van a ser mezclados de tal manera que de cómo resultado una masa con características particulares como elasticidad, moldeabilidad y resistencia.

Para tener una masa con la calidad deseada, se debe tener en cuenta la calidad y cantidad de materia prima a utilizarse, además de las mezclas de ingredientes y procesos de fermentación y almacenamiento.

## **MATERIA PRIMA**

La materia prima es un factor importante en la elaboración de galletas, ya que es la base para la elaboración de dicho producto.

Básicamente las materias primas para la elaboración de galletas son:

- ❖ Harina
- ❖ Azúcar
- ❖ Grasa

Estas representan aproximadamente del 50 al 60% del producto final, ya que el porcentaje restante esta formado por:

- ❖ Esencias
- ❖ Amoniaco
- ❖ Almidón
- ❖ Sal
- ❖ Sodio, etc.

Estos ingredientes que también pueden ser llamados elementos menores, son dosificados y pesados en el Laboratorio de Dosimetría.

Las cantidades de materia prima y elementos menores cumplen ciertos estándares de fabricación y control de calidad la cuales dependen del producto a elaborarse.

Debido a que la harina es el principal componente debe cumplir cierta cantidad de requisitos tales como:

- ❖ 22% - 23% gluten
- ❖ 14% humedad máxima
- ❖ 52% absorción
- ❖ 0.6% cenizas
- ❖ 2% almidones.

#### ❖ **ALMACENAMIENTO DE LA HARINA.**

La harina es transportada por un sistema neumático hacia unas tolvas de carga, la cual llega hacia un tornillo sin fin que transporta la harina hasta un rútero, el cual dosifica la harina en

pequeñas cantidades por medio de unas tuberías que envían la harina hacia la tolva de la mezcladora.

### ❖ **MEZCLADO.**

Para esto se utiliza un mezclador, el cual es un juego de aspas similares a las de una batidora que son movidas por medio de un motor que cumple con las exigencias de potencia y velocidad de mezclado para crear un trabajo mecánico. Por ser un dispositivo mecánico, la eficiencia y rendimiento de este se ve limitado por agentes físicos externos tales como la fricción generada.

El proceso de mezclado incluye:

- ❖ La mezcla de elementos para formar una masa uniforme.
- ❖ La dosificación de ingredientes para formar una masa resistente y de buena calidad.
- ❖ La disolución y dispersión de sólidos y líquidos.

- ❖ El incremento de temperatura como resultado del trabajo desarrollado.
- ❖ La manipulación de la masa para desarrollar las proteínas de la harina en presencia del agua.

Existen dos clases de mezcladoras:

- ❖ Mezcladoras Horizontales.
- ❖ Mezcladoras Verticales.

Las Mezcladoras Horizontales procesan masas duras a mayor velocidad teniendo excelente uniformidad en el mezclado.

Las mezcladoras verticales se las utiliza cuando se requiere un mezclado más suave.

Estas mezcladoras son utilizadas en un proceso industrial de elaboración de galletas, ya que el mezclado consta de dos fases.

a) En la primera fase se utiliza la mezcladora horizontal ya que en esta se ingresa el agua para mezclarla con la harina, este mezclado tiene un tiempo aproximado de 5 a 6 minutos y debe

cumplir con los requerimientos de PH inicial de 6.1 y Final de 5.3, y la temperatura inicial debe variar entre 32°C y 34°C, los elementos secundarios son colocados manualmente por el operador encargado.

b) En la segunda fase se usa la mezcladora vertical ya que como se mezclan menos ingredientes se utiliza una velocidad menor, por esta razón el tiempo de mezclado varia entre 15 o 20 minutos dependiendo de la contextura de la masa, y manteniendo los niveles de PH inicial y final que varían entre (7.4 y 7.3), la temperatura debe estar entre 34°C - 36°C y la humedad entre 28% a 30%.

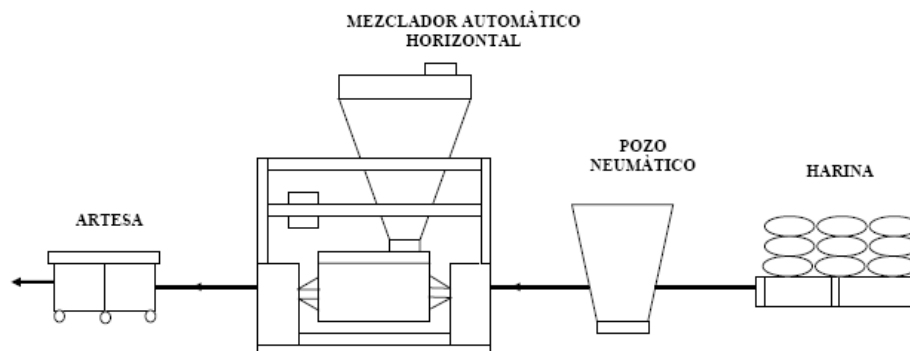


Figura 1.1.1 Mezclador Horizontal.

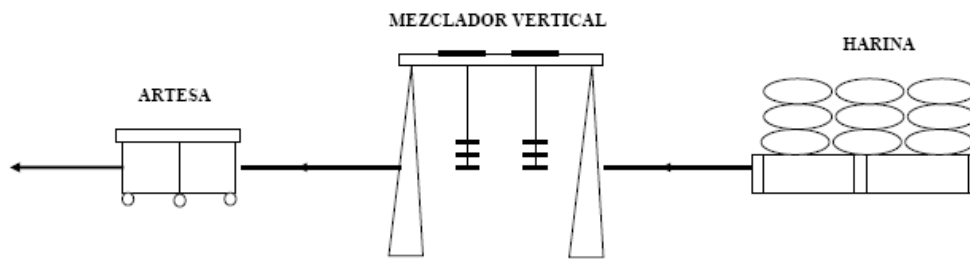


Figura 1.21.2 Mezclador Vertical.

## 1.2 PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE LA GALLETA.

### 1.2.1 ELEVACIÓN.

La masa es llevada en artesas o por bandas transportadoras dependiendo del sistema hacia un proceso de elevación, este proceso es controlado por un sistema electrónico.

Al subir la masa por la artesa, ésta se voltea en lo alto el cual activa unos sensores que sirven como fin de carrera para detener la marcha del motor, cabe recalcar que al voltearse la artesa, la masa cae en una tolva la cual

comprime a la masa con un sistema de rodillos estriados colocados en la parte inferior. Al salir la masa de este sistema de rodillos, esta es llevada hacia otros rodillos verticales por medio de un juego de bandas, mientras tanto la artesa desactiva los sensores y baja hasta que se le de una nueva señal para elevar otra cantidad de masa.

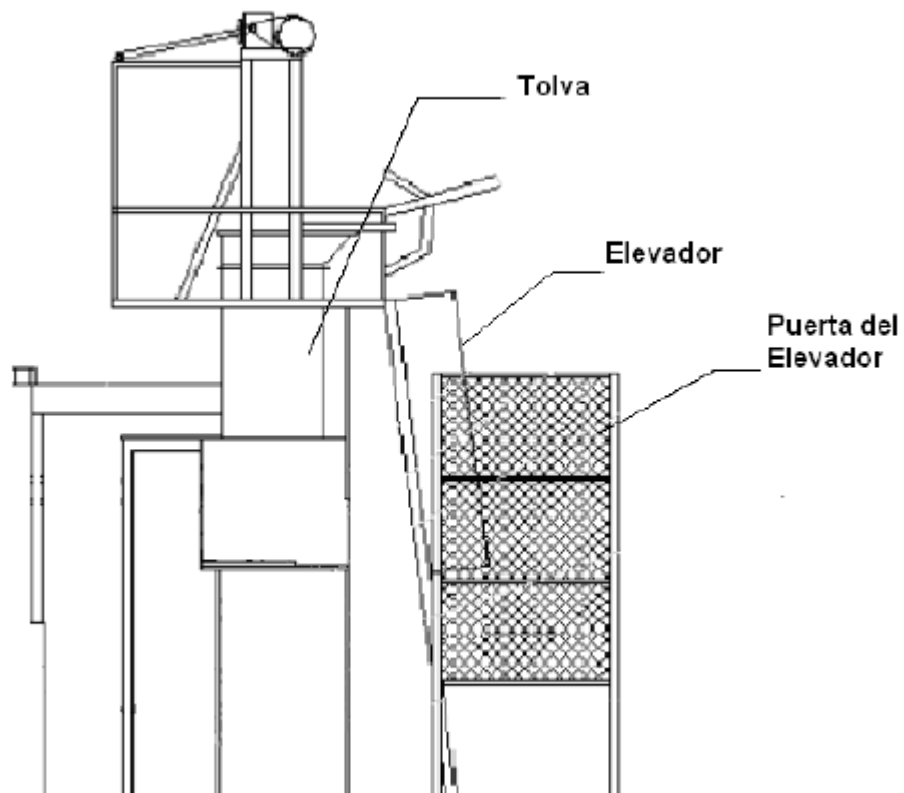


Figura 1.2.1 Proceso de Elevación.



### **1.2.2 PLEGADO**

Luego del proceso de elevación continúa con el plegado, que consiste en un movimiento de izquierda a derecha de la banda. Estos cambios de dirección sirven para distribuir mejor la masa y para alinear las partículas internas de esta.

Mientras más estructuras abiertas tenga la masa, la galleta crecerá más en volumen en el momento del horneado, pero mientras más compacta y estructurada se encuentre la masa, la galleta tendrá mas huecos.

### **1.2.3 LAMINACIÓN.**

El proceso de la laminación cumple con los siguientes objetivos:

- ❖ Facilitar el moldeo de la masa.
- ❖ Adelgazar la masa.
- ❖ Evitar que se rompa la masa.

- ❖ Ordenar la masa.
- ❖ Permitir la incorporación de la masa reciclada al cortador.
- ❖ Hacer una masa homogénea y uniforme.

Para tener excelentes galletas en una fábrica se realiza la laminación de la masa en dos sentidos (Horizontal y Vertical), ya que si no se hace esto la galleta sale ovalada por la acumulación de tensión en un sentido.

## **LAMINADO HORIZONTAL**

Luego de pasar por el proceso de plegado, la masa pasa al proceso de laminado horizontal mediante una banda transportadora inclinada,

Para reducir el espesor de la masa, se utilizan cuatro pares de rodillos de acero inoxidable los cuales reducen la masa hasta el espesor deseado.

Al tener rodillos de laminación de mayor diámetro, la reducción de la masa es suave y requiere menor fuerza mecánica el cual permite un mejor tratamiento de la masa, pero por razones de costos los rodillos no tienen un diámetro excesivo.

Al tener rodillos de menor diámetro, estos hacen que la masa se frene y no permita un óptimo laminado en términos de elasticidad y uniformidad, además de dañar la masa el cual da como resultado el rompimiento de la galleta.

Después de la laminación horizontal hay que proceder a realizar un alivio de tensiones debido a que cada par de rodillos ejerce cierta tensión sobre la masa. Dicha tensión debe ser aliviada justo después del último juego de rodillos laminadores, ya que si no se realiza dicha relajación, en el

proceso del corte esto puede traer problemas en las dimensiones de la galleta y por ende en el producto final.

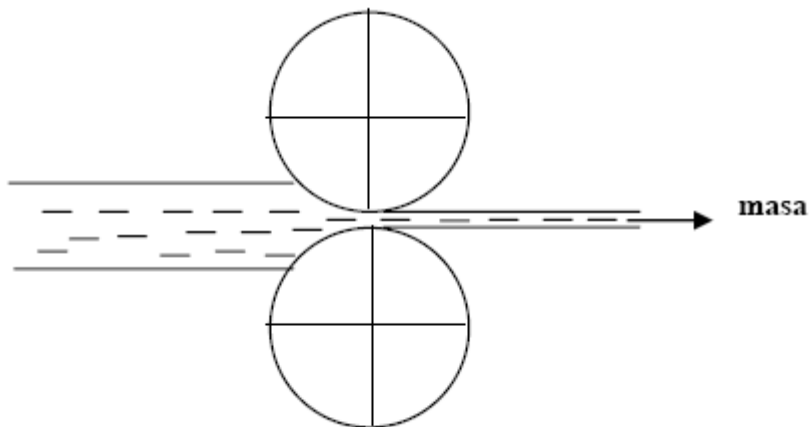


Figura 1.2.3.1 Rodillos Laminadores.

## 1.2.4 ESTAMPADOR DE MASA

### 1.2.4.1 ESTAMPADO

La lámina de masa es transportada por la misma banda transportadora que hizo el proceso de laminado hacia el sistema de estampado o troquelado. Es en este sistema que se estampan los distintos tipos de galletas.

Cabe recalcar que en el proceso de estampado no solamente se realiza el corte de las dimensiones de la galleta, sino también se realiza el grabado de la galleta (impresión) y los orificios. Es preciso asegurarse que la masa se adhiera al tejido soporte y no al cortador.

El troquelado se lo hace por medio de una estampadora que consta de un molde de casco y de un calibrador el cual sirve para darle menor o mayor presión.

#### **1.2.4.2            RECUPERADOR DE MASA.**

Entre la masa existe un grupo de masa sobrante al corte y al que es enviado al horno. Este sobrante de masa es retroalimentado y por medio de una banda transportadora hacia la tolva. La trama de masa que rodea a las

piezas cortadas, se adhiere menos a la banda transportadora de la cortadora. Esto permite que estos sobrantes de masa puedan ser empujados suavemente hacia un sistema de bandas de retroalimentación de recorte superior.

### **1.3 FUNCIONAMIENTO DEL HORNO.**

En un proceso industrial el horno esta dividido en diferente número de zonas y cada una tiene su propio sistema de combustión, pero en la mayoría de los casos solo se utilizan siete zonas. En la parte superior externa posee cierta cantidad de extractores para sacar los gases de los quemadores.

En el interior del horno existen compuertas que sirven para aislar el calor y la humedad de cada zona. Cada zona posee quemadores superiores e inferiores que están en contacto directo con el producto.

Como medida de seguridad existen treinta ventanillas a lo largo del horno llamadas fusibles de seguridad las cuales sirven para verificar si existe alguna sobre presión dentro del horno. Para observar el estado de la llama dentro de los quemadores se utilizan ventanillas de inspección.

## **CAPITULO 2.**

### **DISEÑO DE LA MÁQUINA.**

#### **2.1 HORNO.**

##### **2.1.1 DISEÑO DEL HORNO.**

###### **2.1.1.1 SELECCIÓN DE MATERIAL**

La selección del material para un área determinada de un horno debe ser:

- ❖ Lo suficientemente resistente para no deformarse a la temperatura del horno.
- ❖ Lo suficientemente dúctil para no romperse ni quebrarse en un manejo a baja temperatura.
- ❖ Resistente a la pérdida de metal debido a oxidación, corrosión y abrasión en la superficie.



## **2.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL HORNO.**

### **2.1.2.1 CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN.**

El bastidor / armazón es en acero galvanizado 1/16" (con doble aislamiento de la parte interior), los interiores son de Acero Galvanizado y las paredes exteriores son de Acero Galvanizado.

El horno posee una abertura en la parte inferior de 50 x 330 mm.

Entre las paredes interior y exterior el horno posee una capa de lana de vidrio de 50mm de espesor para crear aislamiento térmico.

En los laterales y centro, el horno posee tres resistencias colocadas en conexión delta. En la parte inferior se instaló una base para la termocupla. Detalles técnicos se explicarán en el capítulo 5.

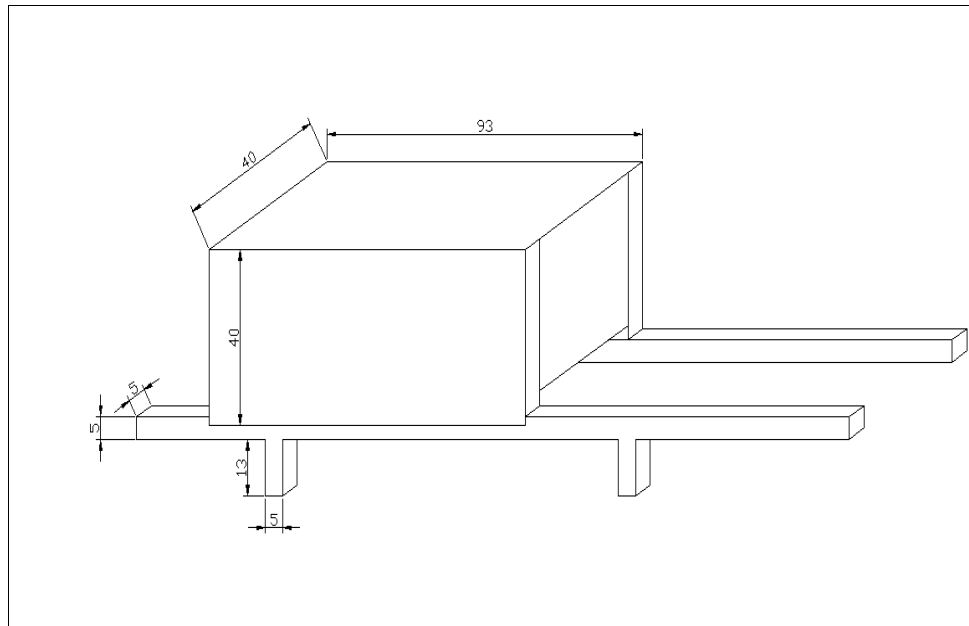


Figura 2.1.2.1 Dimensiones del horno en cm

### 2.1.2.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.

La rotación o giro de la banda transportadora se realiza por medio de piñones y cadena articulada, arrastrada por un motor reductor.

### 2.1.2.3 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

El control para el horno es realizado mediante un controlador de procesos colocado en un panel externo. Dicho panel contiene: un sinóptico del proceso, aparatos de control, interruptores y

pulsadores de marcha y paro, etc. El interior contiene relés de maniobra y de protección de los elementos que están conectados, el cableado del horno es de conductor THHN con protección de fibra.

A continuación destacamos algunos elementos eléctricos:

- ❖ Variador de frecuencia para la banda transportadora: Cabe recalcar que este variador le da marcha a toda la banda transportadora. La velocidad puede variar desde 6Hz hasta 400Hz.

- ❖ Controlador de procesos: Este dispositivo electrónico mantiene la temperatura del horno constante mediante un control PID.

- ❖ **POTENCIA Y CONSUMO**

La energía calorífica la proporcionan las resistencias conectadas en delta.

**HORNO RESISTIVO:**

Consumo eléctrico 9Kw (máximo).

Voltaje de línea: 220V

Corriente consumida: 40 A.

FP= 0.99

Calentamiento por convección (temperatura uniforme).

## **2.2 BANDA TRANSPORTADORA.**

### **2.2.1 MATERIAL DE LA BANDA.**

#### **2.2.1.1 ACERO INOXIDABLE.**

El acero inoxidable también es un tipo de acero resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales, que contiene posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro. Sin embargo, esta capa puede ser afectada por algunos ácidos, dando lugar a que el hierro sea atacado y oxidado por mecanismos intergranulares o picaduras generalizadas. Contiene, por definición, un mínimo de 10,5% de cromo. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el níquel y el molibdeno.

#### **2.2.1.2 TIPOS DE ACERO INOXIDABLE.**

Los aceros inoxidables que contienen solamente cromo se llaman ferríticos, ya que tienen una estructura metalográfica formada básicamente por ferrita. Son

magnéticos y se distinguen porque son atraídos por un imán.

Los aceros inoxidable que contienen más de un 7% de níquel se llaman austeníticos, ya que tienen una estructura metalográfica en estado recocido, formada básicamente por austenita. No son magnéticos en estado recocido.

A todos los aceros inoxidable se les puede añadir un pequeño porcentaje de molibdeno, para mejorar su resistencia a la corrosión por cloruros.

### **2.2.1.3 FAMILIAS DE LOS ACEROS INOXIDABLES.**

A continuación se presentan diferentes tipos de aleaciones de acero inoxidable que se comercializan:

- ❖ Acero inoxidable extra-suave: contiene un 13% de Cr y un 0,15% de C. Se utiliza en la fabricación de: elementos de máquinas, álabes de turbinas, válvulas, etc. Tiene una resistencia mecánica de 80 kg/mm<sup>2</sup> y una dureza de 175-205 Hb.

- ❖ Acero inoxidable 16Cr-2Ni: tiene de 0,20% de C, 16% de Cr y 2% de Ni; resistencia mecánica de 95 kg/mm<sup>2</sup> y una dureza de 275-300 Hb. Se suelda con dificultad, y se utiliza para la construcción de álabes de turbinas, ejes de bombas, utensilios de cocina, cuchillería, etc.
- ❖ Acero inoxidable al cromo níquel 18-8: tiene un 0,18 de C, un 18% de Cr y un 8% de Ni Tiene una resistencia mecánica de 60 kg/mm<sup>2</sup> y una dureza de 175-200Hb, Es un acero inoxidable muy utilizado porque resiste bien el calor hasta 400 °C
- ❖ Acero inoxidable al Cr- Mn: tiene un 0,14% de C, un 11% de Cr y un 18% de Mn. Alcanza una resistencia mecánica de 65 kg/mm<sup>2</sup> y una dureza de 175-200Hb. Es soldable y resiste bien altas temperaturas. No es magnético. Se utiliza en colectores de escape.

**Para el transporte de la galleta se utilizó el acero inoxidable al cromo níquel 18-8. Seleccionamos ésta banda debido a su alta resistencia a temperaturas elevadas, además que se acoplaba perfectamente en el conveyer. Se presenta a continuación detalles de la banda en cuestión.**



Figura 2.2.1.3.1 banda transportadora.

Chain Information						
Chain Width			Min. Side-flex Radius		Approximate Weight	
desc	in	mm	in	mm	lbs/ft	kg/m
2-1/4	2.25	57.2	-	-	1.43	2.12
2-5/8	2.63	66.7	-	-	1.60	2.37
3-1/4	3.25	82.6	-	-	1.84	2.73
4	4.00	101.6	-	-	2.14	3.17
4-1/2	4.50	114.3	-	-	2.34	3.47
6	6.00	152.4	-	-	2.94	4.36
7-1/2	7.50	190.5	-	-	3.54	5.25

Tabla 2.2.1.3.1 Dimensiones de la banda transportadora.



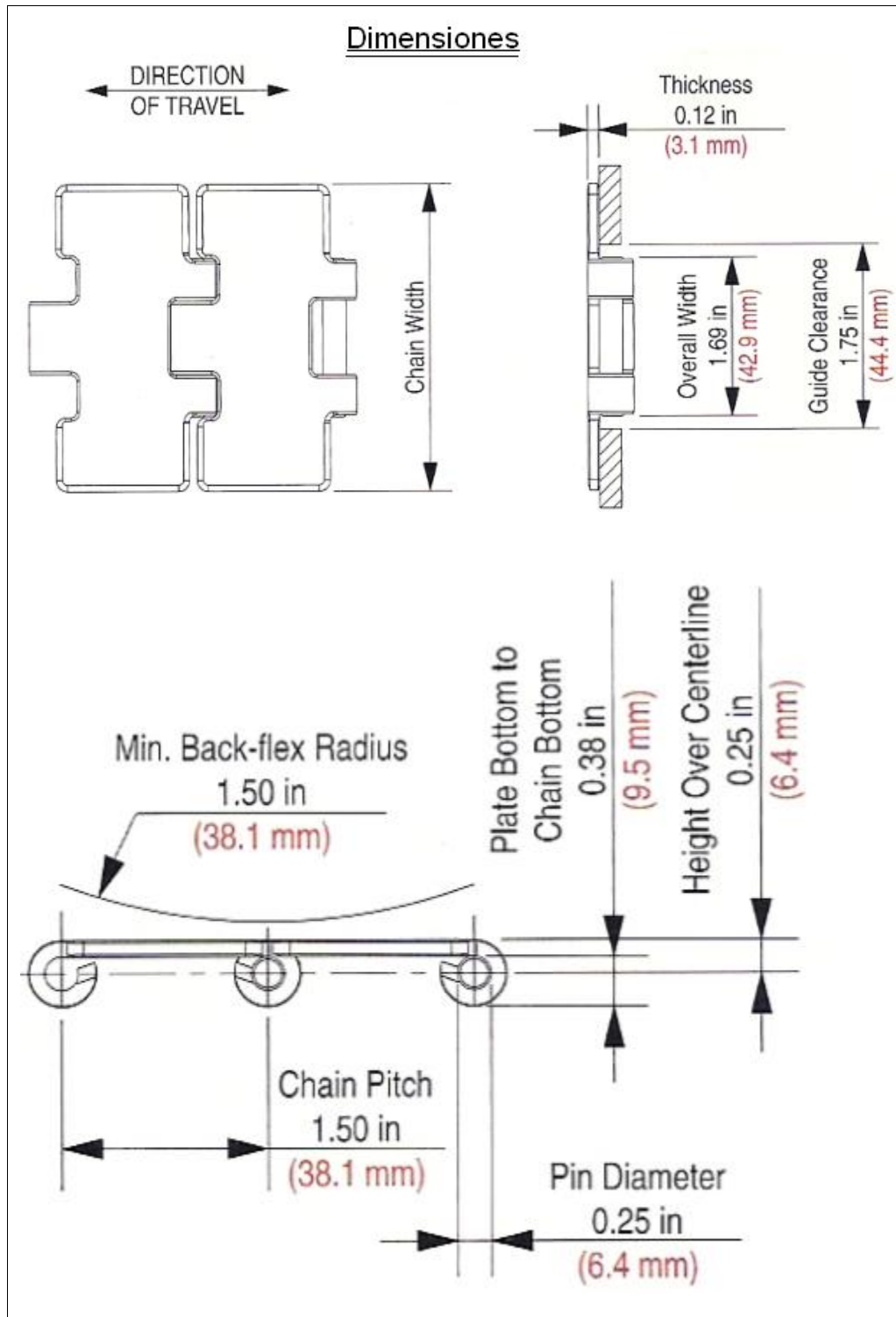


Figura 2.2.1.3.2 Dimensiones de la banda.

## **2.2.2 BANDAS DE TRANSMISIÓN.**

### **2.2.2.1 CARACTERÍSTICAS**

Las poleas se usan con bandas planas, Las bandas sincronizadoras o las cadenas requieren poleas dentadas o ruedas catarinas, respectivamente. En todos los casos los ejes de las poleas deben estar separados una cierta distancia mínima, la que depende del tipo y tamaño de la banda, a fin de tener un buen funcionamiento. Otras características de las bandas son:

- ❖ Pueden utilizarse para grandes distancias entre centros, excepto para las bandas de sincronización, existe un cierto deslizamiento y cadencia o estirado permanente, y por tanto no es constante la relación entre las velocidades angulares de los dos ejes, ni exactamente igual a la relación entre los diámetros de las poleas.


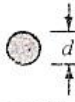
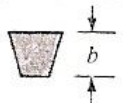
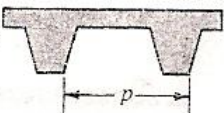
TIPO DE BANDA	FIGURA	JUNTA	INTERVALO DE TAMAÑOS	DISTANCIA ENTRE CENTROS
Plana		Si	$t = \begin{cases} 0.03 \text{ a } 0.20 \text{ in} \\ 0.75 \text{ a } 5 \text{ mm} \end{cases}$	No hay límite superior
Redonda		Si	$d = \frac{1}{8} \text{ a } \frac{3}{4} \text{ in}$	No hay límite superior
Trapezoidal o en V		Ninguna	$b = \begin{cases} 0.31 \text{ a } 0.91 \text{ in} \\ 8 \text{ a } 19 \text{ mm} \end{cases}$	Limitada
Reguladora		Ninguna	$p = 2 \text{ mm y mayor}$	Limitada

TABLA 2.2.2.1 Características de algunos tipos comunes de bandas

- ❖ En algunos casos, una polea guía o tensora, puede utilizarse para evitar ajustes en la distancia entre centros, que generalmente son necesarios para compensar el desgaste o en la instalación de bandas nuevas.

La figura 2.2.2.1 ilustra la transmisión usual de banda abierta (directa o no inversora). En el caso de un mecanismo con banda plana la tensión en las mismas es tal que es visible la flojedad o colgadura, como se indica, cuando la banda está

en movimiento. Aunque se prefiere la parte superior para el lado flojo de la banda, en el caso de otros tipos de correas puede utilizarse la parte superior o la inferior, debido a que su tensión de instalación generalmente es mayor.

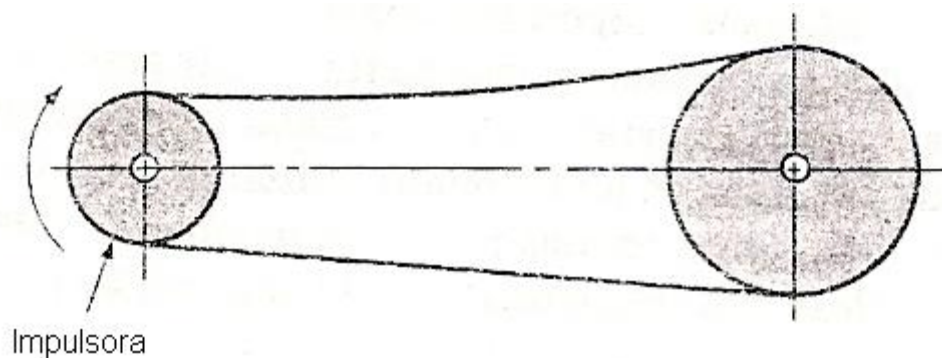


FIGURA 2.2.2.1 Transmisión común de banda abierta (directa), el lado flojo debe quedar arriba.

### 2.2.2.2 TRANSMISIONES DE BANDA PLANA.

En las transmisiones de banda plana modernas el elemento flexible consiste en un núcleo elástico fuerte recubierto por un material elastómero, estas transmisiones tienen notables ventajas sobre las transmisiones de engranes o las de bandas en V. Una transmisión de banda plana tiene una eficiencia aproximadamente de 98%, que es casi igual a la de una transmisión de engranes.

Por otra parte, la eficiencia de las transmisiones de bandas en V varía desde cerca de 70% hasta 96%. Las transmisiones de banda plana producen muy poco ruido y absorben mayor vibración torsional del sistema, que una transmisión de engranes o de bandas en V.

Cuando se utiliza una transmisión abierta de banda plana (Fig. 2.2.2.1), se halla que los ángulos de contacto son:

$$\theta_d = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{D-d}{2C}$$

$$\theta_D = \pi + 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{D-d}{2C}$$

Donde:

$D$ = diámetro de la polea mayor

$d$ = diámetro de la polea menor

$C$ = distancia entre centros

$\theta$  = ángulo de contacto

La longitud de la banda se halla sumando las dos longitudes de arco con desveces la distancia entre el punto inicial y el final del contacto. El resultado es:

$$L = [4C^2 - (D - d)^2]^{1/2} + \frac{1}{2}(D\theta d + d\theta d)$$

Un conjunto similar de las ecuaciones puede deducirse para una transmisión de banda cruzada como la de la figura 2.2.2.2b. En este caso, el ángulo de envolvimiento es el mismo para ambas poleas y vale

$$\theta = \pi + 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{D+d}{2C}$$

La longitud de la banda es una transmisión cruzada se halla que es

$$L = [C^2 - (D+d)^2]^{1/2} + \frac{\theta}{2}(D+d)$$

El investigador Firbank explica la teoría de la transmisión de banda plana en la siguiente forma. Un cambio en la tensión de la banda debido a las fuerzas de fricción entre la banda y la polea, ocasionará que la banda se estire o contraiga y tenga así movimiento relativo respecto a la superficie de la polea. Este movimiento es originado por distensión elástica y está

relacionado con la fricción deslizante y no con la fricción estática. La acción en la polea impulsora sobre esa porción del ángulo de contacto, que es la que realmente transmite potencia, es tal que la velocidad de la banda es menor que la velocidad periférica de la polea debido a la distensión elástica.

El ángulo de contacto está constituido por el arco efectivo, según el cual se transmite potencia, y el arco inactivo. En el caso de la polea impulsora, la banda primero hace contacto con la polea con una tensión mayor  $F_1$  (en el lado tirante) y una velocidad mayor  $V_1$ , que es igual a la velocidad periférica de la polea. La banda pasa luego por el arco inactivo sin cambio en  $F_1$  o  $V_1$ . A continuación comienza el contacto de distensión y deslizante y la tensión de la banda cambia de acuerdo con las fuerzas de fricción. Al final del arco efectivo, la banda sale de la polea con una tensión menor  $F_2$  (en el lado flojo o colgante) y una velocidad menor  $V_2$ .

Firbank ha empleado esta teoría para expresar la mecánica de la transmisión de banda plana en forma matemática, verificando los resultados por experimentación. Sus observaciones, incluyen el hecho de que valores considerables de potencia se transmiten por fricción estática y no por fricción deslizante. También halló

que el coeficiente de rozamiento o fricción para una banda que tiene núcleo de nilón y superficie de cuero era típicamente igual a 0.7, pero que podría ser elevado a 0.9 empleando acabados de superficie especiales.

Debido al espacio requerido para exponer el análisis de Firbank, se presenta aquí un estudio simplificado, es el análisis usual que ha sido utilizado por muchos años. Se supone que la fuerza de fricción en la banda es uniforme a lo largo de todo el arco de contacto y que las fuerzas centrífugas en la banda pueden ser despreciadas. Entonces la relación entre la tensión mayor  $F_1$  y la tensión menor  $F_2$  es la misma que en el caso de los frenos de banda y vale,

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{f\theta}$$

Donde  $f$  es el coeficiente de fricción y  $\theta$  es el ángulo de contacto.

La potencia transmitida es

$$P = (F_1 - F_2) * V$$

En esta ecuación la potencia  $P$  está en Watts cuando la tensión  $F$  está en newtons y la velocidad de la banda  $V$  está en metros por segundo. La potencia transmitida  $H$  en caballos es



$$H = \frac{(F_1 - F_2)V}{33000}$$

Donde las tensiones  $F$  están en libras y la velocidad está en pies por minuto.

La fuerza centrífuga fue despreciada al formular la ecuación. Esta fuerza está dada por la ecuación

$$F_c = m * v^2$$

Donde  $m$  es la masa de la banda por unidad de longitud y  $v$  está en unidades de longitud por segundo. Cuando se incluye la fuerza centrífuga la ecuación queda

$$\frac{F_{1-fc}}{F_2 - F_c} = e^{f\theta}$$

Obsérvese que la relación neta de las tensiones debe ser menor que  $e^{f\theta}$  ya que éste es el punto de resbalamiento potencial en la superficie de separación entre banda y polea. Ahora considérese una restricción adicional. Cuando se instala una banda, se introduce una tensión inicial  $F_i$  en aquélla. Supóngase ahora que cada segmento de banda que sale de la polea es un resorte sometido a una tensión inicial  $F_i$ . A medida que se demanda potencia la polea alargando el lado tirante y acortando el lado colgante. Por tanto

$$F_1 = F_i + \Delta F$$

$$F_2 = F_i - \Delta F$$

Despejando la tensión inicial se tiene

$$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2}$$

La importancia de la ecuación  $F_i = \frac{F_1 + F_2}{2}$  es que realmente define la tensión máxima de la banda. Consideremos lo siguiente: Cuando no se está transmitiendo potencia, las tensiones de la banda son iguales en ambos lados y por tanto  $F_1 = F_2 = F_i$ . Si se agrega ahora una carga ligera, se transmite una cierta potencia y  $F_1$  aumenta en  $\Delta F$ , en tanto que  $F_2$  disminuye en la misma cantidad. Si la carga aumenta más y más, entonces  $F_2$  finalmente será nula porque la banda no puede trabajar a compresión. En este punto  $F_1 = 2F_i$  que es la tensión máxima de la banda.

Por consiguiente, la única forma de transmitir más potencia es aumentar la tensión inicial de dicha banda.

Con base es el razonamiento anterior, se diseña la transmisión de bandas limitando la tensión máxima  $F_1$  de acuerdo con la

tensión permisible especificada para el tamaño y material de la

banda. Tomando  $F_2 = 0$  en la ecuación  $H = \frac{(F_1 - F_2)V}{33000}$

y sustituyendo  $F_1$  por  $2F_i$ , se tiene:

$$H = \frac{F_i V}{16500}$$

Ésta es la ecuación de diseño básico para transmisiones de bandas plana y redonda. Sin embargo, ciertas modificaciones son necesarias, para tener en cuenta las condiciones de operación y el material de la banda que se use.

Desafortunadamente muchos de los datos disponibles sobre bandas son de fuentes en las que se presentan en forma muy simplista. Estas fuentes usan varios diagramas, nomogramas y tablas para permitir que los apliquen quien no conozca nada acerca de las bandas. Pocos cálculos (o ninguno) son necesarios para que tal persona obtenga resultados válidos. Puesto que en muchos casos se carece de una comprensión básica del proceso, no hay manera de que esta persona pueda variar los pasos del mismo para obtener un mejor diseño.

La presentación de los datos disponibles sobre bandas de transmisión en forma que proporcione una buena comprensión

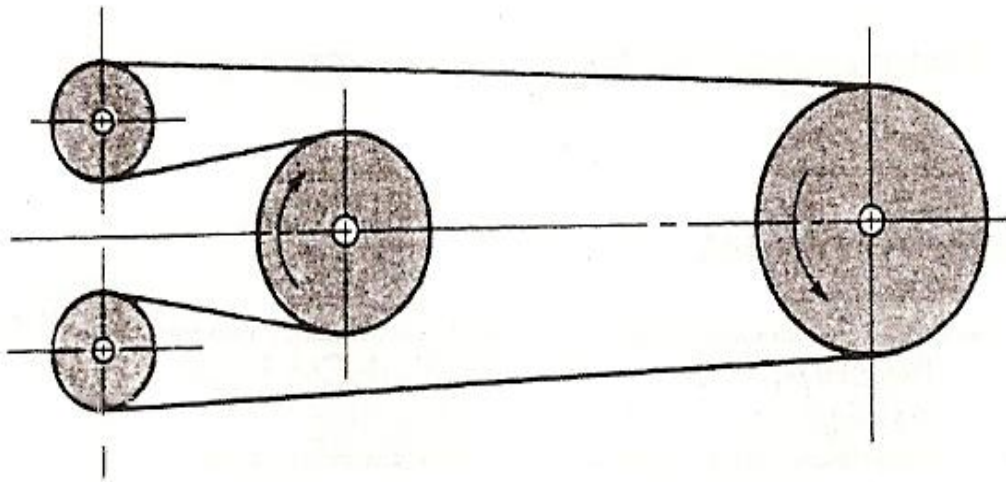
de la mecánica de las bandas, implicó ciertos ajustes en los datos.

Debido a esto los resultados del análisis expuesto aquí no corresponden exactamente a los de las fuentes de las cuales fueron obtenidos.

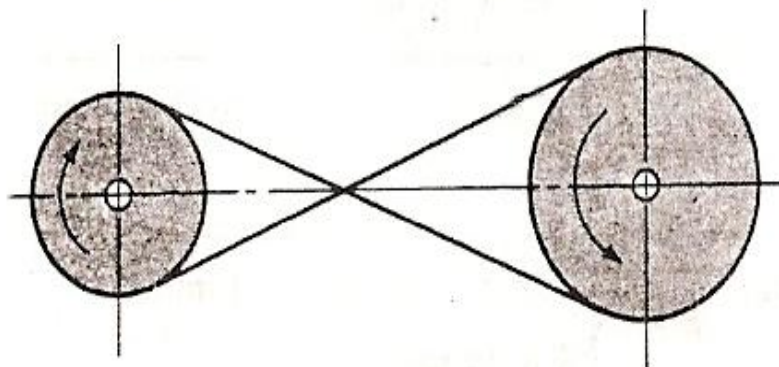
Una variedad moderada de materiales para bandas, con algunas de sus propiedades, representa en la tabla 2.2.2.2. Los datos son suficientes para resolver una gran variedad de problemas de diseño y análisis. La ecuación de diseño por usar es, por la

ecuación  $H = \frac{F_t V}{16500}$ .

$$H = \frac{C_p C_v F_a V}{16500 K_s}$$



(a)



(b)

Figura 2.2.2.2 Transmisiones inversoras a) de banda abierta, b) de banda cruzada.

MATERIAL	ESPECIFICACIÓN	TAMAÑO in	DIÁMETRO MÍNIMO DE POLEA in	TENSIÓN PERMISIBLE POR UNIDAD DE ANCHO A 600 ft/min lb / in	PESO lb / in <sup>3</sup>	COEFICIENTE DE FRICCIÓN
CUERO	1 capa	t = 11 /64	3	30	0,035-0,045	0,4
		t = 11 /64	3½	33	0,035-0,045	0,4
	2 capas	t = 18 /64	4½	41	0,035-0,045	0,4
		t = 20 /64	6 <sup>a</sup>	50	0,035-0,045	0,4
		t = 23 /64	9 <sup>a</sup>	60	0,035-0,045	0,4
Poliamida	F - 0°	t = 0,03	0,6	10	0,035	0,5
	F - 1°	t = 0,05	1	35	0,035	0,5
	F - 2°	t = 0,07	2,4	60	0,051	0,5
	A - 2°	t = 0,11	2,4	60	0,037	0,8
	A - 3°	t = 0,013	4,3	100	0,042	0,8
	A - 4°	t = 0,20	9,5	175	0,039	0,8
	A - 5°	t = 0,25	13,5	275	0,039	0,8
Uretano	w = 0,50	t = 0,062		5,2	0,038-0,045	0,7
	w = 0,75	t = 0,078		9,8	0,038-0,045	0,7
	w = 1,25	t = 0,090		18,9	0,038-0,045	0,7
	REDONDA	d = ¼		8,3	0,038-0,045	0,7
		d = ⅜		18,6	0,038-0,045	0,7
		d = ½		33	0,038-0,045	0,7
		d = ¾		74,3	0,038-0,045	0,7

TABLA 2.2.2.2 Propiedades de algunos materiales para bandas planas y redondas

(Diámetro= d; espesor = t, ancho = w)

Donde  $H$  = potencia transmitida, hp $C_p$  = factor de corrección de polea $C_v$  = factor de corrección de velocidad $F_a$  = Tensión permisible de banda, lb $V$  = Velocidad de la banda, ft/min $K_s$  = Factor de servicio

Los tamaños de polea mínimos para las diversas correas o bandas se indican en las tablas 2.2.2.3 y 2.2.2.4. El factor de corrección de polea considera el grado de flexión de la banda y cómo afecta esto la vida de la correa. Por esta razón, depende del tamaño y material de la banda utilizada.

Aplíquese la tabla 2.2.2.3, y use  $C_p = 1.0$  para bandas de uretano.

CLASE DE BANDA	TAMAÑO DE BANDA	RELACION DE LA VELOCIDAD DE POLEA A LA LONGITUD DE BANDA rev / (ft.min)		
		HASTA 250	250 A 499	500 A 1000
PLANA	0,50 x 0,062	0,38	0,44	0,5
	0,75 x 0,078	0,5	0,63	0,75
	1,25 x 0,090	0,5	0,63	0,75
REDONDA	¼	1,50	1,75	2,00
	⅜	2,52	2,62	3,00
	½	3,00	3,50	4,00
	¾	5,00	6,00	7,00

TABLA 2.2.2.3 Tamaño mínimo de polea para bandas de uretano planas y redondas. (Los diámetros de polea indicados están en pulgadas.)

MATERIAL		DIÁMETRO DE LA POLEA MENOR ( in )				
		1,6 A 4	4,5 A 8	9 A 12,5	14 , 16	18 A 31
CUERO		0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
POLIAMIDA	F - 0	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00
	F - 1	0,70	0,92	0,95	1,00	1,00
	F - 2	0,73	0,86	0,96	1,00	1,00
	A - 2	0,73	0,86	0,96	1,00	1,00
	A - 3	-	0,70	0,87	0,94	0,96
	A - 4	-	-	0,71	0,80	0,85
	A - 5	-	-	-	0,72	0,77

TABLA 2.2.2.4 Factor de corrección de polea  $C_p$  para bandas planas.

DIÁMETRO DE POLEA ( in )	CORONAMIENTO ( in )	DIÁMETRO DE POLEA ( in )	CORONAMIENTO (in)	
			W ≤ 10 in	W > 10 in
1.6, 2, 2.5	0,012	12.5, 14	0,03	0,03
2.8, 3, 3.15	0,012	12.5, 14	0,04	0,04
3.55, 4, 4.5	0,012	22.4, 25, 28	0,05	0,05
5, 5.6	0,016	31.5, 35.5	0,05	0,06
6.3, 7.1	0,020	40	0,05	0,06
8, 9	0,024	45, 50, 56	0,06	0,08
10, 11.2	0,030	63, 71, 80	0,07	0,10

TABLA 2.2.2.5 Altura de coronamiento y diámetros ISO de poleas para bandas planas

Las poleas de banda plana se hacen con una convexidad o combadura central (coronamiento) para evitar que la banda se corra o desplace de la superficie de la polea. Si sólo una polea tiene la combadura o coronamiento citado, debe ser la mayor. Ambas poleas deben estar combadas o abombadas siempre que los ejes de las poleas no estén en posición horizontal. Utilice la tabla 2.2.2.6 para determinar la altura del coronamiento.

Los valores de la tabla 2.2.2.2 para la tensión de banda permisible se basan en una velocidad de desplazamiento de 600 ft/min. En el caso de bandas de poliamida y uretano, empleése  $C_v = 1.0$ .

Los factores de servicio  $K_s$  para transmisiones de bandas en  $V$ , que se dan en la tabla 2.2.2.6, se recomiendan también aquí para transmisiones de banda plana o redonda.



CARACTERÍSTICA DEL IMPULSO	CARACTERÍSTICA DE MOMENTO DE TORSION NOMINAL	MOMENTO TORSIONEL ALTO NO UNIFORME
UNIFORME	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
CHOQUE LIGERO	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
CHOQUE MEDIANO	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
CHOQUE FUERTE	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

Tabla 2.2.2.6 Factores de servicio sugeridos  $K_s$  para transmisiones de bandas en  $V$

- **En nuestro proyecto utilizamos una banda plana debido a la forma horizontal del transportador y de la mesa.**

### 2.2.3 SELECCIÓN DEL MOTOR

Los motores pueden ser utilizados para toda clase de trabajo y cada actividad requiere un tipo de motor. Para elegir un motor hay que tener en cuenta:

- ❖ La carga de trabajo (Potencia).
- ❖ La clase de servicio.
- ❖ El ciclo de trabajo.
- ❖ Los procesos de arranque, frenado e inversión.
- ❖ La regulación de velocidad.

- ❖ Las condiciones de la red de alimentación.
- ❖ La temperatura ambiente.

### 2.2.3.1 POTENCIA DE ACCIONAMIENTO

$$KW = Par Motor * \frac{RPM}{975}$$

$$HP = Par Motor * \frac{RPM}{726}$$

$$Potencia \text{ en KW} = 0,736 * Potencia \text{ en HP}$$

$$Potencia \text{ en HP} = 1,36 * Potencia \text{ en KW}$$

La potencia esta definida en dos factores: La fuerza en Kg y la velocidad en metros por segundo.

$$Potencia = F * V = Kgm/Seg.$$

El par del motor es una magnitud decisiva hasta el punto de determinar las dimensiones de un motor. Motores de igual par tienen aproximadamente las mismas dimensiones aunque tengan diferentes velocidades. En el arranque de un motor, es decir, en el intervalo de tiempo que pasa de la velocidad 0 a la nominal, el par toma distintos valores independientemente de la carga. La potencia nominal debe ser lo más parecida posible a la potencia requerida por la máquina a accionar. Un

motor de potencia excesiva da lugar a una mayor intensidad de corriente durante el arranque.

### **2.2.3.2 PAR MOTOR.**

El par motor es la fuerza que es capaz de ejercer un motor en cada giro. El giro de un motor tiene dos características: el par motor y la velocidad de giro. Por combinación de estas dos se obtiene la potencia, definida así:

$$P = C \times \omega$$

Donde:

C es el par motor en N·m.

$\omega$  es la velocidad angular en rad/s.

En los motores eléctricos, si se mantiene constante la tensión, el par aumenta para mantener la velocidad cuando la resistencia al giro es mayor, mediante el aumento de la corriente consumida.

- **El dimensionamiento y cálculo de los motores están detallados en los anexos. La potencia teórica para los motores es: 1,07 HP. Como conclusión utilizamos 2 motores de 1HP/220V/Trifásicos.**

## 2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS RODILLOS.

### 2.3.1 RODILLOS LAMINADORES

MATERIAL	ACERO INOXIDABLE
DIMENSIONES	RADIO= 3.66cm LARGO= 20cm ESPESOR= 1cm
EJES	DIAMETRO= $\frac{3}{4}$ "

Tabla 2.3.1 Dimensiones de los rodillos laminadores.

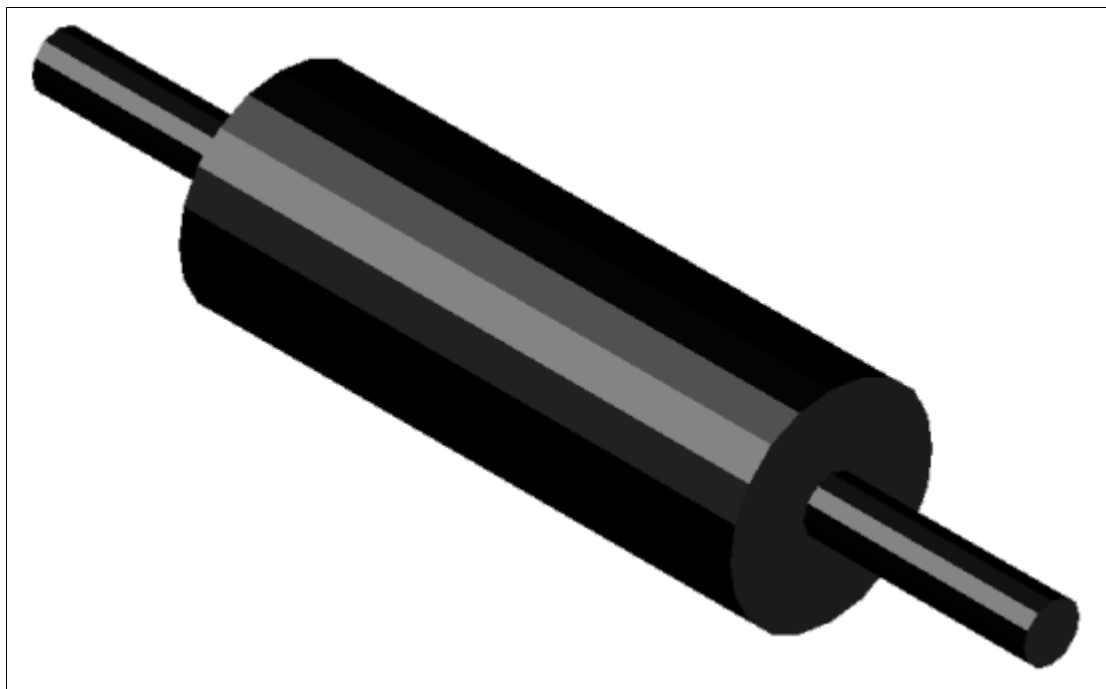


Figura 2.3.1 Rodillo laminador.

### 2.3.2 RODILLOS ESTAMPADORES.

MATERIAL	HIERRO ZINCADO
DIMENSIONES	RADIO= 4.37cm LARGO= 21cm
EJES	DIAMETRO= $\frac{3}{4}$ "
DIMENSIONES DE LAS CAVIDADES	MOLDE PARA LA GALLETA: 3 X 3 cm.
SEPARACION ENTRE CAVIDADES	HORIZONTAL: 2cm. VERTICAL: 1.5cm.

Tabla 2.3.2 Dimensiones del rodillo estampador.

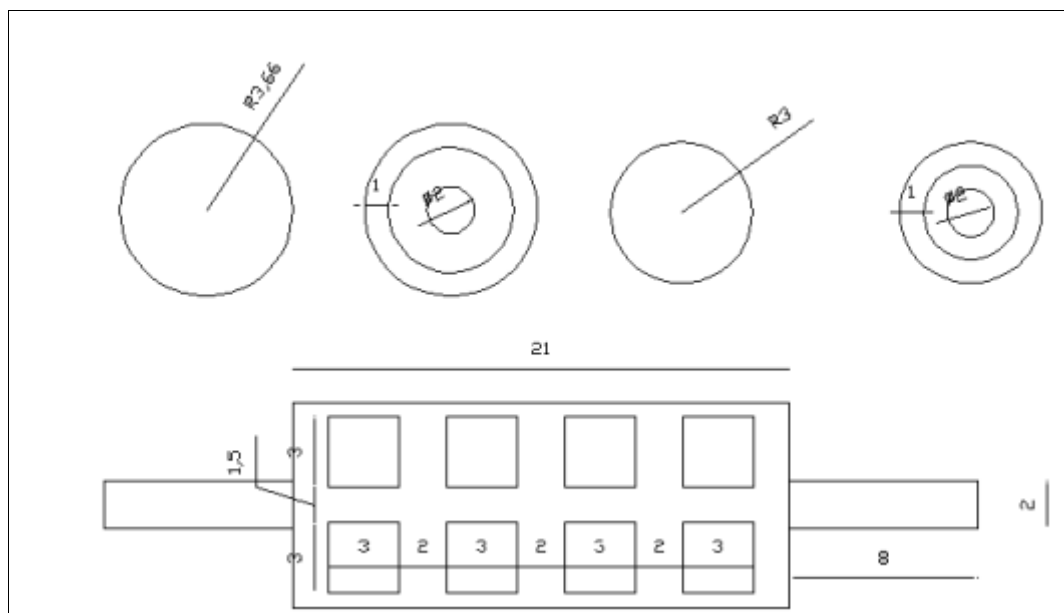


Figura 2.3.2 Dimensiones del rodillo estampador.

## 2.3.3 SOPORTE PARA LOS RODILLOS Y SISTEMA EN GENERAL.

### 2.3.3.1 RODAMIENTOS.

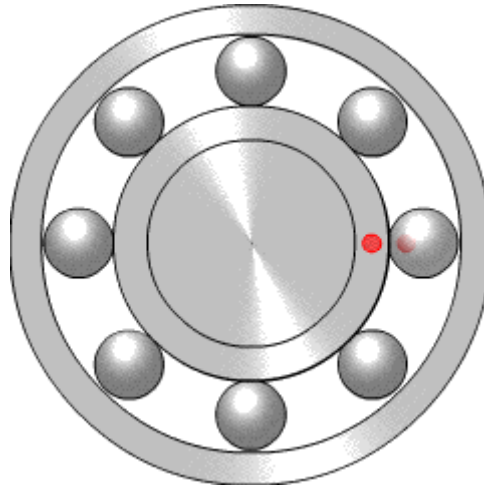


Figura 2.3.3.1.1 Distribución de rulimanes.

De acuerdo al tipo de contacto que exista entre las piezas, el rodamiento puede ser deslizante o lineal y rotativo.

El elemento rotativo que puede emplearse en la fabricación pueden ser: bolas, rodillos o agujas.

Los rodamientos de movimiento rotativo, según el sentido del esfuerzo que soporta, los hay axiales, radiales y axiales-radiales.

Un rodamiento radial es el que soporta esfuerzos radiales, que son esfuerzos de dirección normal a la dirección que pasa por el centro de su eje, como por ejemplo una rueda, es axial si soporta esfuerzos en la dirección de su eje, ejemplo en

quicio, y axial-radial si los puede soportar en los dos, de forma alternativa o combinada.

La fabricación de los cojinetes de bolas es la que ocupa en tecnología un lugar muy especial, dados los procedimientos para conseguir la esfericidad perfecta de la bola. Los mayores fabricantes de ese tipo de cojinetes emplean el vacío para tal fin. El material es sometido a un tratamiento abrasivo en cámaras de vacío absoluto. El producto final no es casi perfecto, también es atribuida la gravedad como efecto adverso. Los suecos, fabricantes de acero para partes de alta fricción en máquinas, han conseguido llevar al espacio exterior la técnica para el tratamiento final de las bolas, evitando el efecto gravedad, con el fin de conseguir la esfericidad deseada.

- **En la siguiente figura se muestra la pieza que sirve de base para los rodillos donde se encuentran los rodamientos.**

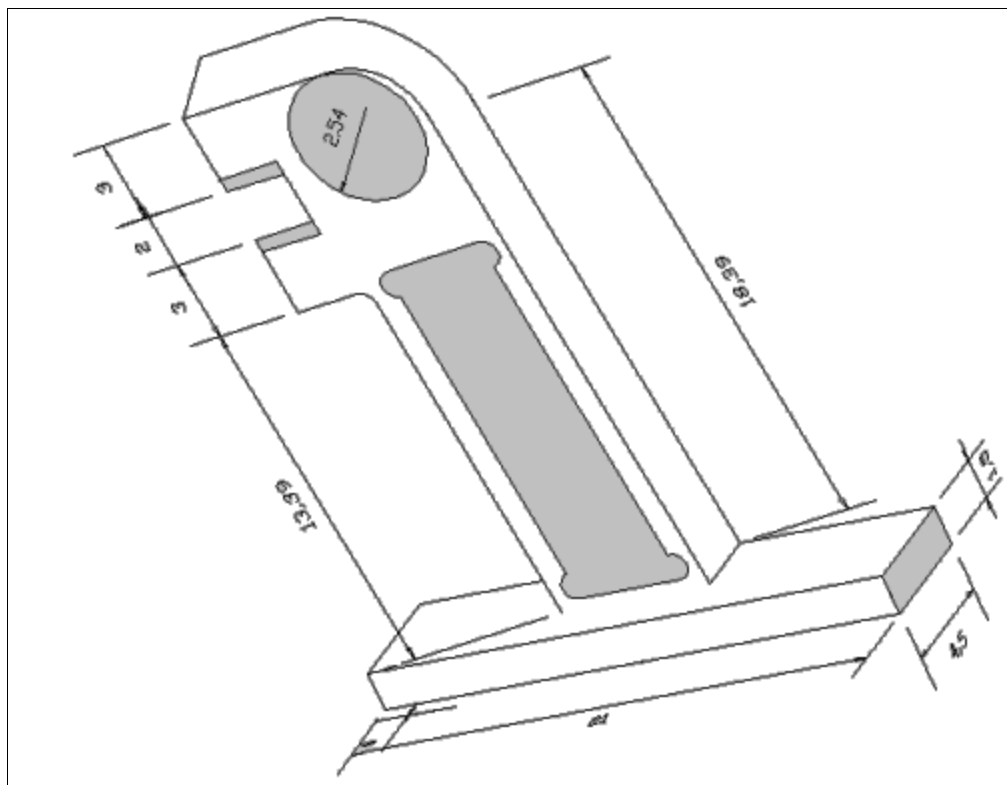


Figura 2.3.3.2.2 Base para los rulimanes y rodillos.

### 2.3.3.2 CADENA DE RODILLOS

Las características básicas de las transmisiones de cadena son una relación de velocidad constante (puesto que no hay deslizamiento ni distensión), larga duración o vida útil, y la aptitud de impulsar varios ejes desde una misma fuente de potencia.

Las cadenas de rodillos han sido estandarizadas por la ANSI en cuanto a tamaños. La figura 2.3.3.1 muestra la nomenclatura. El paso es la distancia lineal entre centros de dos rodillos. El Ancho es el espacio entre las placas de



eslabón. Estas cadenas se fabrican con simples, dobles, triples y cuádruples torones (o cordones). Las dimensiones de los tamaños estándares se muestran en la tabla 2.3.3.1

En la figura 2.3.3.2 se indica una rueda catarina que impulsa una cadena de transmisión en sentido contrario al del reloj. Designado el paso de la cadena por  $p$ , el ángulo de paso por  $\gamma$  y el diámetro de paso de la rueda catarina por  $D$ , por la trigonometría de la figura se ve que

$$\operatorname{sen} \frac{\gamma}{2} = \frac{p/2}{D/2} \quad \text{o bien} \quad D = \frac{p}{\operatorname{sen} \left( \frac{\gamma}{2} \right)}$$

Puesto que  $\gamma = 360^\circ / N$ , donde  $N$  es el número de dientes de la cadena,

Entonces la ecuación anterior puede escribirse:

$$D = \frac{p}{\operatorname{sen} \left( \frac{180}{N} \right)}$$

El ángulo  $\frac{\gamma}{2}$ , que gira el eslabón a medida que entra en contacto, se denomina ángulo de articulación. Puede verse

que su magnitud es en función del número de dientes. La rotación del eslabón según este ángulo ocasiona impacto entre los rodillos y los dientes de la rueda, y produce desgaste en las puntas de la cadena.

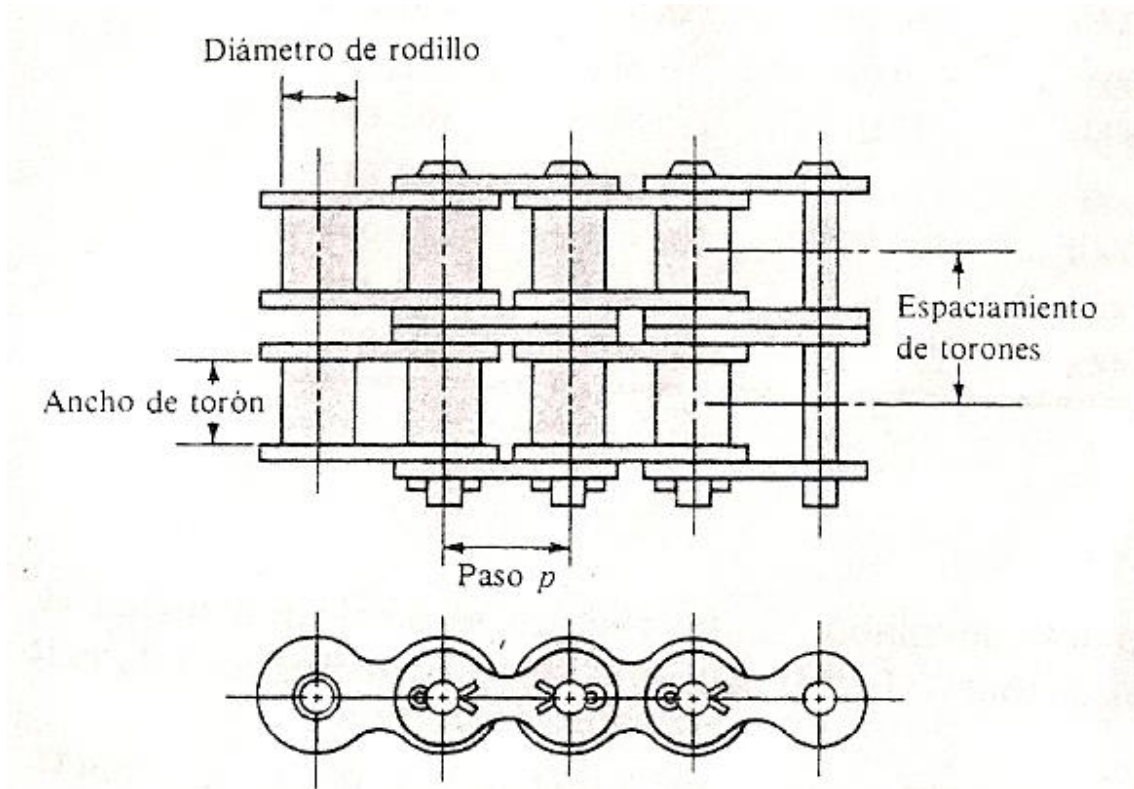


FIGURA 2.3.3.2 Porción de una cadena de rodillos con dos torones.

- **El paso de la cadena utilizada en el sistema es 35. Los detalles están en la tabla 2.3.3.1.**

NÚMERO DE CADENA ANSI	PASO in ( mm )	ANCHO in ( mm )	RESISTENCIA MÍNIMA A LA TENSIÓN lb ( N )	PESO MEDIO lb / ft ( N / m )	DIÁMETRO DE RODILLO in ( mm )	ESPACIAMIENTO DE TORONES in ( mm )
25	0,25	0,125	780	0,09	0,13	0,252
	(6,35)	(3,18)	(3470,00)	(1,31)	(3,30)	(6,40)
35	0,375	0,188	1760	0,21	0,2	0,399
	(9,52)	(4,76)	(7830,00)	(3,06)	(5,08)	(10,13)
40	0,5	0,312	3130,00	0,42	0,312	0,566
	(12,70)	(7,94)	(13920,00)	(6,13)	(7,92)	(14,38)
50	0,625	0,375	4880,00	0,69	0,4	0,713
	(15,88)	(9,52)	(21700,00)	(10,10)	(10,16)	(18,11)
60	0,75	0,5	7030,00	1	0,469	0,897
	(19,05)	(12,70)	(31300,00)	(14,60)	(11,91)	(22,78)
80	1	0,625	12500,00	1,71	0,625	1,153
	(25,40)	(15,88)	(55600,00)	(25,00)	(15,87)	(29,29)
100	1,25	0,75	19500	2,58	0,75	1,409
	(31,75)	(19,05)	(86700,00)	(37,70)	(19,05)	(35,76)
120	1,5	1	28000	3,87	0,875	1,789
	(38,10)	(25,40)	(124500,00)	(56,50)	(22,22)	(45,44)
140	1,75	1	38000	4,95	1	1,924
	(44,45)	(25,40)	(169000,00)	(72,20)	(25,40)	(48,87)

TABLA 2.3.3.1 Dimensiones de cadenas de rodillos estándares (fabricación estadounidense)

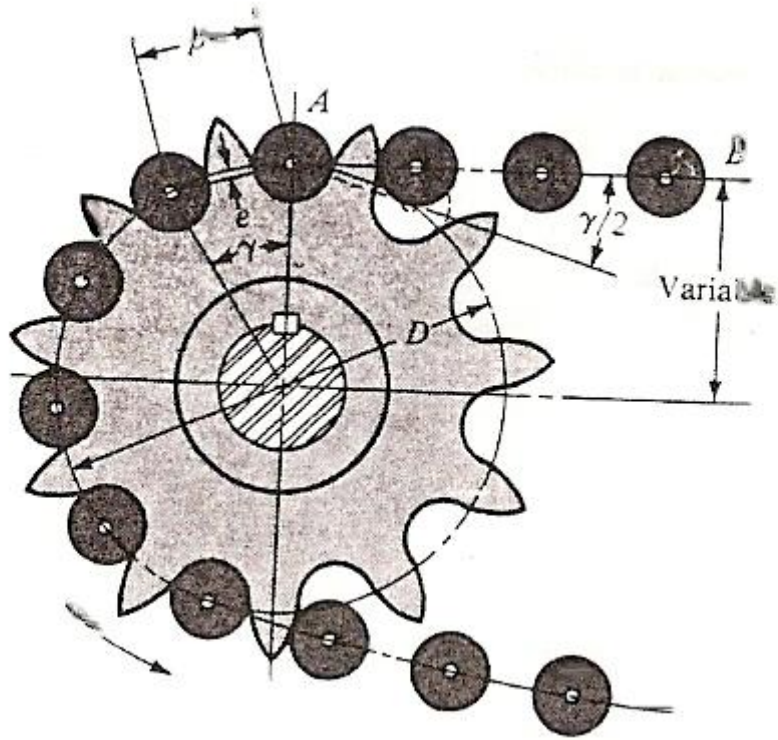


FIGURA 2.3.3.2 Embone o endentado de una cadena y su rueda catarina.

### **2.3.3.3 DETERMINACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DE UN EJE**

La configuración de un eje por diseñar generalmente se determina a partir de la experiencia y, más a menudo, consiste simplemente en un repaso de los modelos existentes en los que debe realizarse un cierto número de cambios. Estas modificaciones pueden resultar de una variedad de razones, como el uso de un sello o un acoplamiento recién diseñados, un cambio en la potencia o velocidad, cojinetes de tamaño diferente o el uso de componentes rotatorios también de nuevo diseño. Tales modificaciones o adaptaciones son fáciles para el diseñador y no necesitan explicación adicional.

No existe fórmula mágica para determinar la configuración de un eje para cualquier caso de diseño dado. El mejor enfoque o planteamiento es el de estudiar los diseños existentes a fin de advertir cómo se resolvieron problemas similares, y luego combinar lo mejor de ellos para solucionar el problema propio.

Muchos casos de diseño de ejes implican el problema de transmitir momento de torsión de un elemento u otro en el eje.

## CAPITULO 3

### FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO.

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A IMPLEMENTARSE.

El proceso esta dividido en dos partes:

- ❖ Manual.
- ❖ Automático.

En el proceso manual las entradas del PLC están desactivadas ya que en este proceso funcionan los 4 selectores de dos posiciones cuya función es realizar los cambios de velocidad tanto a la banda como a los rodillos laminadores y estampadores.

Cabe recalcar que al momento de seleccionar “manual” en el tablero de control, a su vez se habilitan 4 relés auxiliares los cuales permiten que al accionar cualquiera de los selectores de cambio de velocidad, los relés son colocados debido a que las velocidades del variador se activan con contactos secos y los selectores de 2 posiciones solo deben funcionar en este caso.

Una vez realizado los cambios de velocidad se realiza la operación normal para la elaboración de galletas.

En el proceso automático, el PLC realiza los cambios de velocidad así como la lectura de tiempos y proceso de ventilación (independientemente de la selección manual / automático).

El proceso automático tiene las siguientes características:

- ❖ Al colocar el selector en modo automático el PLC controla el proceso.
- ❖ Para iniciar el proceso automático, se tiene dos botoneras (marcha y paro), las cuales dan inicio y fin al proceso.
- ❖ Una vez presionada la botonera de marcha, el PLC habilita a las demás señales de entrada (sensores y controlador de procesos).
- ❖ Al ingresar la masa reposada por la primera bandeja se activa un sensor que envía una señal al PLC el cual activa un reloj que controla el tiempo del proceso para cada grupo de masa que ingresa a la maquina y a su vez da arranque a la banda transportadora y a los rodillos laminadores y estampadores.

- ❖ La banda transportadora y los rodillos funcionan a una misma velocidad, y el cambio de esta es igual en los dos casos.
- ❖ El controlador de procesos Hanyoung controla la temperatura del horno, este dispositivo mantiene constante la temperatura mediante un control de lazo cerrado.
- ❖ El controlador tiene dos señales de alarma, las cuales están seteadas a temperaturas diferentes (Temperatura alta y temperatura baja.), cuando la alarma de temperatura alta se activa el PLC activa las salidas que permiten el cambio a segunda velocidad, es decir, a una velocidad mayor a la requerida. Cuando la alarma de temperatura baja se activa, el PLC activa las salidas de velocidad normal. Este sistema permite tener una cocción constante de la masa para tener como resultado un producto óptimo.
- ❖ Al salir el producto final del horno, estos pasan por un sensor el cual indica el final de la operación y detiene los relojes del proceso, y a su vez accionan un par de ventiladores que cumplen la función de enfriar las galletas que salen del horno.



- ❖ El horno funciona directamente desde el controlador de procesos hanyoung, el cual mediante un lazo de control PID este mantiene constante la temperatura.

➤ Detalles generales de la Máquina.

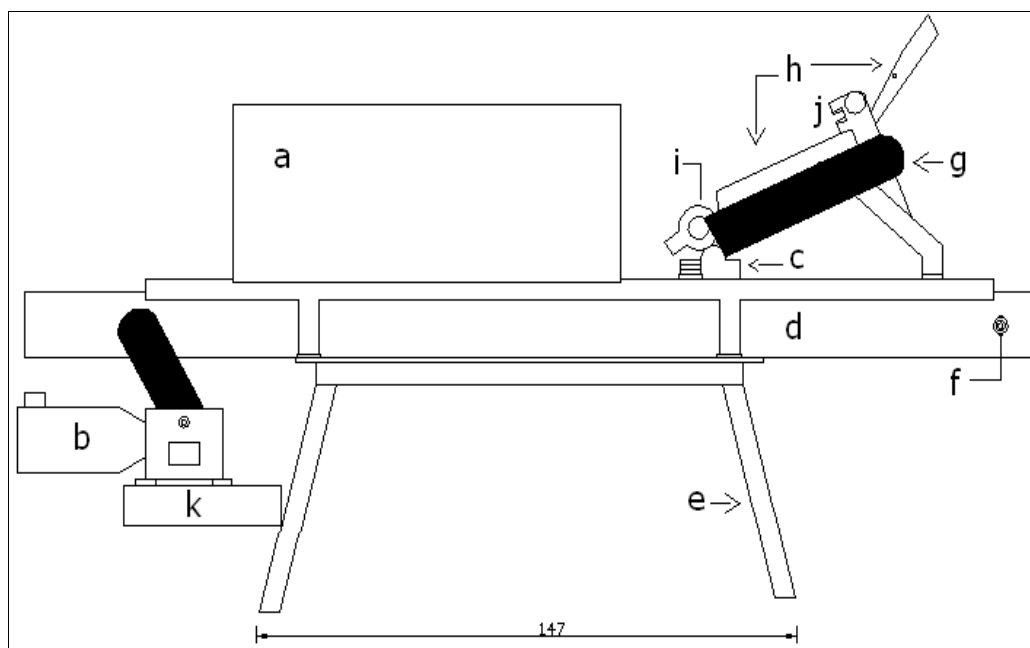


Figura 3.1 Esquema general de la máquina.

<b>a</b>	HORNO ELÉCTRICO.
<b>b</b>	MOTOR PARA EL ARRASTRE DE LA BANDA. M1
<b>c</b>	MOTOR PARA EL MOVIMIENTO DE LOS RODILLOS. M2
<b>d</b>	CONVEYER.
<b>e</b>	BASE PARA LA MÁQUINA.
<b>f</b>	CHUMACERAS DE PARED.
<b>g</b>	PROTECCIÓN QUE CUBRE LA CADENA
<b>h</b>	BANDEJAS EN ACERO INOXIDABLE.
<b>i, j</b>	BASES PARA LOS RULIMANES Y LOS RODILLOS.
<b>k</b>	BASE PARA M 1

Tabla 3.1 Componentes de la máquina.

## CAPITULO 4

### SISTEMA DE CONTROL DEL PROCESO.

#### 4.1 AUTOMATIZACIÓN.

##### 4.1.1 DEFINICIÓN DE PLC.

Un 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.

##### **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, 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

#### 4.1.2 ARQUITECTURA DEL PLC.

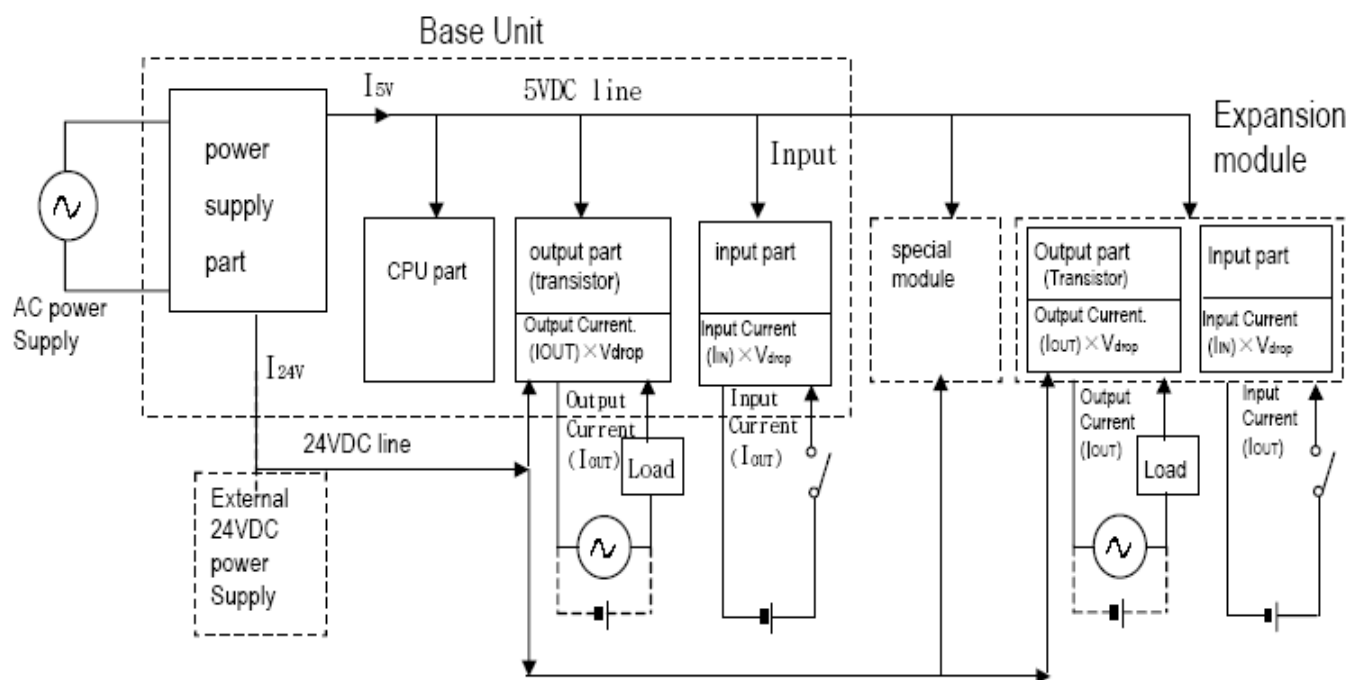


FIGURA 4.1.2.1 Arquitectura del PLC

### 4.1.3 CARACTERISTICAS DEL PLC MASTER K80S.

El PLC Master K80S tiene las siguientes características detalladas en las siguientes tablas:

No.	Item	Specifications	References			
1	Operating ambient Temperature	0 ~ 55 °C				
2	Storage ambient Temperature	-25 ~ +70 °C				
3	Operating ambient Humidity	5 ~ 95%RH, non-condensing				
4	Storage ambient Humidity	5 ~ 95%RH, non-condensing				
5	Vibrations	Occasional vibration			-	IEC 61131-2
		Frequency	Acceleration	Amplitude	Sweep count	
		10 ≤ f < 57Hz	-	0.075mm	10 times for each X, Y, Z axis	
		57 ≤ f ≤ 150Hz	9.8m/s <sup>2</sup> (1G)	-		
		Continuous vibration				
		Frequency	Acceleration	Amplitude		
10 ≤ f < 57Hz	-	0.035mm				
		57 ≤ f ≤ 150Hz	4.9m/s <sup>2</sup> (0.5G)	-		
6	Shocks	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maximum shock acceleration: 147 m/s<sup>2</sup> (15G)</li> <li>Duration time: 11ms</li> <li>Pulse wave: half sine pulse ( 3 shocks per axis, on X, Y, Z axis )</li> </ul>	IEC 61131-2			
7	Noise Immunity	Square wave Impulse noise	± 1,500 V		LGIS' Internal Standard	
		Electronic discharge	Voltage: 4 kV ( Discharge by contact )		IEC 61131-2, IEC 1000-4-2	
		Radiated electromagnetic field noise	27 ~ 500 MHz, 10 V/m		IEC 61131-2, IEC 1000-4-3	
		Fast transient & burst noise	Item	Power supply	Digital I/O (>24V)	Digital I/O (<24V) Analog I/O Interface
Voltage	2kV		1kV	0.25kV		
8	Atmosphere	Free of corrosive gases and excessive dust	IEC61131-2			
9	Altitude	Up to 2,000m				
10	Pollution degree	2				
11	Cooling method	Air-cooling				

Tabla 4.1.3.1 Características Generales PLC Master K80S.

Item		Specifications	
Program control method		Cyclic operation of stored program, Interrupt task operation, Time-driver operation	
I/O control method		Refresh method, Direct I/O method by command	
Program languages		Mnemonic, Ladder diagram	
No. of instructions	Basic	30	
	Application	218	
Processing speed		0.5 $\mu$ s/step	
Program capacity		7k steps	
Data memory	I/O relay (P)	P0000~P015F (If not used, it can be used as aux. relay)	
	Auxiliary relay (M)	M0000~M191F (3,072 points)	
	Keep relay (K)	K0000~K031F (512 points)	
	Link relay (L)	L0000~L063F (1,024 points)	
	Special relay (F)	F0000~F063F (1,024 points)	
	Timer (T)	100ms: T000~T191 (192 points: variable by parameter setting)	
		10ms: T192~T255 (64 points: variable by parameter setting)	
	Counter (C)	C000~C255 (256 points)	
	Step control area (S)	S00.00~S99.99 (100 x 100 step)	
Data register (D)	D0000~D4999 (5000 words)		
PID control		Controlled by instruction, Auto tuning, Forward/Reverse action, Forced output, Operation scan time setup	
Cnet I/F function (RS-232C) *1)		Dedicated protocol, MODBUS protocol, User-defined protocol	
Built-in special function	High speed counter	Counting speed	1 Phase: 16kHz (1 channel) 2 Phase: 8kHz (1 channel)
		Counting mode	3 Counting modes • 1Phase, up/down count with program Input • 1 Phase, up/down count with B-phase Input • 2 Phase, up/down count with phase difference
	Multiplication	1, 2, or 4	
	Pulse catch	Pulse width: 0.2ms, 8 points	
	Pulse output	2kHz (Transistor output only)	
	External interrupt	8 points, 0.4ms	
Input filter		0~15ms (Setting by 1ms)	

Tabla 4.1.3.2 Características técnicas del PLC Master K80S.

### ■ Input part

Item	Type	Main					Expansion	
		K7M-DR10S (DC) K7M-DT10S	K7M-DR20S (DC) K7M-DT20S	K7M-DR30S (DC) K7M-DT30S	K7M-DR40S (DC) K7M-DT40S	K7M-DR60S (DC) K7M-DT60S	G7E-DR10A	G7E-DR20A
Power supply for main module		K7M-DR□□S, K7M-DT□□S: AC100~240V (50/60Hz), K7M-DR□□S/DC: DC24V						
Input point		6	12	18	24	36	6	12
Insulation method		Photocoupler						
Rated input voltage		DC24V						
Rated input current		7mA (P000~P002: 16mA)						
Operation voltage range		DC20.4V~28.8V (Ripple rate < 5%)						
Max. simultaneous input		100% Simultaneous ON						
On voltage/current		DC19V or higher/5.7mA or higher (P000~P002: 12.7mA or higher)						
Off voltage/current		DC6V or lower/1.8mA or lower (P000~P002: 4mA or lower)						
Input impedance		3.3 $\Omega$						
Response time	Off $\rightarrow$ On	15ms or less*						
	On $\rightarrow$ Off	15ms or less*						
Operating indicator		LED						

\* It is available to set from 1ms to 15ms in parameter of KGLWIN (unit: ms)

Tabla 4.1.3.3 Características de las entradas del PLC Master K80S.

### ■ Relay output part

Item	Type	Main					Expansion	
		K7M-DR10S (/DC)	K7M-DR20S (/DC)	K7M-DR30S (/DC)	K7M-DR40S (/DC)	K7M-DR60S (/DC)	G7E-DR10A	G7E-DR20A
Output point		4	8	12	16	24	4	8
Insulation method		Relay insulation						
Rated load voltage/current		DC24V/2A (Resistive load), AC220V/2A (COS $\phi$ = 1)/point, 5A/COM						
Min. load voltage/current		DC5V/1mA						
Max. load voltage		AC250V, DC110V						
Off leakage current		0.1mA or less (AC220V, 60Hz)						
Max. on/off frequency		1,200 times/hr						
Surge absorber		-						
Service life	Mechanical	20million times or more						
	Electrical	100,000 times or more (Rated voltage/current load) AC200V/1.5A, AC240V/1A (COS $\phi$ = 0.7) 100,000 times or more AC200V/1A, AC240V/0.5A (COS $\phi$ = 0.35) 100,000 times or more DC24V/1A, DC100V/0.1A (L/R=7ms) 100,000 times or more						
Response time	Off $\rightarrow$ On	10ms or less						
	On $\rightarrow$ Off	12ms or less						
Operating indicator		LED						

Tabla 4.1.3.4 Características de las salidas a Relé del PLC Master K80S.

### ■ Transistor output part

Item	Type	Main					Expansion
		K7M-DT10S	K7M-DT20S	K7M-DT30S	K7M-DT40S	K7M-DT60S	G7E-TR10A
Output point		4	8	12	16	24	10
Insulation method		Photocoupler					
Rated load voltage		DC12/24V					
Operating load voltage		DC10.2~26.4V					
Rated load current		0.5A/point, 3A/COM					
Off leakage current		0.1mA or less					
On voltage drop		1.5V or less (Max.load)					
Surge absorber		Clamp diode					
Common		4 points/COM Sink type	8 points/COM Sink type	8 points/COM 4 points/COM Sink type	8 points/COM ( $\times$ 2) Sink type	8 points/COM ( $\times$ 3) Sink type	10 points/COM Sink type
Response time	Off $\rightarrow$ On	2ms or less					
	On $\rightarrow$ Off	2ms or less					
Operating indicator		LED					

Tabla 4.1.3.5 Características de las salidas a transistor del PLC Master K80S.

#### 4.1.4 PROGRAMA KGL WIN.

Para la programación del PLC se utiliza el software KGL WIN, el cual nos permite crear el programa en escalera del sistema implementado.

El software KGL WIN también tiene programación en lenguaje de ensamblador (pseudocódigo).

Este programa posee todos los elementos de control que se necesitan para la programación de un proceso, estos comandos son:

- ❖ Temporizadores.
- ❖ Contadores.
- ❖ Bobinas auxiliares.
- ❖ Entradas y Salidas digitales.
- ❖ Entradas y Salidas Analógicas.
- ❖ Registros de Datos.
- ❖ Funciones especiales.
- ❖ Comparadores.



## **Temporizadores.**

Dentro de los temporizadores disponibles tenemos:

- ❖ Temporizadores On Delay.
- ❖ Temporizadores Off Delay.
- ❖ Temporizadores Mono estables.
- ❖ Temporizadores astables.

A continuación vamos a revisar las características más importantes de los temporizadores utilizados con mayor frecuencia.

### **Temporizador Monoestable.**

Este temporizador se activa con el flanco positivo de la entrada que activa al temporizador, el temporizador empieza a contar hasta el valor seteado sin importar que la entrada sea desactivada. la salida del temporizador se mantiene en 1 durante el tiempo programado.

```

00000 LOAD M 0001
00001 TMON T097 02000
00004 LOAD T097
00005 OUT P0000
00006 LOAD M 0000
00007 RST T097

```

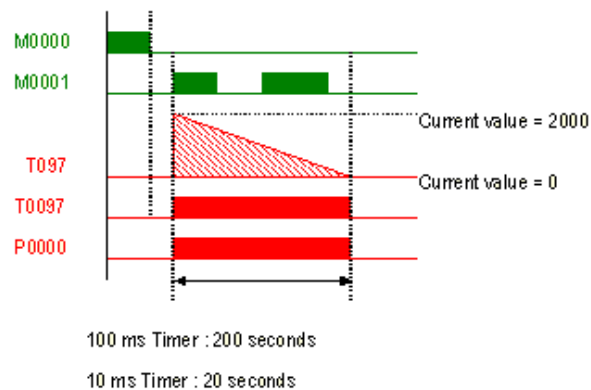


Figura 4.1.4.1 características del temporizador monoestable

### Temporizador On Delay.

Este temporizador se activa con el flanco positivo de la condición de entrada, la salida del temporizador cambia a 1 una vez que el temporizador alcance el valor seteado, y se mantendrá en 1 mientras la entrada se mantenga activa o hasta que se de reset al temporizador.

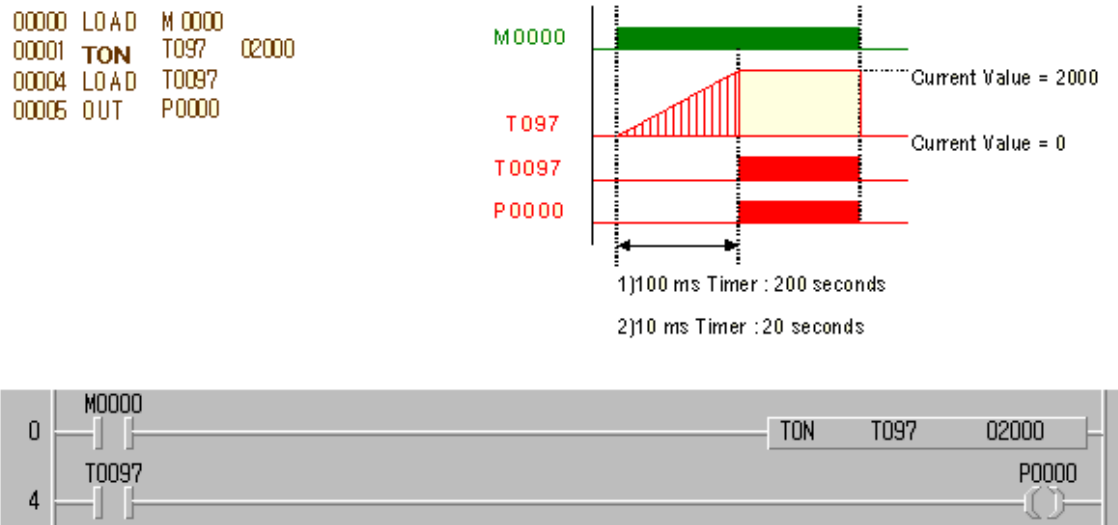


Figura 4.1.4.2 características del temporizador on delay.

### Temporizador Off Delay.

Este temporizador se activa en el flanco negativo de la condición de entrada, pero la salida del temporizador es 1 desde el flanco positivo de la condición de entrada, y se mantiene en 1 hasta que el temporizador alcance el valor seteado.

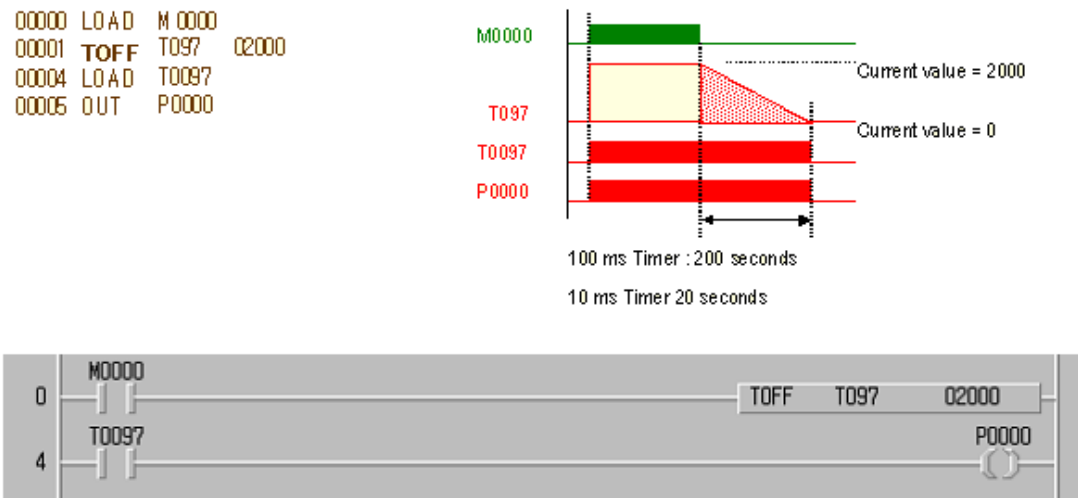


Figura 4.1.4.3 características del temporizador off delay.

PLC Type	Points	Range	Remarks
K3 K4 K5 K4F K10 K60 K200 K500 K1000	192	T000 ~ T191	Areas(T144 ~ T191) are set as nonvolatile area(default). The nonvolatile area can be set by using parameters.
K10S1	32	T000 ~ T031	Nonvolatile area : T024 ~ T031 The nonvolatile area can't be changed
K10S K30S K60S K100S K30 K50	96	T000 ~ T095	Nonvolatile area : T072 ~ T095 The nonvolatile area can't be changed.

PLC Type	Points	Range	Remarks
K3 K4 K5 K4F K10 K60 K200 K500 K1000	64	T192 ~ T255	Area(T240 ~ T255) are set by default as nonvolatile area. The nonvolatile area can be set by using parameters.
K10S1	16	T032 ~ T047	Nonvolatile area : T044 ~ T047 The nonvolatile area can't be changed.
K10S K30S K60S K100S K30 K50	32	T096 ~ T127	Nonvolatile area: T120 ~ T127 The nonvolatile area can't be changed.

Tabla 4.1.4.1 temporizadores.

## CONTADORES.

El contador utilizado es el contador ascendente cuyas características son:

- ❖ El contador aumenta desde cero hasta el valor seteado a cada pulso en la condición de entrada.
- ❖ La salida del contador es 1 cuando el contador llega al valor seteado.

```

00000 LOAD P0000
00001 LOAD P0002
00002 CTU C010 00100
00005 LOAD C0010
00006 OUT P0001

```

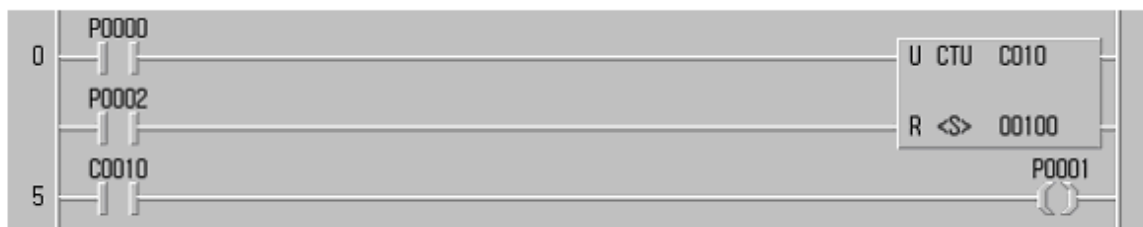
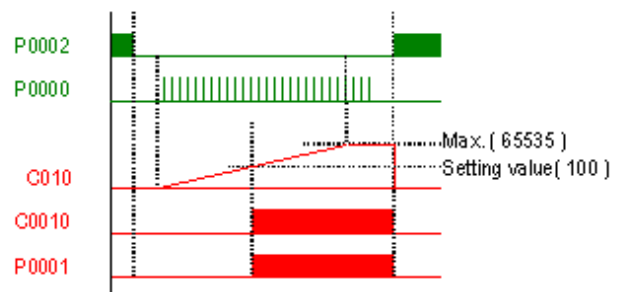


Figura 4.1.4.4 características del contador ascendente.

A cada contador se le identifica con la letra Cxxx,

PLC Type	Points	Range	Remarks
K3, K4, K5, K4E K10, K60, K200	256	C000~ C255	Area (C192~C255) are set by default as nonvolatile area. The nonvolatile area can be set by using parameter.
K500, K1000 K10S1	16	C000~C015	Nonvolatile area : C012~C015 The nonvolatile area can't be changed.
K10S, K30S, K60S, K100S, K30, K50	128	C000~C127	Nonvolatile area : C096~C127 The nonvolatile area can't be changed.

Tabla 4.1.4.2 contadores

## COMPARADORES.

El sistema compara 2 valores y activa el contacto especial dependiendo de la condición que se necesite.

Flags	F120	F121	F122	F123	F124	F125
Operator	<	←	=	>	≥	<>
s1>s2	0	0	0	1	1	1
s1<s2	1	1	0	0	0	1
s1=s2	0	1	1	0	1	0

```

00000 LOAD      M0020
00001 CMP      D0000      D0001
00006 MPUSH
00007 AND       F0120
00008 OUT      P0062
00009 MLOAD
00010 AND      F0122
00011 OUT      P0063
00012 MPOP
00013 AND      F0123
00014 OUT      P0064

```

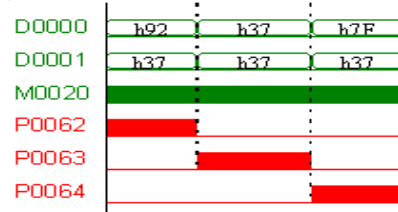
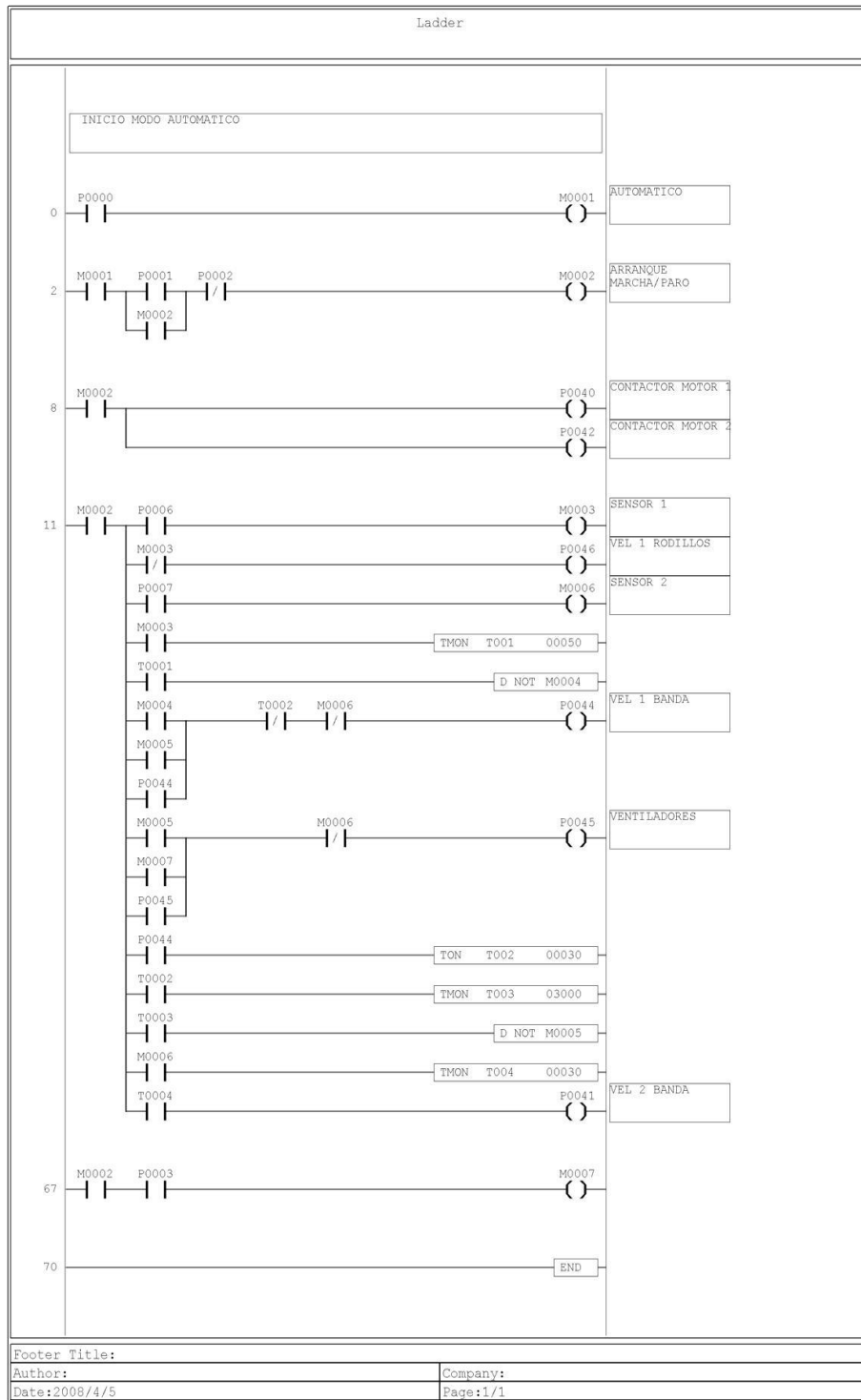


Figura 4.1.4.5 características del comparador.

### 4.1.5 PROGRAMACIÓN DEL PROCESO.



#### **4.1.6 DEFINICIÓN DE VARIADOR DE FRECUENCIA.**

El **Variador de Velocidad** (VSD, por sus siglas en inglés *Variable Speed Drive*) es en un sentido amplio un dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores. También es conocido como Accionamiento de Velocidad Variable (ASD, también por sus siglas en inglés *Adjustable-Speed Drive*). De igual manera, en ocasiones es denominado mediante el anglicismo Drive, costumbre que se considera inadecuada.

##### **4.1.6.1 INSTALACIÓN Y PARAMETROS A PROGRAMAR DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.**

El variador de frecuencia LS SV-iG5 de 1HP y 2HP son utilizados en nuestro proyecto, al ser de la misma familia, la programación es similar en los dos variadores.



Para la instalación del variador de frecuencia se deben seguir los siguientes pasos:

- ❖ Revisar que el variador es el correcto para la aplicación deseada.
- ❖ Revisar que las condiciones ambientales sean las deseadas ( $-10^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$ ) y evitar la exposición solar del variador.
- ❖ El montaje debe ser verticalmente y dejando siempre un espacio amplio tanto horizontal como verticalmente con respecto a los equipos adyacentes.

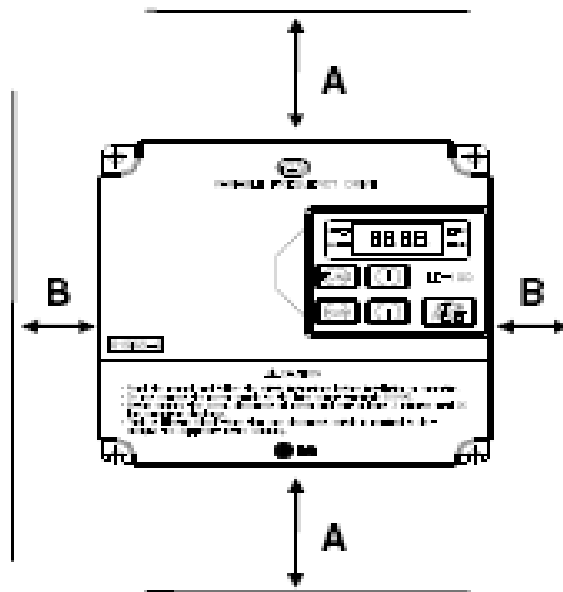
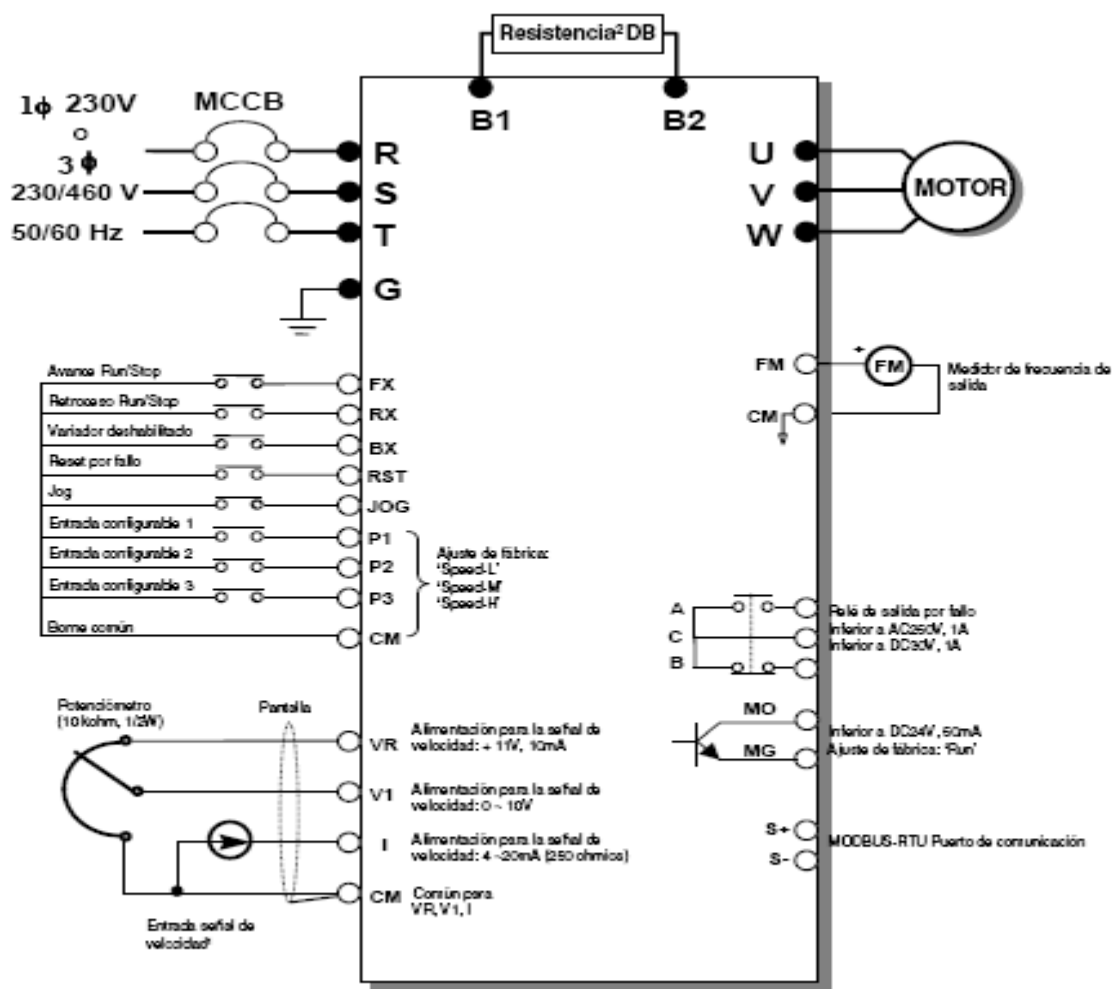


Figura 4.1.7.1 espacio entre equipos con respecto al variador.

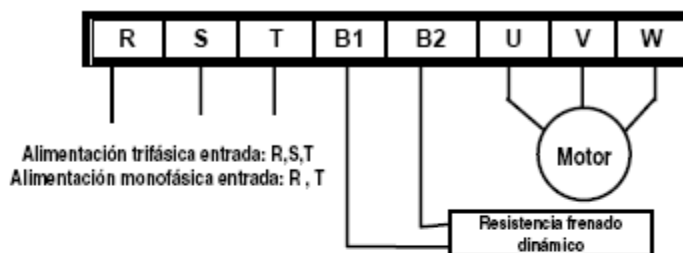
- ❖ Instale el variador con tornillos de tal manera que quede bien sujeto al panel.
- ❖ No instale el variador en lugares con mucha vibración o en lugares muy húmedos.
- ❖ No instale el variador en lugares donde haya presencia de vapor de aceite.

### ❖ CONEXIONES BASICAS.



- Nota) ● Visualización de los bornes de potencia ○ Visualización de los bornes de control
1. El comando de velocidad analógica podrá ajustarse por la tensión, la corriente o ambas simultáneamente
  2. La resistencia DB es opcional.

## ❖ BORNERAS DE POTENCIA.



Símbolos	Descripciones
R	Línea de entrada de voltaje AC
S	Trifásica (monofásica) para modelos de 200 ~ 230 V AC y 380 ~ 460 V AC
T	para modelos de 400 V. Bornes de entrada monofásicos: R y T
U	Bornes de salida trifásicos a motor
V	
W	
B1	Borne de conexión para la resistencia de la unidad de frenado dinámico
B2	

Tabla 4.1.7.2 Conexiones Básicas del variador

## ❖ PARÁMETROS PROGRAMABLES EN EL VARIADOR DE FRECUENCIA:

Tiempo de aceleración: 1seg.

Tiempo de desaceleración: 1 seg.

### Grupo DRV:

- ❖ DRV 3: Modo RUN / STOP, para dar RUN al variador por medio de una señal externa DRV 3 = 1
- ❖ DRV 4: Modo variación de frecuencia o velocidad: existen varios métodos que pueden ser por

potenciómetro, desde el panel, o con señales analógicas, en nuestro caso lo haremos desde el panel, para este caso  $DRV\ 4 = 0$ .

- ❖ Si se desea que el variador ejerza mayor torque al arranque se debe ir al grupo FU1-27.
- ❖ Para aumentar la velocidad al motor mas allá de la nominal, es decir, un valor mayor a 60Hz, se debe ir al grupo FU1-23, luego a FU1-25 y después a I/O-5.
- ❖ Para pasar a segunda velocidad, se cierra el contacto en P1.
- ❖ Para cambiar el valor de la segunda velocidad, se debe ir a I/O-12.

## 4.2 DISEÑO DE CONTROL.

### 4.2.1 PROGRAMACIÓN EN INTOUCH.

Ésta herramienta es utilizada para el monitoreo y control de procesos industriales. Permite a los usuarios la creación y puesta en marcha de aplicaciones para la captura de información a tiempo real mediante potentes asistentes aplicaciones, las cuales son creadas con InTouch son lo suficientemente flexibles para cubrir las necesidades y permitir su aplicación para el acondicionamiento a futuros requerimientos.

#### **FUNCIONES Y SIMBOLOS MÁS UTILIZADOS.**

**SIN** : calcula la función seno de un valor cualquiera. La usamos para suavizar la curva en el momento en que la banda gira 90° en la pantalla en 3 dimensiones.

**SQRT**: extrae la raíz cuadrada de un valor positivo.

#### **MISCELANEOS.**

**BLINK**: permite el parpadeo de objetos.

Object type: Button			Prev Link	Next Link	OK	Cancel	
<b>Touch Links</b> User Inputs <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> String Sliders <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Horizontal Touch Pushbuttons <input type="checkbox"/> Discrete Value <input type="checkbox"/> Action <input type="checkbox"/> Show Window <input type="checkbox"/> Hide Window		<b>Line Color</b> <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> Discrete Alarm <input type="checkbox"/> Analog Alarm		<b>Fill Color</b> <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> Discrete Alarm <input type="checkbox"/> Analog Alarm		<b>Text Color</b> <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> Discrete Alarm <input type="checkbox"/> Analog Alarm	
		<b>Object Size</b> <input type="checkbox"/> Height <input type="checkbox"/> Width		<b>Location</b> <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Horizontal		<b>Percent Fill</b> <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Horizontal	
		<b>Miscellaneous</b> <input type="checkbox"/> Visibility <input checked="" type="checkbox"/> Blink <input type="checkbox"/> Orientation <input type="checkbox"/> Disable <input type="checkbox"/> Tooltip		<b>Value Display</b> <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> String			

**VISIBILIDAD:** dependiendo de alguna condición ésta función permite ver u ocultar algún objeto.

Object type: Button			Prev Link	Next Link	OK	Cancel	
<b>Touch Links</b> User Inputs <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> String Sliders <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Horizontal Touch Pushbuttons <input type="checkbox"/> Discrete Value <input type="checkbox"/> Action <input type="checkbox"/> Show Window <input type="checkbox"/> Hide Window		<b>Line Color</b> <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> Discrete Alarm <input type="checkbox"/> Analog Alarm		<b>Fill Color</b> <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> Discrete Alarm <input type="checkbox"/> Analog Alarm		<b>Text Color</b> <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> Discrete Alarm <input type="checkbox"/> Analog Alarm	
		<b>Object Size</b> <input type="checkbox"/> Height <input type="checkbox"/> Width		<b>Location</b> <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Horizontal		<b>Percent Fill</b> <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Horizontal	
		<b>Miscellaneous</b> <input type="checkbox"/> Visibility <input checked="" type="checkbox"/> Blink <input type="checkbox"/> Orientation <input type="checkbox"/> Disable <input type="checkbox"/> Tooltip		<b>Value Display</b> <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> String			

**ORIENTACIÓN:** ésta función nos da la opción de girar un objeto para lograr una rotación orientada; esto es podemos definir rangos de giro.

The image shows a configuration window for a 'Button' object. At the top, it says 'Object type: Button' and has 'Prev Link', 'Next Link', 'OK', and 'Cancel' buttons. The main area is organized into several panels:

- Touch Links:**
  - User Inputs: Discrete, Analog, String
  - Sliders: Vertical, Horizontal
  - Touch Pushbuttons: Discrete Value, Action, Show Window, Hide Window
- Line Color:** Discrete, Analog, Discrete Alarm, Analog Alarm
- Fill Color:** Discrete, Analog, Discrete Alarm, Analog Alarm
- Text Color:** Discrete, Analog, Discrete Alarm, Analog Alarm
- Object Size:** Height, Width
- Location:** Vertical, Horizontal
- Percent Fill:** Vertical, Horizontal
- Miscellaneous:** Visibility, Blink, Orientation (checked), Disable, Tooltip
- Value Display:** Discrete, Analog, String

## TOUCH PUSHBUTTONS.

**SHOW WINDOW:** con este parámetro podemos desplazarnos desde una ventana a otra según la elección del usuario.

Object type: Button    Prev Link    Next Link    OK    Cancel

<b>Touch Links</b> <b>User Inputs</b> <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> String <b>Sliders</b> <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Horizontal <b>Touch Pushbuttons</b> <input type="checkbox"/> Discrete Value <input type="checkbox"/> Action <input checked="" type="checkbox"/> Show Window <input type="checkbox"/> Hide Window	<b>Line Color</b> <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> Discrete Alarm <input type="checkbox"/> Analog Alarm	<b>Fill Color</b> <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> Discrete Alarm <input type="checkbox"/> Analog Alarm	<b>Text Color</b> <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> Discrete Alarm <input type="checkbox"/> Analog Alarm
	<b>Object Size</b> <input type="checkbox"/> Height <input type="checkbox"/> Width	<b>Location</b> <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Horizontal	<b>Percent Fill</b> <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Horizontal
	<b>Miscellaneous</b> <input type="checkbox"/> Visibility <input type="checkbox"/> Blink <input type="checkbox"/> Orientation <input type="checkbox"/> Disable <input type="checkbox"/> Tooltip	<b>Value Display</b> <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> String	

**REGISTROS:** nos ayuda a almacenar un conjunto de valores que el usuario requiera.

**BUTTONS:** nos permite simular la entrada de una señal.

**Set/Reset Display Wizard**

Tagname:     OK    Cancel

Button Background Color

"Set" Color:     "Reset" Color:

Text Display

Background Color:     Text Color:

"Set" Message:     "Reset" Message:



## COMPONENTES DEL PANEL DE CONTROL.

Substitute Tagnames...		1 of 10
Current Name:	Required Type	New Name:
ACCSESS	Discrete	ACCSESS
C2	Discrete	C2
C3	Discrete	C3
C4	Discrete	C4
C5	Discrete	C5
V1	Analog	V1
VSET1	Analog	VSET1
VSET2	Analog	VSET2
VSET3	Analog	VSET3
X	Analog	X

Substitute Tagnames...		1 of 7
Current Name:	Required Type	New Name:
C2	Discrete	C2
C3	Discrete	C3
V1	Analog	V1
VSET1	Analog	VSET1
VSET2	Analog	VSET2
VSET3	Analog	VSET3
X	Analog	X

Donde: access, c2, c3, c4, c5, V1, VSET1, VSET2, VSET3 y

X son variables utilizados en el programa.

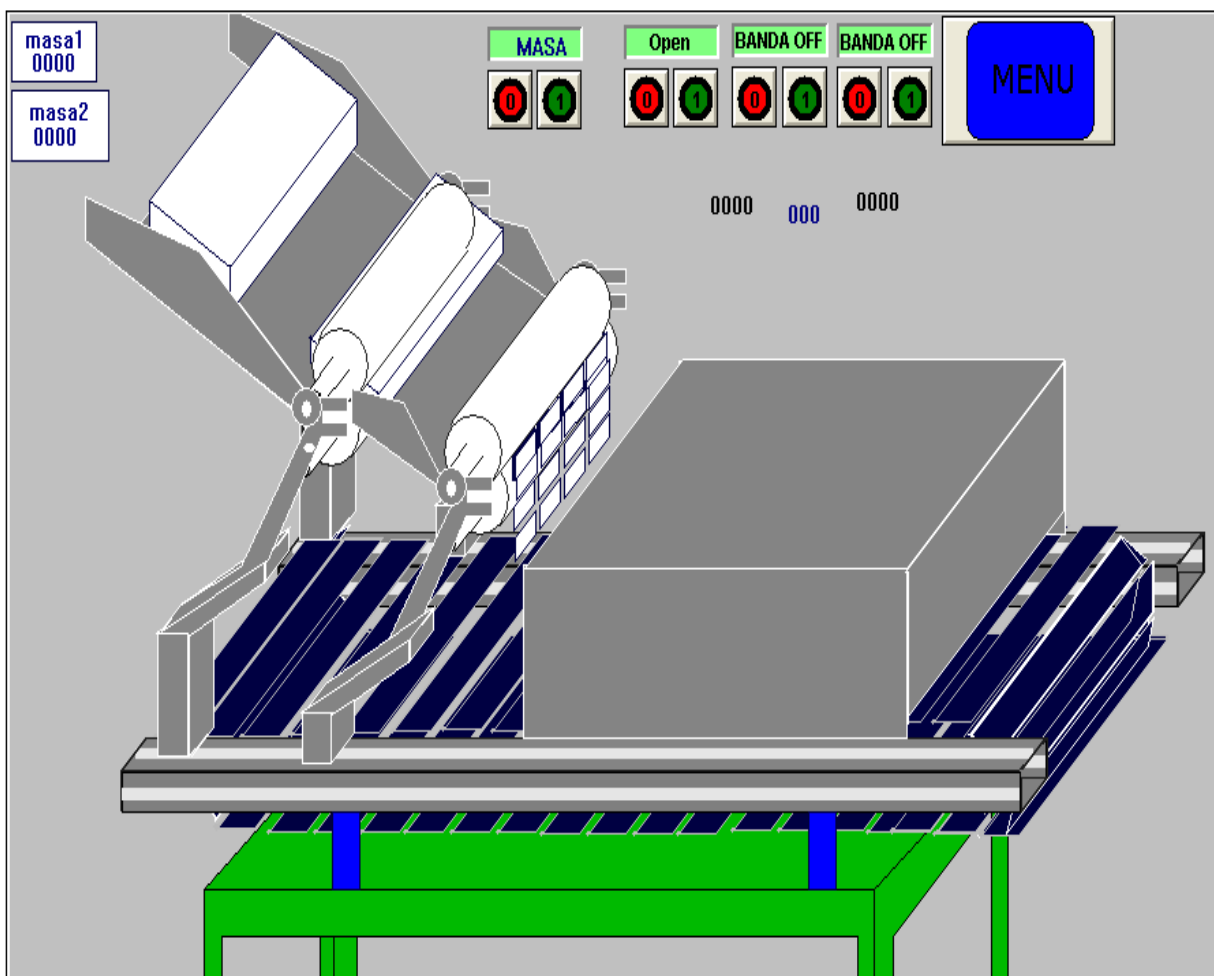
## COMPONENTES DE LA BANDA.

Substitute Tagnames...		1 of 6
Current Name:	Required Type	New Name:
BANDA	Analog	<input type="text" value="BANDA"/>
G	Analog	<input type="text" value="G"/>
G1	Analog	<input type="text" value="G1"/>
M1	Discrete	<input type="text" value="M1"/>
MAS	Analog	<input type="text" value="MAS"/>
MASA	Discrete	<input type="text" value="MASA"/>

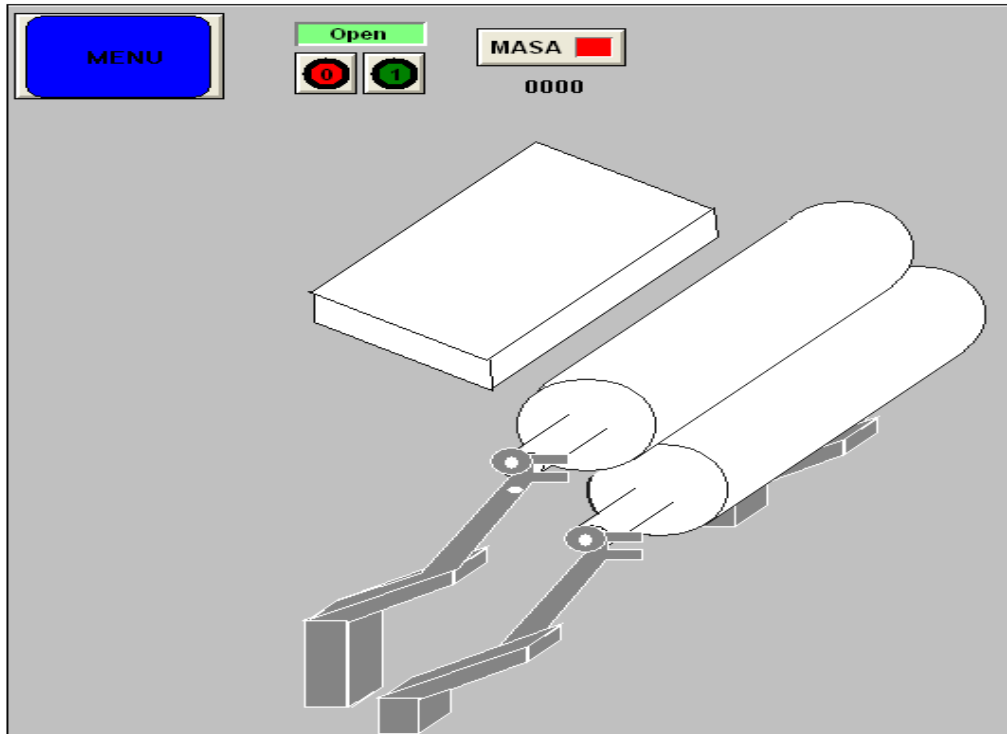
Con ayuda de estas variables, logramos simular el movimiento tridimensional.

## 4.2.2 DISEÑO DE PANTALLAS.

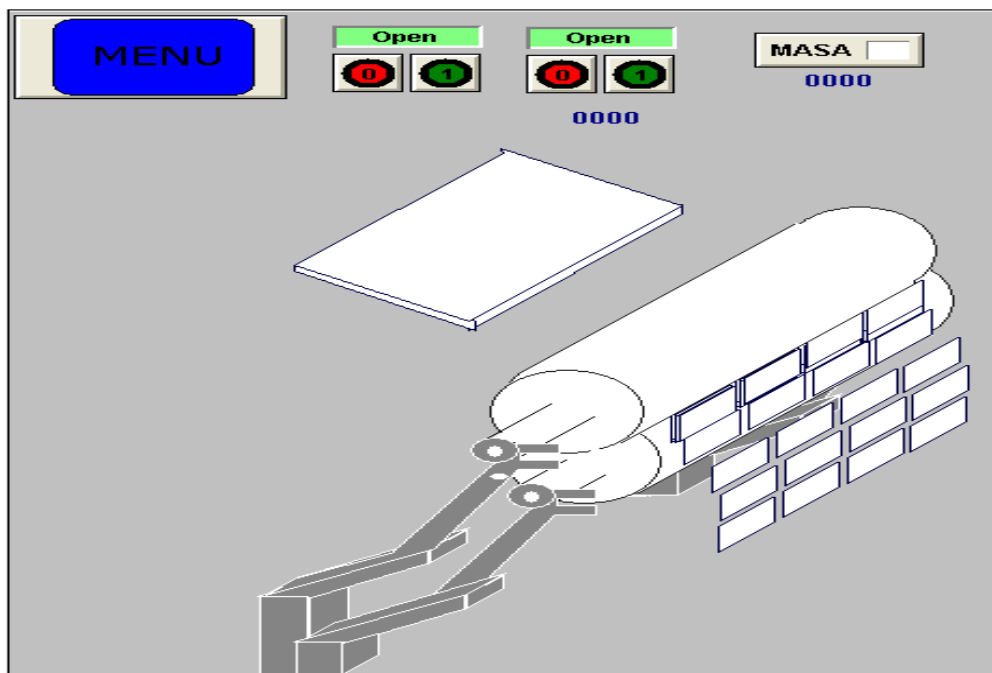
### VISTA EN 3 DIMENSIONES. (3D)



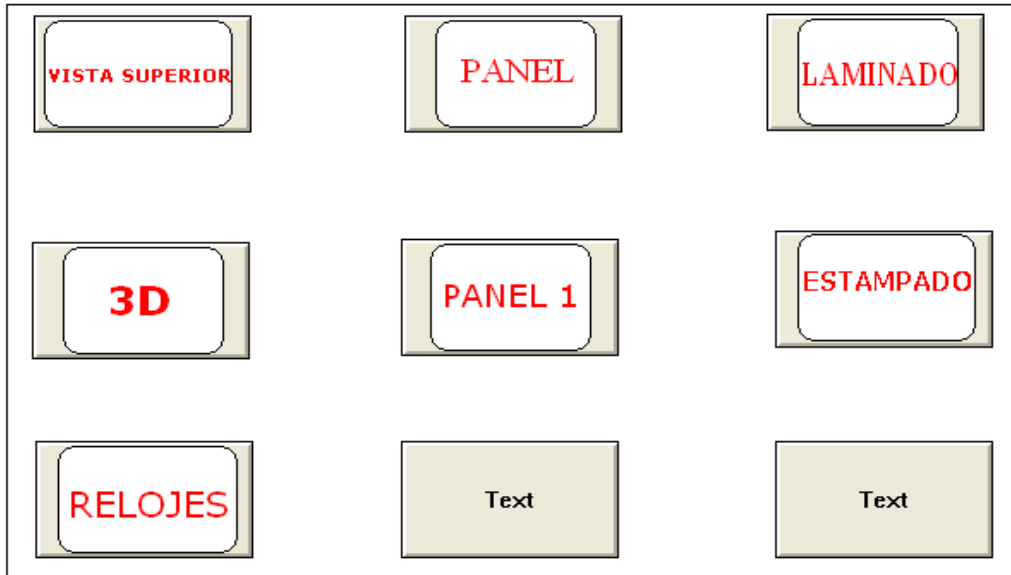
### LAMINADO.



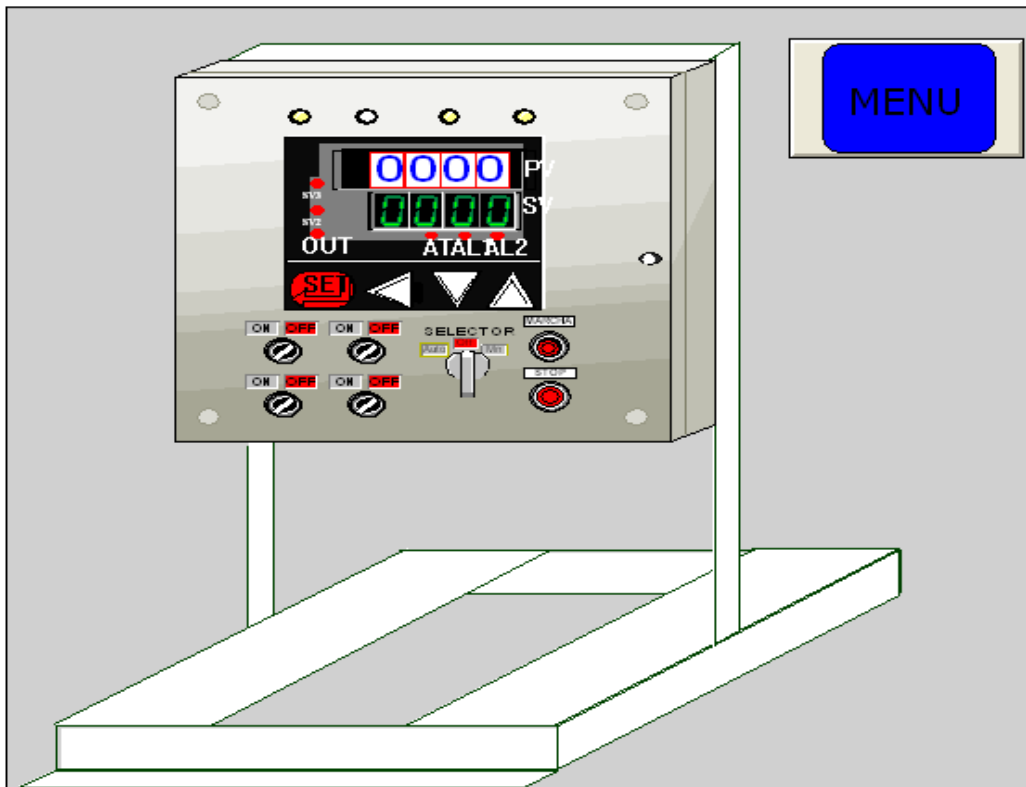
### ESTAMPADO.



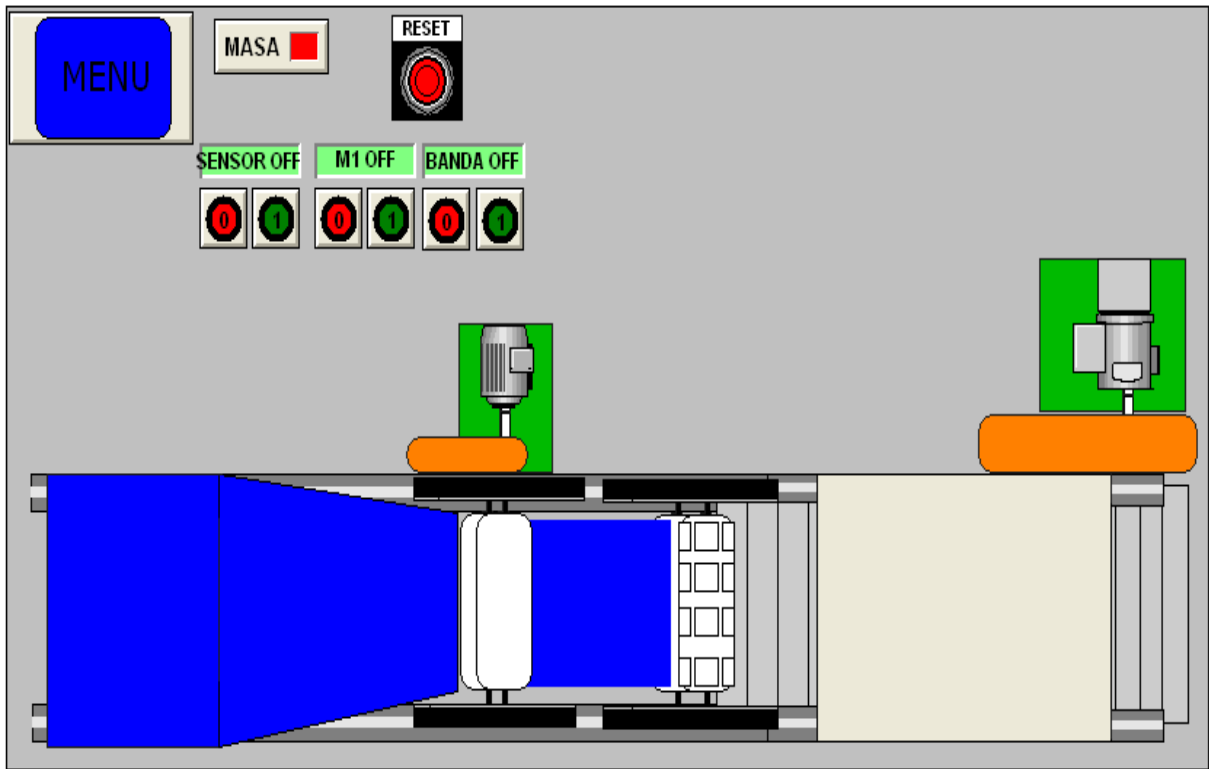
### MENU.



### PANEL.



# VISTA SUPERIOR.



### 4.2.3 WINDOWS SCRIPTS

#### PROGRAMACIÓN PARA LA PANTALLA 3D

**IF A == 1 THEN**

**BANDA = BANDA + 1;**

**ELSE**

**BANDA = BANDA;**

**ENDIF;**

**IF BANDA >= 20 THEN**

**BANDA = 0;**

**ENDIF;**

**IF BANDA > 20 THEN**

**BANDA = Sin( BANDA );**

**ENDIF;**

**IF BANDA > 50 THEN**

**BANDA = Sqrt( BANDA );**

**ENDIF;**

**IF B == 1 THEN**

**BANDA = BANDA + 2;**

**ENDIF;**

```
IF B==0 THEN  
    BANDA = BANDA;  
ENDIF;
```

```
IF M1==1 THEN  
    R = R + 1;  
ELSE  
    R = R;  
ENDIF;
```

```
IF R == 100 THEN  
    R = 0;  
ENDIF;
```

```
IF MASA == 1 THEN  
    MASA1 = MASA1+1;  
ELSE  
    MASA1 = 0;  
ENDIF;
```

```
IF MASA1>99 THEN
```



```
        MASA2 = MASA2 + 1;  
ELSE  
        MASA2 = 0;  
ENDIF;
```

```
IF R>=30 THEN  
        R = 10;  
ENDIF;
```

### PROGRAMACIÓN PARA LA PANTALLA ESTAMPADO.

```
IF C == 1 THEN  
        IF MASA==1 THEN  
                LAM = LAM + 1;  
        ELSE  
                LAM = 0;  
        ENDIF;
```

```
IF M1 == 1 THEN  
        R = R + 1;  
ELSE
```

```
R = 0;  
ENDIF;
```

```
IF R == 29 THEN
```

```
    R = 0;  
ENDIF;
```

```
ELSE
```

```
    R =R;  
ENDIF;
```

**PROGRAMACIÓN PARA LA PANTALLA**

**LAMINADO.**

```
IF C == 1 THEN
```

```
    IF MASA==1 THEN
```

```
        LAM = LAM + 1;
```

```
    ELSE
```

```
        LAM = 0;  
    ENDIF;
```

```
IF M1 == 1 THEN
```

```
    R = R + 1;
```

**ELSE**

**R = 0;**

**ENDIF;**

**IF R == 29 THEN**

**R = 0;**

**ENDIF;**

**ELSE**

**R =R;**

**ENDIF;**

## CAPITULO 5

### INSTRUMENTACIÓN.

#### 5.1 SENSORES.

Un **sensor** es un dispositivo que detecta manifestaciones de cualidades o fenómenos físicos, como la energía, velocidad, aceleración, tamaño, cantidad, etc. Podemos decir también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro elemento. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura.

Muchos de los sensores son eléctricos o electrónicos, aunque existen otros tipos. Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir, en otra, que **facilita su medida**. Pueden ser de indicación directa (termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores sensados puedan ser leídos por un humano.

Existen muchas clases de sensores, entre los más usados tenemos:

- ❖ Sensores de temperatura: Termopar, Termistor
- ❖ Sensores de deformación: Galga extensiométrica
- ❖ Sensores de acidez: IsFET
- ❖ Sensores de luz: fotodiodo, fotorresistencia, fototransistor
- ❖ Sensores de sonido: micrófono
- ❖ Sensores de contacto: final de carrera
- ❖ Sensores de imagen digital (fotografía): CCD o CMOS
- ❖ Sensores de proximidad: sensor de proximidad

- **A continuación se realiza un comentario acerca del sensor utilizado en el proceso.**

### **SENSORES INDUCTIVOS.**

Los **sensores inductivos** son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia de objetos metálicos en un determinado contexto (control de presencia o de ausencia, detección de paso, de atasco, de posicionamiento, de codificación y de conteo).

## 5.2 CONTROLADOR DE PROCESOS:

### 5.2.1 DEFINICIÓN.

Un controlador **PID (Proporcional Integral Derivativo)** es un sistema de control que, mediante un actuador, es capaz de mantener una variable o proceso en un punto deseado dentro del rango de medición del sensor que la mide. Es uno de los métodos de control más frecuentes y precisos dentro de la regulación automática.

#### **Funcionamiento:**

Para el correcto funcionamiento de un controlador PID que regule un proceso o sistema se necesita, al menos:

1. Un sensor, que determine el estado del sistema (termómetro, caudalímetro, etc).
2. Un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador.
3. Un actuador, que modifique al sistema de manera controlada (resistencia eléctrica, motor, válvula, bomba, etc).

El sensor proporciona una señal analógica al controlador, la cual representa el *punto actual* en el que se encuentra el proceso o sistema. La señal puede representar ese valor en tensión eléctrica,

intensidad de corriente eléctrica o frecuencia. En este último caso la señal es de corriente alterna, a diferencia de los dos anteriores, que son con corriente continua.

El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de *punto de consigna* (o punto de referencia), la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. Para hacer posible esta compatibilidad y que, a su vez, la señal pueda ser entendida por un humano, habrá que establecer algún tipo de interfaz.

El controlador resta la señal de *punto actual* a la señal de *punto de consigna*, obteniendo así la señal de *error*, que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada una de las 3 componentes de un controlador PID propiamente dicho para generar las 3 señales que, sumadas, componen la señal que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador. La señal resultante de la suma de estas tres señales, que posteriormente explicaremos, se llama *variable manipulada* y no se aplica directamente sobre el actuador, si no que debe ser transformada para ser compatible con el actuador que usemos.

Las tres componentes de un controlador PID son: parte **P**roporcional, acción **I**ntegral y acción **D**erivativa. El peso de la influencia que cada una de estas partes tiene en la suma final, viene dado por la *constante proporcional*, el *tiempo integral* y el *tiempo derivativo*, respectivamente.

### **5.2.2 PARÁMETROS PID.**

#### **CONTROL PROPORCIONAL.**

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional. Esta componente PID toma un papel importante cuando la señal de error es grande, pero su acción se ve mermada con la disminución de dicha señal. Este efecto tiene como consecuencia la aparición de un error permanente, que hace que la parte proporcional nunca llegue a solucionar por completo el error del sistema.

La constante proporcional determinará el error permanente, siendo éste menor cuanto mayor sea el valor de la constante proporcional. Se pueden establecer valores suficientemente altos en la constante proporcional como para que hagan que el error permanente sea casi nulo pero, en la mayoría de los casos, estos valores solo serán



óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango. Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a partir del cual, en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobreoscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional ni siquiera produzca sobreoscilación.

La parte proporcional no considera el tiempo, por tanto la mejor manera de solucionar el error permanente y hacer que el sistema contenga alguna componente que tenga en cuenta la variación con respecto al tiempo es incluyendo y configurando las acciones integral y derivativa.

### **CONTROL INTEGRAL.**

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional.

El error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un periodo de tiempo determinado; Luego es multiplicado por una constante  $I$ . Donde  $I$  representa la constante de integración.

Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control P + I con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

El modo integral presenta un desfase en la respuesta de  $90^\circ$  que sumados a los  $180^\circ$  de la retroalimentación ( negativa ) acercan al proceso a tener un retraso de  $270^\circ$ , luego entonces solo será necesario que el tiempo muerto contribuya con  $90^\circ$  de retardo para provocar la oscilación del proceso. <<< la ganancia total del lazo de control debe ser menor a 1 , y así inducir una atenuación en la salida del controlador para conducir el proceso a estabilidad del mismo. >>>

### **CONTROL DERIVATIVO.**

La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral).

El error es la desviación existente entre el punto de medida y el valor consigna, o "Set Point".

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la velocidad misma que se produce; de esta manera evita que el error se incremente.

Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica por una constante **D** y luego se suma a las señales anteriores (P+I). Gobernar la respuesta de control a los cambios en el sistema ya que una mayor derivativa corresponde a un cambio más rápido y el controlador puede responder acordeamente.

En resumen se puede decir que las variables PID significan lo siguiente:

P constante de proporcionalidad: se puede ajustar como el valor de la ganancia del controlador o el porcentaje de banda proporcional.

I constante de integración: indica la velocidad con la que se repite la acción proporcional.

D constante de derivación: hace presente la respuesta de la acción proporcional (duplicándola), sin esperar (a que el error se duplique). El valor indicado por la constante de derivación es el lapso de tiempo durante el cual se manifestará la acción proporcional correspondiente a 2 veces el error y después desaparecerá.

### 5.2.3 PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR DE PROCESOS HANYOUNG NX9

El controlador de procesos Hanyoung NX9 es un dispositivo de control cuya principal función es mantener un sistema estable, para lograr este objetivo, el controlador NX9 tiene básicamente dos sistemas de control:

- ❖ Control On / Off.
- ❖ Control PID (Proporcional Integral Derivativo).

Estos sistemas de control son programados para que funcione independiente el uno del otro.

Este controlador posee dos clases de salida las cuales pueden ser programadas, estas salidas son:

- ❖ Salida a Relé.
- ❖ Salida SSR o proporcional.

❖ Salida a Relé:

Esta salida no es mas que un juego de contactos conmutados (Un contacto abierto y uno cerrado) , esta salida puede funcionar con un sistema de control On / Off o PID.

❖ Salida SSR o proporcional:

La salida proporcional es programada desde el controlador de tal manera que al recibir un dato a la entrada, el controlador envía 4 – 20 mA a la salida dependiendo de cuanto se acerca el valor de entrada al valor seteado.

La salida proporcional funciona con un sistema de control PID y es usada principalmente para controlar sistemas neumáticos y válvulas proporcionales.

En este sistema usamos un control PID con salida a relé.

Este controlador también posee 2 contactos de alarma los cuales son programados de acuerdo a nuestras necesidades, existen 21 tipos de alarma diferentes.

## ❖ Parámetros a programar en el controlador NX9

Programación de la entrada:

En menú del controlador vamos hasta G IN.

Presionando SET vamos hasta InP y vemos en la siguiente tabla que clase de termocupla o dispositivo de entrada vamos a utilizar.

Input type (Input signal)	Input code	Range (°C)	Range (°F)	Accuracy	Remarks	
Thermocouple (T.C)	IK *2	1	-200~1370	-300~2500	±0.5% of F.S ±1digit	• F.S is maximum value ~ minimum value of each RANGE. • Digit is minimum value of display *1 0~400°C : ±10% of F.S±1digit *2 0°C and below : ±1.0% of F.S±1digit *3 -150.0~150.0°C range : ±1.0% of F.S±1digit * 20 → IKPt100 * 21 → DPT100
	IK *2	2	-199.9~999.9	0~2300		
	J *2	3	-199.9~999.9	-300~2300		
	E *2	4	-199.9~999.9	-300~1800		
	T *2	5	-199.9~400.0	-300~750		
	R *2	6	0~1700	32~3100	±0.5% of F.S ±1digit	
	B *1	7	0~1800	32~3300		
	S	8	0~1700	32~3100	±0.5% of F.S ±1digit	
	L *2	9	-199.9~900.0	-300~1300		
	N	10	-200~1300	-300~2400	±1.0% of F.S ±1digit	
	U *2	11	-199.9~400.0	-300~750	±0.5% of F.S ±1digit	
	W	12	0~2300	32~4200		
	Platine II	13	0~1390	32~2500		
R.T.D	IKSPt100 *3	* 20	-199.9~500.0	-199.9~999.9	±0.5% of F.S ±1digit	
	Pt100 *3	* 21	-199.9~640.0	-300~1180		
Direct voltage (VDC/mVDC)	1~5V	30	1~5V			
	-10~20mV	32	-10~20mV			
	0~100mV	33	0~100mV			
Direct voltage (mV)	DC 4~20mA	* 30	* When using current input, use the resistor 250Ω 0.1% on input terminal.			

Tabla 5.2.3.1 Parámetros de Entrada.

Programación de la salida:

Este controlador de procesos esta dividido en 2 tipos:

- ❖ Universal.
- ❖ Calefacción y enfriamiento.

Los códigos de salida van desde 0 a 3 para un controlador universal y de 4 a 12 para un controlador de calefacción y enfriamiento.

Muchas veces la salida de retransmisión y alarmas no son activadas, esto depende del control de salida. Cuando se setea la salida 2, esta corresponde a una señal analógica de salida de 4 – 20 mA, y cuando se selecciona una salida 3 o 1 esta activa el controlador PID y desactiva la salida On / Off.

El grupo de salida puede ser revisado en la siguiente tabla:

Signal	Name	Description	Conditio	Initial value
GoUt	Output group	Output type and mode selection	—	—
oUt	Output signal	Refer to type of control output	Always	( 0 / 3 )
oARt	Output operation	REV: Reverse DIR: Direct action	Output code 1-3	REV
Ct	Cycle time	1~1000 sec	Relay / SSR	30 sec
SET CtC	Cycle time of cooling output	1~1000 sec	Output code 4-12	30 sec
HYS	Hysteresis of universal type	EUS(0.0~100.0%)	ON/OFF Control	EUS(0.5%)
	Hysterecis of Heating/Cooling type	0.0~10.0%	Heating/Cooling	0.5%
Pa	Output volume when input disconnection Output 1 (Out1)	Universal : -5.0~105.0% Heating / Cooling : 0.0~105.0%	Always	0.0%
PaC	Output volume when input disconnection Output 2 (Out2)	0.0~105.0%	Heating / Cooling	0.0%
oL-H	Maximum value of output	Universal : OL-L + 1Digit~ 105.0% Heating / Cooling : 0.0~ 105.0%	PID Control	100.0%
oL-L	Minimum value of output	Universal : -0.5%~ OL-H-1Digit Heating / Cooling : 0.0~ 105.0%	PID Control	0.0 % 100.0%

Tabla 5.2.3.2 Parámetros de salida.

### Parámetros PID:

En el menú principal del controlador se llega hasta el grupo PID. Estos valores de PID pueden setearse para controlar tres zonas diferentes, pero para nuestro sistema solo usamos control PID para una sola zona.



Si se selecciona un PID=0 entonces el controlador esta desactivado y se recurre al sistema On / Off o se hace control sobre la variable solamente usando la histéresis del sistema.

La histéresis no es más que un porcentaje del valor de la entrada sobre el cual va a actuar el controlador en el momento de activar la salida.

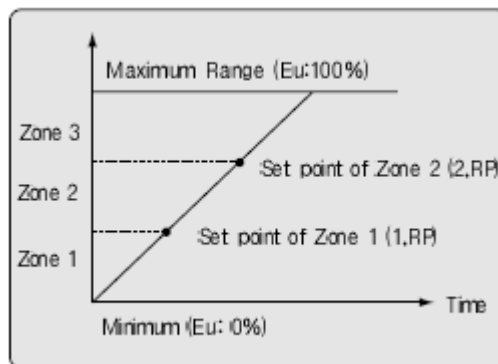


Tabla 5.2.3.3 Zonas PID.

Signal	Name	Description	Condition	Initial value
	P.I.D group	Set P.I.D mode	—	—
	Anti Reset Wind-Up	Auto / 50.0~200.0%	P.ID control	Auto
	P.I.D group selection	0 / 1~3	Always	0
	n. Proportional band(P)	0.1 (H/C TYPE:0.0)~999.9%	P.ID group	5.0%
	n. Integral time (I)	OFF / 1~6000 sec.	Always	240 sec.
	n. Derivative time (D)	OFF / 1~6000sec.	Always	60 sec.
	n. Manual reset	-5.0~105.0%	Integral time OFF	50.0%
	n. Proportional band of cooling side (P)	0.0(ON/OFF 제외) / 0.1~999.9	Heating • Cooling type	5.0%
	n. Integral time of cooling side (I)	OFF / 1~6000 sec.	Heating • Cooling type	240 sec.
	n. Derivative time of cooling side (D)	OFF / 1~6000 sec.	Heating • Cooling type	60 sec.
	n. Hysteresis	-100.0~50.0%	Heating • Cooling type	3.0%
	n. Zone point	EU (0) < 1.RP < 2.RP < EU (100.0%)	ZONE = ON	EU(100.0%)

Tabla 5.2.3.4 Grupo de parámetros PID

#### ❖ Alarmas:

El controlador posee 2 salidas de alarma, el grupo de alarmas puede variar de acuerdo al modo de operación que se desee para cada alarma. Para este sistema usamos las 2 alarmas y las programamos como alarma tipo 1, la cual activa los contactos al recibir valores mayores o iguales al valor de seteadado.

Signal	Name	Description	Condition	Initial value
	Alarm group	Set alarm mode	—	—
	Type of Alarm 1	OFF / 1-22 Refer to "Alarm type and code"	Always	1
	Type of Alarm 2			2
	Dead band of Alarm 1	EUS ( 0.0~100.0% )	Always	EUS(0.5%)
	Dead band of Alarm 2			
	Set value of Alarm 1	PV alarm, Deviation alarm EU ( -100.0~100.0% )	Always	EU(100.0%) EU(0.0%)
	Set value of Alarm 2			

Tabla 5.2.3.5 Parámetros para grupo de alarmas.

En la siguiente tabla observaremos las clases de alarmas y los tipos de alarma que pueden utilizarse.

Code NO.	Alarm type	Function
1	High absolute value	
2	Low absolute value	
3	High deviation value	
4	Low deviation value	
5	High deviation value (inverted)	
6	Low deviation value (inverted)	
7	High · Low deviation value	
8	High · Low band	
9	High absolute (inverted)	
10	Low absolute (inverted)	
11	High absolute with hold function	
12	Low absolute with hold function	
13	High deviation with hold function	
14	Low deviation with hold function	
15	High deviation with hold function (inverted)	
16	Low deviation with hold function (inverted)	
17	High · Low deviation with hold function	
18	High · Low band with hold function	
19	High absolute value with hold function (inverted)	
20	Low absolute value with hold function (inverted)	
21	Heater break alarm 1 ( HBA. 1 )	

Tabla 5.2.3.6 Tipos de alarmas.

### 5.3 TERMOCUPLAS.

En esta parte analizaremos el funcionamiento de las termocuplas, así como también las clases de termocuplas que existen y las precauciones y consideraciones que se deben tener al usar termocuplas.

#### ❖ TERMOCUPLA O TERMOPAR:

Un **termopar** es un circuito formado por dos metales distintos que produce un voltaje que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" y el otro denominado "punto frío".

En electrónica, los termopares son ampliamente usados como sensores de temperatura. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas. Su principal limitación es la exactitud ya que los errores del sistema inferiores a un grado centígrado son difíciles de obtener.

El grupo de termopares conectados en serie recibe el nombre de **termopila**. Tanto los termopares como las termopilas son muy usados en aplicaciones de calefacción a gas.

## ❖ CLASES DE TERMOCUPLAS.

**Tipo K** (Cromo (Ni-Cr) Cromo / Aluminio (aleación de Ni -Al) : con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+1.200\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una sensibilidad  $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$  aprox.

**Tipo E** (aleación de Cu-Ni): No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de  $68\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ .

**Tipo J**: debido a su limitado rango, el tipo J es menos popular que el K. Son ideales para usar en viejos equipos que no aceptan el uso de termopares más modernos. El tipo J no puede usarse a temperaturas superiores a  $760\text{ }^{\circ}\text{C}$  ya que una abrupta transformación magnética causa una descalibración permanente. Tienen un rango de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+750^{\circ}\text{C}$  y una sensibilidad de  $\sim 52\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ .

**Tipo N** : es adecuado para mediciones de alta temperatura gracias a su elevada estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y no necesita del platino utilizado en los tipos B, R y S que son más caros.

Por otro lado, los termopares tipo B, R y S son los más estables, pero debido a su baja sensibilidad ( $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  aprox.) generalmente son usados para medir altas temperaturas (superiores a  $300^\circ\text{C}$ ).

- ❖ **Tipo B** (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): son adecuados para la medición de altas temperaturas superiores a  $1.800^\circ\text{C}$ . El tipo B por lo general presentan el mismo resultado a  $0^\circ\text{C}$  y  $42^\circ\text{C}$  debido a su curva de temperatura/voltaje.
- ❖ **Tipo R** (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): adecuados para la medición de temperaturas de hasta  $1.300^\circ\text{C}$ . Su baja sensibilidad ( $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) y su elevado precio quitan su atractivo.
- ❖ **Tipo S** (platino / rodio): ideales para mediciones de altas temperaturas hasta los  $1.300^\circ\text{C}$ , pero su baja sensibilidad ( $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) y su elevado precio lo convierten en un instrumento no adecuado para el uso general. Debido a su elevada estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del punto de fusión del oro ( $1064,43^\circ\text{C}$ ).
- ❖ **Tipo T**: es un termopar adecuado para mediciones en el rango de  $-200^\circ\text{C}$  a  $0^\circ\text{C}$ . El conductor positivo está hecho de cobre y el negativo, de constantán.

### ❖ Descalibración.

La descalibración es el proceso de alterar accidentalmente la conformación del cable del termopar. La causa más común es la difusión de partículas atmosféricas en el metal a los extremos de la temperatura de operación. Otras causas son las impurezas y los químicos del aislante difundiendo en el cable del termopar. Si se opera a elevadas temperaturas, se deben revisar las especificaciones del aislante de la sonda. Tenga en cuenta que uno de los criterios para calibrar un instrumento de medición, es que el patrón debe ser por lo menos 10 veces más preciso que el instrumento a calibrar.

### ❖ Problemas de conexión.

La mayoría de los errores de medición son causados por uniones no intencionales del termopar. Se debe tener en cuenta que cualquier contacto entre dos metales distintos creará una unión. Si lo que se desea es aumentar la longitud de las guías, se debe usar el tipo correcto del cable de extensión. Así por ejemplo, el tipo K corresponde al termopar K. Al usar otro tipo se introducirá una



unión termopar. Cualquiera que sea el conector empleado debe estar hecho del material termopar correcto y su polaridad debe ser la adecuada.

La salida de un termopar es una pequeña señal, así que es propenso a absorber ruido eléctrico.

➤ **En la máquina se utilizó una termocupla tipo k.**

## BIBLIOGRAFÍA

- MILLÁN GÓMEZ, Simón (2006), *Procedimientos de Mecanizado*, Madrid: Editorial Paraninfo. ISBN 84-9732-428-5.
  - LARBÁBURU ARRIZABALAGA, Nicolás (2004), *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas.*, Madrid: Thomson Editores. ISBN 84-283-1968-5.
  - Varios autores (1984), *Enciclopedia de Ciencia y Técnica*, Salvat Editores S.A. ISBN 84-345-4490-3.
  - PÉREZ, Alonso y JULIO, Jacinto (1992), *Ajustes y tolerancias: mecanismos y engranajes*, Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica. ISBN 84-87051-18-9.
  - COMAS, A., *Tecnología resumida sobre engranajes*, Ediciones Cedel. ISBN 84-352-0310-7.
  - Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (España) (1977), *Transmisiones. Rodamientos. Engranajes. Tuberías*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. ISBN 84-00-03530-5.
-

- MONTOYA MORENO, Felipe (1993), *Fundamentos de la geometría de los engranajes*, Universidad de Valladolid. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial. ISBN 84-7762-367-8.
  - RAMÓN MOLINER, Pedro (1980), *Engranajes*, AUTOR-EDITOR 1116. ISBN 84-300-2212-0.
  - TULIO PIOVAN, Marcelo: "*Trenes de engranajes, reductores planetarios y diferenciales*", en *Notas para la asignatura de Elementos de Máquinas.- Universidad Tecnológica Nacional (Facultad Regional de Bahía Blanca): Cátedra de Elementos de Máquinas*, 2004.
  - Diseño de elementos mecánicos.
-

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### CONCLUSIONES:

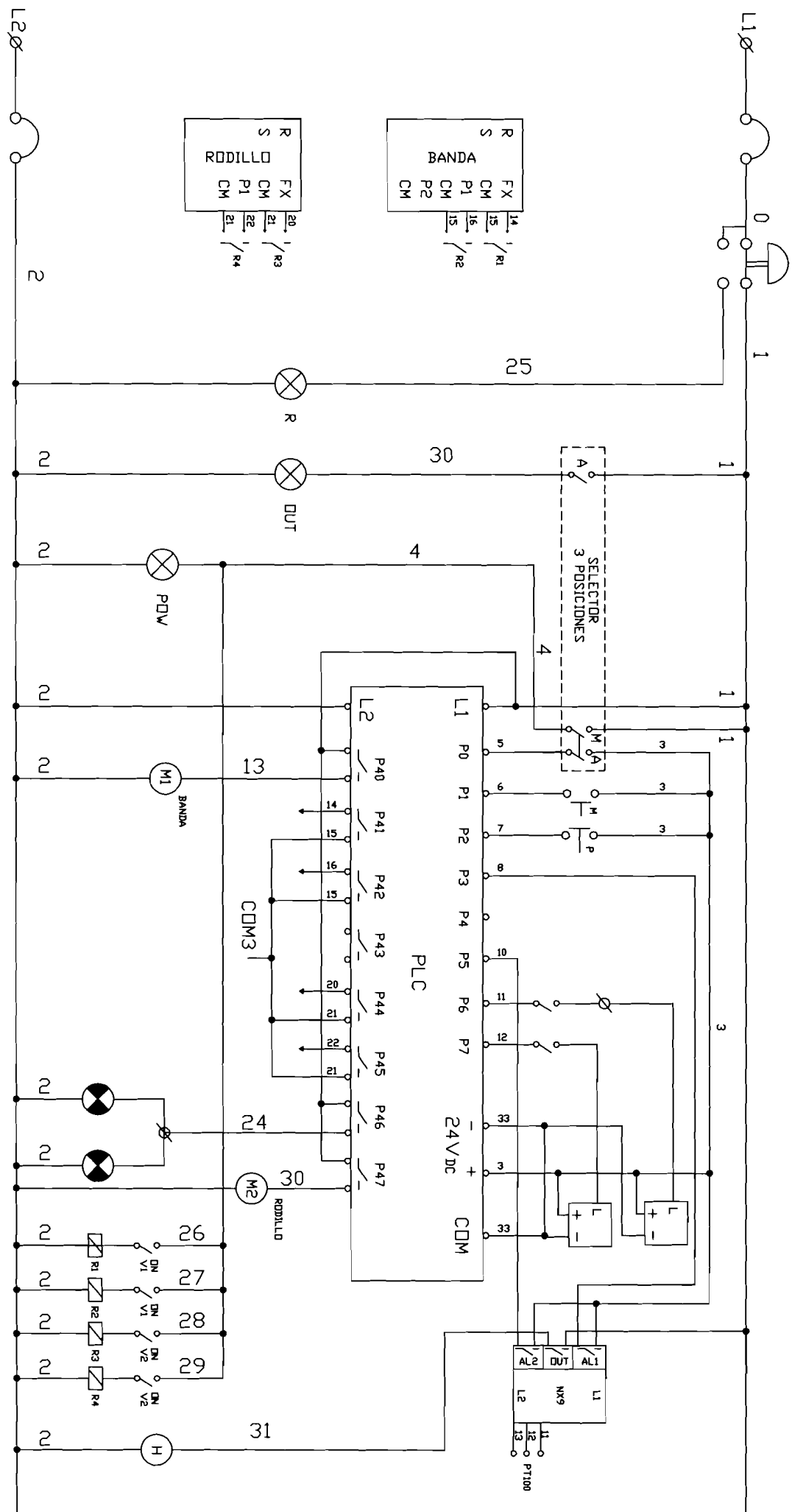
- El PLC permite cambiar el proceso de acuerdo a nuestras necesidades mediante programación.
- El uso del PLC en cuanto a costos es menor debido a que si se necesita añadir algo más al proceso, no es necesario comprar elementos extras, tales como contactores, temporizadores, contadores, etc....
- Mediante un controlador de procesos se tiene control total sobre el horno, es decir, el PLC no ejerce control sobre este.
- Los variadores de frecuencia pueden ser activados tanto manual como automáticamente.
- En este proyecto hemos aplicado todos los conocimientos adquiridos en nuestra vida estudiantil, tales como instrumentación, automatización, maquinarias eléctricas y electrónica de potencia.
- En el transcurso de la tesis algunos objetivos fueron cumplidos tales como:
- Crear un sistema a escala para la elaboración de galletas usando diferentes sistemas de control.

- Realizar la programación del PLC LS MASTERK80S, con el programa KGLWIN.
  - Analizar el funcionamiento de los controladores de Procesos PID así como los variadores de frecuencia, además de realizar la programación respectiva y el control manual y automático de las velocidades del variador.
  - El proceso de horneado no pudo ser realizado debido a la alta corriente que consume el horno, y la alimentación es inferior a la requerida por el horno.
  - El diseño de esta tesis esperamos que sirva de ejemplo para futuros proyectos por parte de los estudiantes, ya que en el área de automatización aún nos faltan muchos modelos prácticos, es decir, la utilización de elementos neumáticos y de instrumentación.
  - Logramos realizar un proyecto utilizando elementos de diferentes marcas, dando como conclusión que la universidad nos enseñó las bases necesarias para poder enfrentar estos problemas.
-

## RECOMENDACIONES:

- A este proyecto se le pueden agregar etapas de laminado y el amasador para que la elaboración de galletas sea automática en su totalidad.
- Para aprovechar la máxima potencia del horno es recomendable evitar las pérdidas de calor debido a corrientes de aire provenientes del exterior.
- La alimentación principal debe ser mayor a la corriente máxima del sistema, de tal manera que no haya bajones de corriente debido al alto consumo del horno.
- Asegurarse que el PLC pueda comunicarse con el sistema SCADA, sin afectar el desarrollo normal del proceso.

# ANEXOS





SENSORES  
Y  
TERMOCUPLAS



4

INSTRUMENTACION INDUSTRIAL

4-15-47

01-05

**SENSORES DE TEMPERATURA  
TERMOCUPLAS TIPO "J y K", PT100**

Utilizados para la medición y control de la temperatura en líquidos, gases, sólidos y semi-sólidos. Los tipos más comunes son:

**TERMORESISTENCIAS PT-100:**

Este tipo de sensor esta fundamentado en la proporcionalidad que existe entre la variación de una resistencia eléctrica de platino de alta pureza y la temperatura. Por su principio de funcionamiento estos elementos ofrecen una excelente estabilidad y reproducibilidad para temperaturas que van entre los -50 a 300 °C. Otra característica importante de este tipo de sensor es que la medición no es alterada por la distancia entre el punto de senseo y el punto de lectura o control, gracias a su conexión de tres alambres que permiten diferenciar la resistencia del sensor de la resistencia total de los mismos alambres.



TSB/K

**TERMOCUPLAS:**

Este tipo de sensor se fundamenta en la generación de una fuerza electromotriz producida por la unión de dos metales conductores distintos que están sometidos a temperatura, siendo el valor de la fuerza electromotriz, proporcional a ésta. Dependiendo del material de los conductores, podemos encontrar los siguientes tipos más comunes y sus rangos de trabajo.



TCP-109-K



TCB-902K

Termocupla Tipo J: Hierro / Constante; Rrango 0 a 600°C  
Termocupla Tipo K: Níquel / Cromo Níquel; Rango 0 a 1000°C.

**1.- SENSORES CON CABLE FLEXIBLE:**

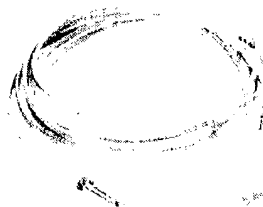
Material del bulbo y conector: acero inoxidable 304. Cable: 2 mts; malla de acero inoxidable para termocuplas y pvc para PT-100. Conexión: TCS-3/32 TCP/TSB - 1/2"NPT

TCP-907/PT-100

Digito	Catálogo	Sensor	Dimensiones Bulbo mm.		Rango de T°	T° Maxima
			Largo	Ø		
0415666-8	TCS-106J	Termocupla J	2	4	0 a 600°C	400°C
0415668-4	TCS-106K	Termocupla K	2	4	0 a 800°C	400°C
0415670-6	TCB-902K	Termocupla K	100	5	0 a 800°C	500°C
0415672-2	TCP-907/PT-100	PT-100	50	5	-50 a 300°C	400°C
0415673-0	TCP-907/PT-100	PT-100	100	5	-50 a 300°C	400°C
0415674-9	TCP-907/PT-100	PT-100	150	5	-50 a 300°C	400°C
0415678-1	TCP-109-J	Termocupla J	100	5	600°C	600°C
0415680-3	TCP-109-K	Termocupla K	200	5	800°C	600°C
0415683-8	* TSB/K	Termocupla K	100	9,5	0 a 800°C	800°C



TCS-106J

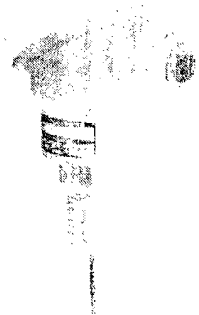


\* TSB/K Termocupla sin cabezal y sin cable.

**2.- SENSORES DE TEMPERATURA CON CABEZAL:**

Cabezal de aluminio; sensor y conector en acero inoxidable 304. Conexión: 1/2"NPT. Diámetro bulbo: 5mm.

Digito	Catálogo	Sensor	Largo Bulbo mm.	Rango de T°	T° Maxima
0415687-0	RLB/802/PT-100	PT-100	50mm	-30 a 300°C	400°C
0415689-7	RLB/802/PT-100	PT-100	100mm	-30 a 300°C	400°C
0415691-9	RLB/802/PT-100	PT-100	200mm	-50 a 300°C	400°C
0415693-5	RLB/802/J	Termocupla J	100mm	0 a 600°C	600°C



RLB/802/PT-100

**3.- CABLES PARA SENSORES DE TEMPERATURA**

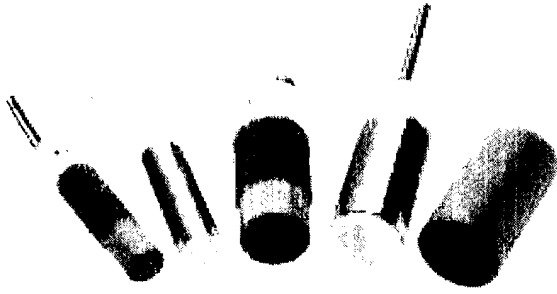
Digito	Descripción
0415695-1	Cable para Pt-100; cubierta pvc; gris
0415697-8	Cable compensado para termocupla J; cubierta malla acero inoxidable
0415699-4	Cable compensado para termocupla K; cubierta pvc; azul

VALPARAÍSO	SANTIAGO	TALCAHUANO	ANTOFAGASTA	PUERTO MONTT
Tel: 32-351111 / Fax: 32-351128 Email: vignoval@vignola.cl	Tel: 2-7758385 / Fax: 2-7732036 Email: vignusan@vignola.cl	Tel: 41-588858 / Fax: 41-589102 Email: vignotal@vignola.cl	Tel: 55-453030 / Fax: 55-453039 Email: vignoant@vignola.cl	Tel: 65-350150 / Fax: 65-350144 Email: vignomont@vignola.cl

---

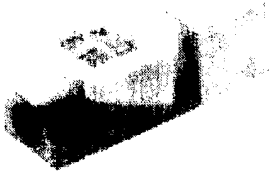
Guía de selección rápida .....	página 4-2
Definiciones técnicas y terminología .....	página 4-3
Introducción .....	página 4-5
Productos	
875C tubular, para uso general .....	página 4-9
875CP cuerpo de plástico tubular .....	página 4-13
875L tipo final de carrera .....	página 4-19
Accesorios	
Soportes de montaje, tipo tubo indicador .....	página 4-22
Anclajes para el sensor .....	página 4-23
Índice de números de catálogo .....	página 9-1
Índice general de productos .....	página 10-1

Bolita 8/51 (3/16")



<b>Descripción</b>	<b>Tipo tubular</b>	
	Cara de plástico/cuerpo roscado de latón niquelado Cara de plástico/cuerpo roscado de plástico Cara de plástico/cuerpo liso de plástico	
<b>Diámetro</b>	12, 18, 30, 34 mm	
<b>Conexiones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cable (PVC)</li> <li>• Micro desconexión rápida</li> <li>• Desconexión rápida Pico</li> </ul>	
<b>Modelos disponibles</b>	<b>Tipo</b>	<b>No. de página</b>
	CC 3 hilos	4- 10
	CC 3 hilos, cuerpo de plástico	4- 13
	CA 2 hilos	4- 16

Bolita 8/51



<b>Descripción</b>	<b>Tipo de final de carrera</b>	
	Cuerpo de plástico/multiposición	
<b>Tamaño</b>	40 mm x 40 mm x 120 mm	
<b>Conexiones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducto/terminal</li> </ul>	
<b>Modelos disponibles</b>	<b>Tipo</b>	<b>No. de página</b>
	CC 3 hilos	4-20

**Aproximación axial:** La aproximación a la diana cuando su centro se mantiene en el eje de referencia.

**Aproximación lateral:** La aproximación de la diana perpendicular al eje de referencia.

**Blindado:** Un sensor que puede montarse al ras en metal hasta el plano de la cara de detección activa.

**Caida de voltaje:** La máxima caída de voltaje a través de un sensor conductor.

**Consumo de corriente:** La corriente consumida por el interruptor de proximidad cuando el dispositivo de salida está desactivado.

**Corriente de fuga:** Corriente que fluye a través de la salida cuando la salida está en condición desactivada o desenergizada. Esta corriente es necesaria para suministrar alimentación a los circuitos electrónicos del sensor.

**Corriente máxima:** El máximo nivel de corriente al cual el sensor de proximidad puede funcionar por un periodo corto de tiempo.

**Corriente máxima de carga:** El nivel de corriente máximo al cual el sensor de proximidad puede funcionar continuamente.

**Corriente mínima de carga:** La cantidad mínima de corriente requerida por el sensor para mantener una operación confiable.

**Diana:** Objeto que activa el sensor.

**Distancia de detección:** La distancia a la cual una diana que se está aproximando activa (cambia el estado de) la salida de proximidad.

**Distancia de operación efectiva:** (Sr) La distancia de operación de un interruptor de proximidad individual medido a la temperatura, voltaje y condición de montaje indicados.

**Distancia de operación, nominal:** La distancia de operación especificada por el fabricante y usada como valor de referencia. También se denomina distancia nominal de detección.

**Factores de corrección:** Factores de multiplicación sugeridos que toman en consideración las variaciones en la composición del material de la diana. La distancia real de detección se ha de multiplicar por dicho factor para obtener la distancia nominal de detección.

**Fluctuación:** La variación entre los valores pico a pico en el voltaje de CC. Se expresa en porcentaje del valor nominal.

**Frecuencia de conmutación:** El número máximo de veces por segundo que el sensor puede cambiar de estado (activado a desactivado) generalmente expresado en Hertz (Hz). De acuerdo con DIN EN 50010.

**Fuente:** Vea PNP.

**Histéresis:** La diferencia, en porcentaje (%), de la distancia de detección nominal entre el punto de operación (interruptor activado) y el punto de liberación (interruptor desactivado) cuando la diana se está moviendo en dirección opuesta a la cara activa del sensor. Sin suficiente histéresis, un sensor de proximidad vibrará (alternará continuamente entre activado y desactivado) cuando se aplique vibración suficiente a la diana o al sensor.

**Indicador LED:** Diodo emisor de luz usado para indicar el estado del sensor.

**Interruptor de proximidad de dos hilos:** Un sensor de proximidad que conmuta una carga conectada en serie a la fuente de alimentación. La corriente de alimentación del sensor de proximidad se obtiene en todo momento a través de la carga.

**Interruptor de proximidad de tres hilos:** Un sensor de proximidad de CA o CC con tres conductores, dos de los cuales suministran alimentación eléctrica y el tercero conmuta la carga.

**Margen de detección:** La distancia de operación nominal.

**Montaje al ras:** Un sensor de proximidad protegido, el cual puede montarse al ras en metal hasta el plano de la cara de detección activa.

**Normalmente abierto:** La salida se cierra cuando un objeto es detectado en el área de conmutación activa.

**Normalmente cerrado:** La salida se abre cuando un objeto es detectado en el área de conmutación activa.

**NPN:** El sensor conmuta la carga al terminal negativo. La carga ha de conectarse entre la salida del sensor y el terminal positivo.

**PNP:** El sensor conmuta la carga al terminal positivo. La carga ha de conectarse entre la salida del sensor y el terminal negativo.

**Protección contra cortocircuito:** (SCP) Sensor protegido contra daño cuando ocurre una condición de cortocircuito por un periodo de tiempo indefinido o definido.

**Protección contra inversión de polaridad:** Sensores de proximidad protegidos contra una inversión en la polaridad del voltaje.

**Pulso falso:** Un cambio no deseado en el estado de la salida del interruptor de proximidad que dura más de dos milisegundos.

**Recorrido diferencial:** Vea Histéresis.

**Repetibilidad:** La variación de la distancia de operación efectiva medida a temperatura ambiente y voltaje de suministro constante. Se expresa como un porcentaje de la distancia de detección.

**Salida doble:** Sensor que tiene dos salidas que pueden ser complementarias o del mismo tipo (por ejemplo dos normalmente abiertas o dos normalmente cerradas).

**Salida programable:** (N.A. o N.C.) Salida que puede cambiar de N.A. a N.C. o de N.C. a N.A. mediante un interruptor o cable de puente. También se conoce como salida seleccionable.

**Salidas complementarias:** (N.A. y N.C.) Un sensor de proximidad que cuenta con salidas normalmente abierta y normalmente cerrada, las cuales se pueden usar simultáneamente.

**Sumidero:** Vea NPN.

**Tiempo de respuesta:** Vea Frecuencia de conmutación.

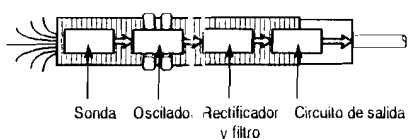
**Voltaje de aislamiento:** Voltaje nominal máximo entre salidas aisladas o entrada y salida.

**Voltaje residual:** El voltaje a través de la salida del sensor mientras está activado y portando la máxima carga de corriente.

**Zona libre:** El área alrededor del interruptor de proximidad, la cual debe mantenerse libre de cualquier material de amortiguación.



Figura 14.10. Sensor capacitivo de proximidad blindado. El sensor capacitivo de proximidad blindado detecta cambios en el campo electrostático.



Los sensores de proximidad capacitivos han sido diseñados para trabajar generando un campo electrostático y detectando cambios en dicho campo a causa de un objeto que se aproxima a la superficie de detección. Los elementos de trabajo del sensor son, a saber, una sonda capacitiva de detección, un oscilador, un rectificador de señal, un circuito de filtraje y el correspondiente circuito de salida.

En ausencia de objetos, el oscilador se encuentra inactivo. Cuando se aproxima un objeto, éste aumenta la capacitancia de la sonda de detección. Al superar la capacitancia un umbral predeterminado se activa el oscilador, el cual dispara el circuito de salida para que cambie entre "on" (encendido) y "off" (apagado).

La capacitancia de la sonda de detección viene condicionada por el tamaño del objeto a detectar, por la constante dieléctrica y por la distancia de éste al sensor. A mayor tamaño y mayor constante dieléctrica de un objeto, mayor incremento de capacitancia. A menor distancia entre objeto y sensor, mayor incremento de capacitancia de la sonda por parte del objeto.

Figura 14.11. Sensor capacitivo de proximidad blindado. El sensor capacitivo de proximidad blindado detecta cambios en el campo electrostático.

El objeto estándar para los sensores capacitivos es el mismo que para los de tipo inductivo. El objeto a detectar ha de hallarse conectado a tierra según las normas de prueba IEC. En cualquier caso, los objetos a detectar en el ámbito de una aplicación típica no necesitan ser conectados a tierra para que la detección sea fiable.

Figura 14.12. Sensor capacitivo de proximidad blindado. El sensor capacitivo de proximidad blindado detecta cambios en el campo electrostático.

Los sensores capacitivos de proximidad blindados son más adecuados para detectar materiales de baja constante dieléctrica (difíciles de detectar) debido a la alta concentración de campos electrostáticos. Esto les permite detectar objetos que con sensores no blindados sería imposible. De cualquier manera, esto los hace más susceptibles a los disparos en falso a causa de la acumulación de suciedad o humedad en la superficie de detección.

El campo electrostático de un sensor no blindado es de más baja concentración que el correspondiente a los modelos con blindaje. Esto los hace adecuados para la detección de materiales de alta constante dieléctrica (fáciles de detectar) o también para discriminar entre materiales de alta y baja constante dieléctrica. Para unos materiales adecuados dados, los sensores capacitivos de proximidad no blindados poseen distancias de detección mayores que los blindados.

Los modelos no blindados están equipados con una sonda de compensación que permite al sensor ignorar el agua pulverizada, polvo, un poco de suciedad y aceite pulverizado o vapor de agua condensado en el sensor. La sonda de compensación también hace al sensor más resistente a las variaciones de humedad ambiental. El tipo no blindado o sin apantallar es, por tanto, la elección más adecuada para ambientes polvorientos y/o húmedos.

Los sensores capacitivos no blindados son también más adecuados que los de tipo blindado para utilizarlos con anclajes de plástico, accesorios diseñados para aplicaciones en la medida del nivel de líquidos. El anclaje se monta por medio de un barrero en el depósito y el sensor se introduce en el receptáculo del anclaje. Este detecta el nivel de líquido en el interior del tanque a través de la pared del anclaje del sensor. Esto permite al anclaje la doble función de tapón del barrero por un lado y por otro de montura del sensor.

Figura 14.13. Sensor capacitivo de proximidad blindado. El sensor capacitivo de proximidad blindado detecta cambios en el campo electrostático.

Para un tamaño de objeto dado, los factores de corrección de sensores capacitivos se determinan por la propiedad del material del objeto denominada constante dieléctrica. Los materiales que poseen una constante dieléctrica más alta son más fáciles de detectar que aquellos cuya constante dieléctrica es menor. A continuación se expone una lista parcial de constantes dieléctricas de varias materias industriales. Para obtener más información, consulte los documentos *CRC Handbook of Chemistry and Physics (CRC Press)*, *CRC Handbook of Tables for Applied Engineering Science (CRC Press)*, u otras fuentes aplicables.

**Constantes dieléctricas de materiales industriales comunes**

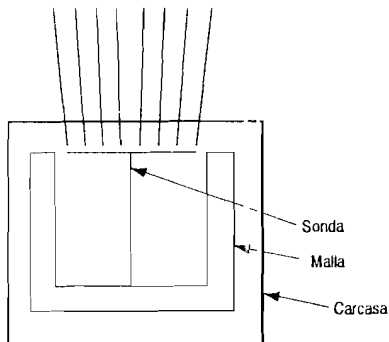
Aceite de soya	2.9-3.5
Aceite de terpenina	2.2
Aceite de transformador	2.2
Acetona	19.5
Agua	80
Aire	1.000264
Alcohol	25.8
Amoniaco	15-25
Anilina	6.9
Arena	3-5
Azúcar	3.0
Azufre	3.4
Baqueilita	3.6
Barniz de silicón	2.8-3.3
Benceno	2.3
Caliza de conchas	1.2
Celuloide	3.0
Cemento en polvo	4.0
Cenizas	1.5-1.7
Cereales	3-5
Cloro líquido	2.0
Cristal de cuarzo	3.7
Dióxido de carbono	1.000985
Ebonita	2.7-2.9
Etanol	24
Etilénglicol	38.7
Freón R22 y 502 (liq.)	6.11
Gasolina	2.2
Glicerina	47
Goma	2.5-3.5
Harina	1.5-1.7
Laca	2.5-4.7
Leche en polvo	3.5-4
Madera, seca	2-7
Madera, verde	10-30
Mármol	8.0-8.5
Mica	5.7-6.7
Nitrobenceno	36
Nylon	4-5
Panel de prensa	2-5
Papel	1.6-2.6
Papel satur. de aceite	4.0
Parafina	1.9-2.5
Perspex	3.2-3.5
Petróleo	2.0-2.2
Poliacetal	3.6-3.7
Poliamida	5.0
Poliestireno	3.0
Poliétileno	2.3
Polipropileno	2.0-2.3
Porcelana	4.4-7
Resina acrílica	2.7-4.5
Resina de urea	5-8
Resina epoxi	2.5-6
Resina estireno	2.3-3.4
Resina fenólica	4-12
Resina melamina	4.7-10.2
Resina poliéster	2.8-8.1
Resina PVC	2.8-3.1
Sal	6.0
Soluciones acuosas	50-80
Teflón	2.0
Tetracloruro de carbono	2.2
Tolueno	2.3
Vaselina	2.2-2.9
Vidrio	3.7-10

Los sensores capacitivos tienen diseño blindado o no blindado.

### Sonda con blindaje

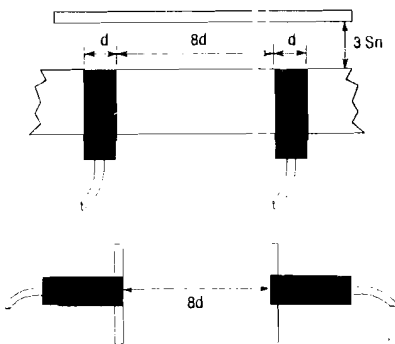
Los sensores blindados tienen una banda metálica alrededor de la sonda. Esto ayuda a dirigir el campo electrostático al frente del sensor y resulta en un campo más concentrado.

### Sonda con blindaje



La construcción blindada permite la posibilidad de montaje de el sensor al ras en piezas de material que los rodean sin que se produzcan falsas detecciones.

### Sensores blindados montados al ras



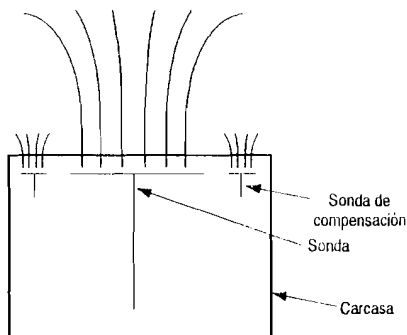
Los sensores capacitivos blindados son más adecuados para detectar

materiales de baja constante dieléctrica (difíciles de detectar) debido a la alta concentración de campos electrostáticos. Esto les permite detectar objetos que con sensores no blindados sería imposible.

### Sonda blindada

Los sensores blindados e no tienen una banda metálica alrededor de la sonda y por lo tanto tienen menos concentración de campo electrostático. Muchos modelos no blindados están equipados con sondas de compensación, las cuales proporcionan mayor estabilidad al sensor. Las sondas de compensación se describen posteriormente en esta sección.

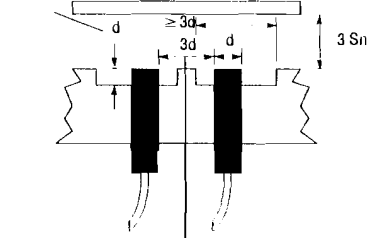
### Sonda blindada



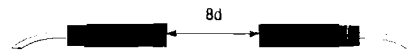
Los sensores capacitivos no blindados son también más adecuados que los de tipo blindado para utilizarlos con anclajes de plástico, accesorios diseñados para aplicaciones en la medida del nivel de líquidos. El anclaje se monta por medio de un barrero en el depósito y el sensor se introduce en el receptáculo del anclaje. Este detecta el nivel de líquido en el interior del tanque a través de la pared del anclaje del sensor.

### Diseño no blindado montado sobre metal y montado en anclaje de plástico para el sensor

d para sensores capacitivos si van montados en plástico. 3d (modelos de 12, 18 mm) ó 1.5d (modelos de 30, 34 mm) si van montados en metal.



Para sensores capacitivos, 3d para sensibilidad media a 8d para máxima sensibilidad.



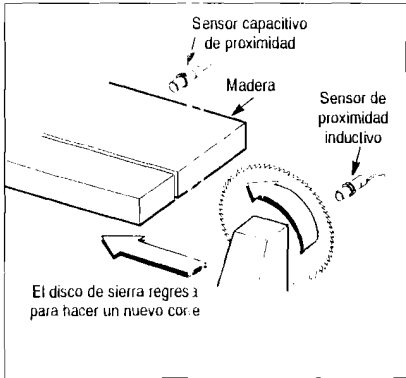
d = diámetro o anchura de cara activa de detección  
Sn = distancia nominal de detección

El campo electrostático de un sensor no blindado es de más baja concentración que el correspondiente a los modelos con blindaje. Esto los hace adecuados para la detección de materiales de alta constante dieléctrica (fáciles de detectar) o también para discriminar entre materiales de alta y baja constante dieléctrica. Para ciertos materiales, los sensores capacitivos de proximidad no blindados poseen distancias de detección mayores que los blindados.

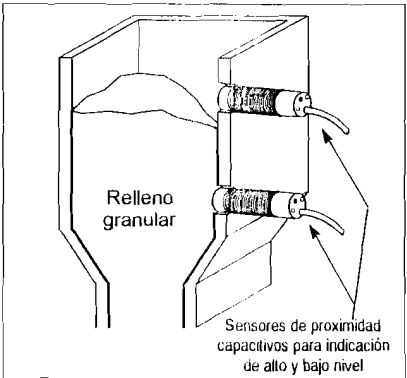
Los modelos no blindados equipados con una sonda de compensación pueden ignorar nebulizaciones, polvo, un poco de suciedad y gotas finas de aceite o vapor de agua condensado en el sensor. La sonda de compensación también aumenta la resistencia del sensor a las variaciones de humedad ambiental.



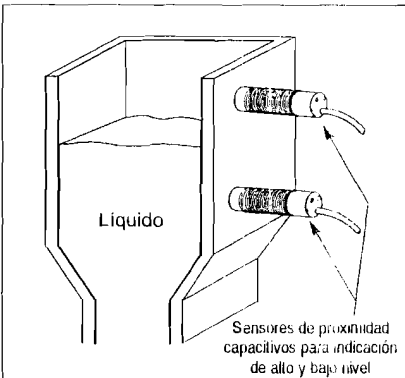
Detección de objetos



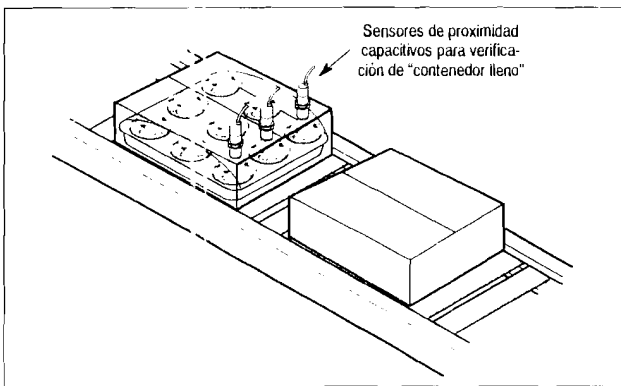
Detección de nivel



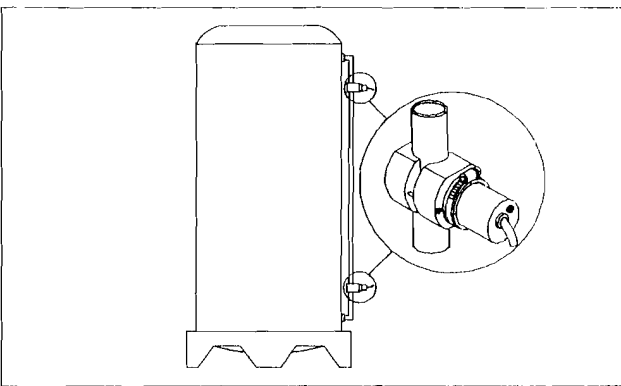
Detección de nivel de líquidos



Detección de material



Detección de nivel de tubo indicativo



Cara activa de plástico/cuerpo cilíndrico de plástico o de latón niquelado



Descripción

Los detectores capacitivos de proximidad Boletín 875C y 875CP son dispositivos autocontenidos, de estado sólido, diseñados para detectar la proximidad de materiales diversos sin tocarlos.

A diferencia de los detectores inductivos de proximidad los modelos 875C y 875CP pueden detectar sólidos y líquidos no metálicos, además de los objetos metálicos corrientes. Pueden, incluso, detectar la presencia de ciertos objetos mezclados entre otros materiales, lo que los hace la elección ideal para ciertas aplicaciones donde los detectores inductivos de proximidad y los fotoeléctricos no pueden utilizarse.

Cada unidad posee distancia de detección ajustable y está equipada con dos indicadores LED que indican alimentación y salida. Están alojados en un cuerpo de latón niquelado (modelos con blindaje) o en un cuerpo de plástico (modelos sin blindaje) que cumplen con los estándares de envolventes NEMA 12 e IP65 (IEC 529). Las opciones de conexión incluyen cable de PVC, así como también conectores micro y pico.

Especificaciones

- Capacidad de detección de objetos metálicos, no metálicos, sólidos o líquidos
- Distancia ajustable de detección
- Cables con conector de CA/CC
- Protección contra cortocircuito ❶, sobrecarga ❶, inversión de polaridad ❶ y ruido transitorio.
- Marca CE para todas las directivas aplicables

Tipos

CC 3 hilos ..... página 4-10

CC 3 hilos cuerpo de plástico ..... página 4-13

CA 2 hilos cilindro de plástico ..... página 4-16

ACCESORIOS

Cables con conector ..... página 5-1

Soportes de montaje

Tipo tubo indicador ..... página 4-22

Anclajes para el sensor ... página 4-23

información general

Tabla de conversión de medidas métricas/anglosajonas ..... página 11-1

❶ Sólo modelos de CC.



# Sensores capacitivos de proximidad

875C 3 hilos CC

## Cara activa de plástico/cuerpo roscado de latón niquelado

### Características

	12 mm	18 mm	30 mm
Corriente de carga	≤ 200 mA	≤ 200 mA	≤ 400 mA
Corriente de fuga	0.3 mA	0.1 mA	0.1 mA
Tensión de trabajo	10-36 VCC	10-60 VCC	10-60 VCC
Caída de tensión	≤ 2 V	≤ 2 V	≤ 3 V
Repetibilidad	≤ 10 %		
Histéresis	≤ 20 %		
Prot. contra ruidos transil.	Incorporado		
Prot. contra inv. de la polar.	Incorporado		
Prot. contra cortocircuitos	Incorporado		
Prot. contra sobrecargas	Incorporado		
Homologaciones	Marca CE para todas las directivas aplicables		
Envolvente	NEMA 12, IP65 (IEC 529) Cilindro de latón niquelado		
Conexiones	Cable: 2 m de longitud 3 hilos PVC Conector: Tipo Micro de 4 pines Tipo Pico de 3 pines		
Indicadores LED	Verde: Alimentación Amarillo: Salida		
Temperatura de operación	-25 °C a +70 °C (-13 °F a +158 °F)		

875C tipo cable CC  
12, 18, 30 mm  
página 4-11

875C CC tipo conector  
Micro  
30 mm  
página 4-11

875C CC, tipo conector  
Pico  
12, 18 mm  
página 4-11

CE

### Características

- Capacidad de detección de objetos metálicos, no metálicos, sólidos o líquidos
- Distancia ajustable de detección
- Operación por 3 hilos
- Conexión por 3 hilos, 3 patillas o 4 patillas
- Salida normalmente abierta o cerrada
- Protegidos contra cortocircuito, sobrecarga, inversión de la polaridad y ruidos transitorios
- Marca CE para todas las directivas aplicables

### Factores de corrección

Material específico	Factor de corrección
Aceite de soya	0.15
Aceite de terpenina	0.10
Aceite de transformador	0.10
Acetona	0.75
Agua	1.0
Aire	0.0
Alcohol	0.85
Amoniaco	0.70 - 0.85
Anilina	0.40
Arena	0.15 - 0.30
Azúcar	0.15
Azufre	0.15
Baquelita	0.20
Barniz de silicón	0.15
Benceno	0.10
Caliza de conchas	<0.05
Celuloide	0.15
Cemento en polvo	0.25
Cerizas	0.05
Cereales	0.15 - 0.30
Cloro líquido	0.10
Cristal de cuarzo	0.20
Dióxido de carbono	0.0
Ebonita	0.15
Etanol	0.85
Etiléngicol	0.93
Freón R22 y 502 (líq.)	0.35
Gasolina	0.10
Glicerina	0.98
Goma	0.15 - 0.90
Harina	0.05
Laca	0.15 - 0.25
Leche en polvo	0.20

### Factores de corrección

Material específico	Factor de corrección
Madera, seca	0.10 - 0.40
Madera, verde	0.60 - 0.85
Mármol	0.50
Mica	0.35
Nitrobenceno	0.93
Nylon	0.20 - 0.30
Panel de prensa	0.10 - 0.30
Papel	0.10
Papel satur. de aceite	0.25
Parafina	0.10
Perspex	0.15
Petróleo	0.05
Poliacetat	0.20
Poliamida	0.30
Poliestireno	0.15
Poliétileno	0.10
Polipropileno	0.10
Porcelana	0.25 - 0.40
Resina acrílica	0.10 - 0.25
Resina de urea	0.30 - 0.45
Resina epoxi	0.15 - 0.35
Resina estireno	0.15
Resina fenólica	0.20 - 0.60
Resina melamina	0.25 - 0.55
Resina poliéster	0.15 - 0.50
Resina PVC	0.15
Sal	0.35
Soluciones acuosas	0.98 - 1.0
Teflón	0.10
Tetracloruro de carbono	0.10
Tolueno	0.10
Vaselina	0.10
Vidrio	0.20 - 0.55

Cara activa de plástico/cuerpo roscado de latón niquelado

Figura 2-187: Tipo de cable QD estándar

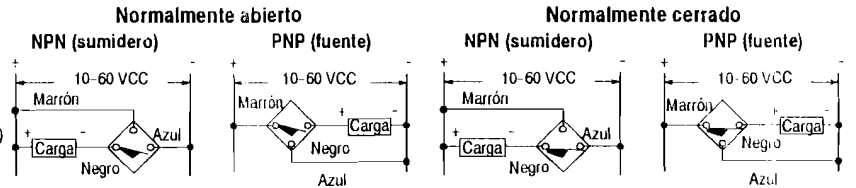
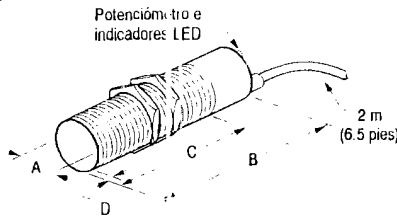
Diám. del cilindro y tipo	Distancia de detección nominal mm (pulgadas)	Blindado	Configuración de salida		Frecuencia de conmutación (Hz)	Número de catálogo			
						Tipo cable	Tipo Micro QD	Tipo Pico QD	
Rosca de 12mm	0.04 (0.02) a 2 (0.08)	S	N.A.	PNP	25	875C-D2NP12-A2	---	---	
	2 (0.08)					---	---	875C-D2NP12-P3	
18 mm Rosca de				1 (0.04) a 5 (0.20)		NPN	875C-D5NP18-A2	---	875C-D5NP18-P3
	875C-D5NN18-A2						---	875C-D5NN18-P3	
	PNP					875C-D5CP18-A2	---	875C-D5CP18-P3	
						875C-D5CN18-A2	---	875C-D5CN18-P3	
	N.C.		875C-D10NP30-A2			875C-D10NP30-D4	---		
			875C-D10NN30-A2			875C-D10NN30-D4	---		
30 mm Rosca de	2.0 (0.08) a 10 (0.39)		PNP	875C-D10CP30-A2		875C-D10CP30-D4	---		
				875C-D10CN30-A2		875C-D10CN30-D4	---		
Conjunto de cable QD estándar recomendado (-2 = 2 m (6.5 pies))						889D-F4AC-2	889P-F3AB-2		

Figura 2-188: Soportes de montaje para sensores de proximidad

Descripción	Número de página
Soportes de montaje	2-188 - 2-192
Tuercas de montaje	2-199 - 2-200
Cajas de terminales	5-19
Otros conjuntos de cables disponibles	5-25, 5-52

Figura 2-189: Dimensiones en pulgadas y programa de cables

Tipo cable



Tamaño de la rosca	mm (pulgadas)			
	A	B	C	D
M12 x 1	12.0 (0.47)	61.5 (2.42)	40.5 (1.59)	1.0 (0.04)
M18 x 1	18.0 (0.71)	82.0 (3.23)	61.0 (2.40)	1.0 (0.04)
M30 x 1.5	30.0 (1.18)	82.0 (3.23)	61.0 (2.40)	1.0 (0.04)

# Sensores capacitivos de proximidad

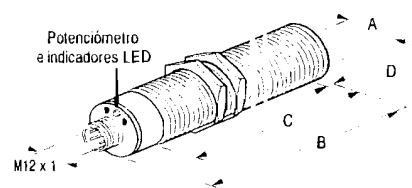
8750 Encaps, C

## Cara activa de plástico/cuerpo roscado de latón niquelado

Dimensiones en milímetros (pulgadas)

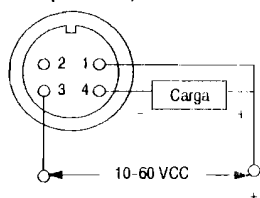
Dimensiones en pulgadas (milímetros)

### Tipo Micro QD

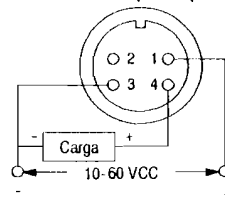


#### Normalmente abierto o normalmente cerrado

NPN (sumidero)

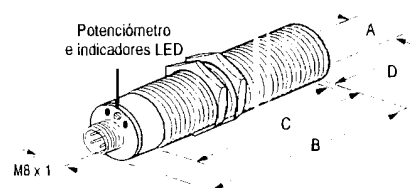


PNP (fuente)



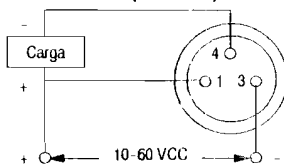
Tamaño de la rosca	mm (pulgadas)			
	A	B	C	D
M30 x 1.5	30.0 (1.18)	82.0 (3.23)	61.0 (2.40)	1.0 (0.04)

### Tipo Pico QD

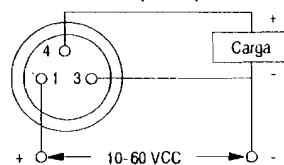


#### Normalmente abierto o normalmente cerrado

NPN (sumidero)



PNP (fuente)



Tamaño de la rosca	mm (pulgadas)			
	A	B	C	D
M12 x 1	12.0 (0.47)	63.5 (2.50)	40.5 (1.59)	1.0 (0.04)
M18 x 1	18.0 (0.71)	82.0 (3.23)	61.0 (2.40)	1.0 (0.04)

Cara activa de plástico/cuerpo cilíndrico de plástico roscado o liso



875CF CC tipo cable  
cuerpo cilíndrico liso 34 mm  
página 4-14



875CP CC tipo cable  
cuerpo cilíndrico roscado 18, 30 mm  
página 4-14



875CP CC tipo conector  
Micro cuerpo cilíndrico Liso  
31 mm  
página 4-14



875CP CC tipo conector  
Micro cuerpo cilíndrico  
Roscado 30 mm  
página 4-14



875CP CC tipo conector Pico  
cuerpo cilíndrico roscado  
18 mm  
página 4-14



- Capacidad de detección de objetos metálicos, no metálicos, sólidos o líquidos
- Distancia ajustable de detección
- Operación por 3 hilos
- Conexión por 3 hilos, 3 patillas o 4 patillas
- 10-60 VCC
- Salida normalmente abierta o cerrada
- Protección contra cortocircuitos, pulsos en falso, polaridad invertida y ruido transitorio
- Marca CE para todas las directivas aplicables

Características técnicas

	18 mm	30, 34 mm
Corriente de carga	≤ 200 mA	≤ 400 mA
Corriente de fuga	0.1 mA	
Tensión de trabajo	10-60 V	
Caída de tensión	<2 V	<3 V
Repetibilidad	≤ 10 %	
Histéresis	≤ 20 %	
Prot. contra ruidos transit.	Incorporado	
Prot. contra inv. de la polar.	Incorporado	
Protec. contra cortocircuitos	Incorporado	
Protec. contra sobrecargas	Incorporado	
Homologaciones	Marca CE para todas las directivas aplicables	
Envolvente	NEMA 12, IP65 (IEC 529) Cilindro de plástico	
Conexiones	Cable: 2 m de longitud 3 hilos PVC Conector: Tipo Micro de 4 pines Tipo Pico de 3 pines	
Indicadores LED	Verde: Alimentación Amarillo: Salida	
Temperatura de operación	-25 °C a +70 °C (-13 °F a +158 °F)	

Factores de corrección		Factores de corrección	
Material específico	Factor de corrección	Material específico	Factor de corrección
Aceite de soya	0.15	Madera, seca	0.10 - 0.40
Aceite de terpenina	0.10	Madera, verde	0.60 - 0.85
Aceite de transformador	0.10	Mármol	0.50
Acetona	0.75	Mica	0.35
Agua	1.0	Nitrobenzeno	0.93
Aire	0.0	Nylon	0.20 - 0.30
Alcohol	0.85	Panel de prensa	0.10 - 0.30
Amoniaco	0.70 - 0.85	Papel	0.10
Anilina	0.40	Papel satur. de aceite	0.25
Arena	0.15 - 0.30	Parafina	0.10
Azúcar	0.15	Perspex	0.15
Azufre	0.15	Petróleo	0.05
Baquelita	0.20	Poliacetal	0.20
Barniz de silicón	0.15	Poliámidas	0.30
Benceno	0.10	Poliestireno	0.15
Caliza de conchas	<0.05	Poliétileno	0.10
Celuloide	0.15	Polipropileno	0.10
Cemento en polvo	0.25	Porcelana	0.25 - 0.40
Cenizas	0.05	Resina acrílica	0.10 - 0.25
Cereales	0.15 - 0.30	Resina de urea	0.30 - 0.45
Cloro líquido	0.10	Resina epoxi	0.15 - 0.35
Cristal de cuarzo	0.20	Resina estireno	0.15
Dióxido de carbono	0.0	Resina fenólica	0.20 - 0.60
Ebonita	0.15	Resina melamina	0.25 - 0.55
Etanol	0.85	Resina poliéster	0.15 - 0.50
Etilénglicol	0.93	Resina PVC	0.15
Freón R22 y 502 (liq.)	0.35	Sal	0.35
Gasolina	0.10	Soluciones acuosas	0.98 - 1.0
Glicerina	0.98	Teflón	0.10
Goma	0.15 - 0.90	Tetracloruro de carbono	0.10
Harina	0.05	Tolueno	0.10
Laca	0.15 - 0.25	Vaselina	0.10
Leche en polvo	0.20	Vidrio	0.20 - 0.55

# Sensores capacitivos de proximidad

## Cara activa de plástico/cuerpo cilíndrico de plástico roscado o liso

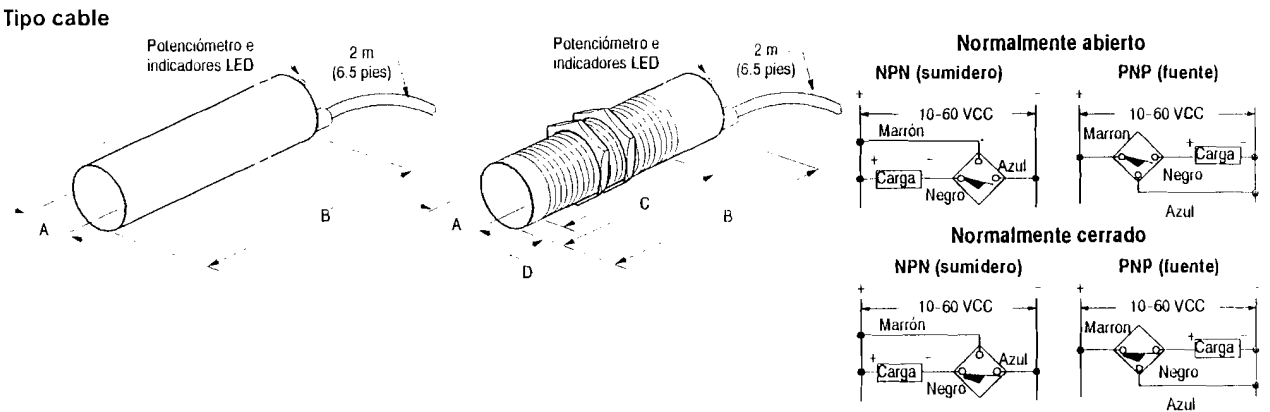
Tabla de especificaciones

Diám. del cilindro y tipo	Distancia nominal de detección -mm (pulg.)	Blindado	Configuración de salida		Frecuencia de conmutación (Hz)	Número de catálogo		
						Tipo cable	Tipo Micro QD	Tipo Pico QD
18 mm Rosca de	2 (0.08) a 8 (0.31)	N	N.A.	PNP	25	875CP-D8NP18-A2	---	875CP-D8NP18-P3
				NPN		875CP-D8NN18-A2	---	875CP-D8NN18-P3
			N.C.	PNP		875CP-D8CP18-A2	---	875CP-D8CP18-P3
				NPN		875CP-D8CN18-A2	---	875CP-D8CN18-P3
30 mm Rosca de	5 (0.20) a 20 (0.79)		N.A.	PNP		875CP-D20NP30-A2	875CP-D20NP30-D4	---
				NPN		875CP-D20NN30-A2	875CP-D20NN30-D4	---
			N.C.	PNP		875CP-D20CP30-A2	875CP-D20CP30-D4	---
				NPN		875CP-D20CN30-A2	875CP-D20CN30-D4	---
34 mm Liso	7 (0.28) a 30 (1.18)	N.A.	PNP	875CP-DM30NP34-A2	875CP-DM30NP34-D4	---		
			NPN	875CP-DM30NN34-A2	875CP-DM30NN34-D4	---		
		N.C.	PNP	875CP-DM30CP34-A2	875CP-DM30CP34-D4	---		
			NPN	875CP-DM30CN34-A2	875CP-DM30CN34-D4	---		
Conjunto de cable QD estándar recorrendado (-2 = 2 m (6.5 pies))						889D-F4AC-2	889P-F3AB-2	

Lista de otros conjuntos de cables disponibles

Descripción	Número de página
Soportes de montaje	2-188 - 2-192
Tuercas de montaje	2-199 - 2-200
Abrazaderas para el sensor	4-23
Cajas de terminales	5-19
Otros conjuntos de cables disponibles	5-25, 5-52

Diagramas de cableado



Diámetro o tamaño de la rosca	mm (pulgadas)			
	A	B	C	D
M18 x 1	18.0 (0.71)	81.0 (3.19)	60.0 (2.36)	20.0 (0.79)
M30 x 1.5	30.0 (1.18)	81.0 (3.19)	60.0 (2.36)	20.0 (0.79)
34	34.0 (1.34)	82.0 (3.23)	N/A	N/A



Cara activa de plástico/cuerpo cilíndrico de plástico roscado o liso

Dimensiones en milímetros (pulgadas)

Tipo Micro QD

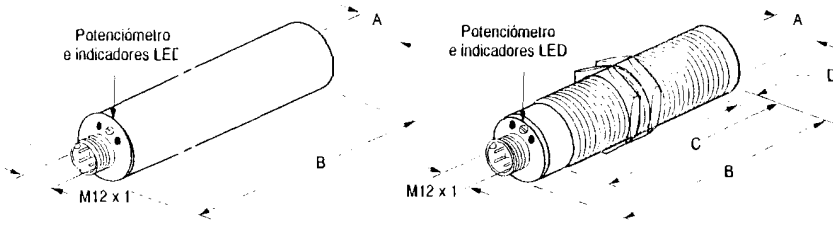
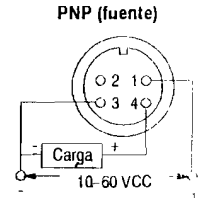
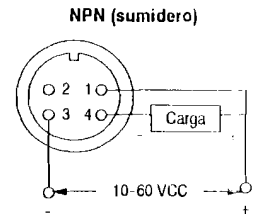


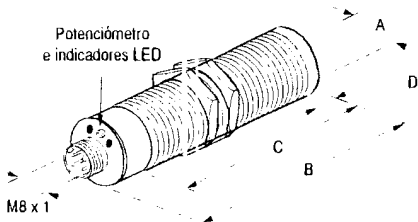
Diagrama de cableado

Normalmente abierto o normalmente cerrado

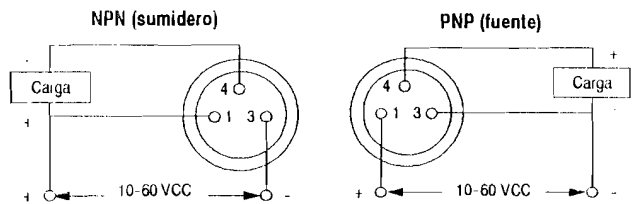


Diámetro o tamaño de la rosca	mm (pulgadas)			
	A	B	C	D
M30 x 1.5	30.0 (1.18)	81.0 (3.19)	60.0 (2.36)	20.0 (0.79)
Ø34	34.0 (1.34)	82.0 (3.23)	N/A	N/A

Tipo Pico QD



Normalmente abierto o normalmente cerrado



Diámetro o tamaño de la rosca	mm (pulgadas)			
	A	B	C	D
M18 x 1	18.0 (0.71)	51.0 (3.19)	60.0 (2.36)	20.0 (0.79)

## Sensores capacitivos de proximidad

875CP 2 hilos, A

Cara activa de plástico/cuerpo cilíndrico de plástico roscado o liso

Especificaciones

Corriente de carga	≤ 300 mA
Corriente de Pico	2 A
Corriente de fuga	3.0 mA a 132 VCA 3.5 mA a 250 VCA
Tensión de trabajo	20-250 V
Caída de tensión	<10 V
Repetibilidad	≤ 10 %
Histéresis	≤ 20 %
Protec. contra ruidos transit.	Incorporado
Envolvente	NEMA 12, IP65 (IEC 529) Cilindro de plástico
Homologaciones	Marca CE para todas las directivas aplicables
Conexiones	Cable: 2 m de largo 2 hilos PVC Conector: Micro de 3 pines
Indicadores LED	Verde: Alimentación Amarillo: Salida
Temperatura de operación	-25 °C a +70 °C (-13 °F a +158 °F)

875CP CA capacitivo,  
tipo cable  
34 mm  
página 4-17

875CP CA capacitivo,  
tipo cable  
18, 30 mm  
página 4-17

875CP 2 hilos CA capacitivo,  
tipo conector Micro  
34 mm  
página 4-17

875CP 2 hilos CA capacitivo,  
tipo conector Micro  
30 mm  
página 4-17

CE

- Capacidad de detección de objetos metálicos, no metálicos, sólidos o líquidos
- Distancia ajustable de detección
- Operación por 2 hilos
- Conexión de 2 hilos ó 3 pines
- 20-250 VCA
- Salida normalmente abierta o cerrada
- Protección contra ruidos transitorios
- Marca CE para todas las directivas aplicables

### Factores de corrección

Material específico	Factor de corrección
Aceite de soya	0.15
Aceite de terpenina	0.10
Aceite de transformador	0.10
Acetona	0.75
Agua	1.0
Aire	0.0
Alcohol	0.85
Amoniaco	0.70 - 0.85
Anilina	0.40
Arena	0.15 - 0.30
Azúcar	0.15
Azufre	0.15
Baquelita	0.20
Barniz de silicón	0.15
Benceno	0.10
Caliza de conchas	<0.05
Celuloide	0.15
Cemento en polvo	0.25
Cenizas	0.05
Cereales	0.15 - 0.30
Cloro líquido	0.10
Cristal de cuarzo	0.20
Dióxido de carbono	0.0
Ebonita	0.15
Etanol	0.85
Etilénglicol	0.93
Freón R22 y 502 (líq.)	0.35
Gasolina	0.10
Glicerina	0.98
Goma	0.15 - 0.90
Harina	0.05
Laca	0.15 - 0.25
Leche en polvo	0.20

### Factores de corrección

Material específico	Factor de corrección
Madera, seca	0.10 - 0.40
Madera, verde	0.60 - 0.85
Mármol	0.50
Mica	0.35
Nitrobencono	0.93
Nylon	0.20 - 0.30
Panel de prensa	0.10 - 0.30
Papel	0.10
Papel satur. de aceite	0.25
Paralina	0.10
Perspex	0.15
Petróleo	0.05
Poliacetal	0.20
Poliamida	0.30
Polistireno	0.15
Polietileno	0.10
Polipropileno	0.10
Porcelana	0.25 - 0.40
Resina acrílica	0.10 - 0.25
Resina de urea	0.30 - 0.45
Resina epoxi	0.15 - 0.35
Resina estireno	0.15
Resina fenólica	0.20 - 0.60
Resina melamina	0.25 - 0.55
Resina poliéster	0.15 - 0.50
Resina PVC	0.15
Sal	0.35
Soluciones acuosas	0.98 - 1.0
Teflón	0.10
Tetracloruro de carbono	0.10
Tolueno	0.10
Vaselina	0.10
Vidrio	0.20 - 0.55

Cara activa de plástico/cuerpo cilíndrico de plástico roscado o liso

Verificar el cable de conexión

Diámetro y tipo de cilindro	Distancia de detección nominal mm (pulgadas)	Blindado	Configuración de salida	Frecuencia de conmutación (Hz)	Número de catálogo		
					Tipo cable	Tipo Micro QD	
18 mm Rosca de	2 (0.08) a 8 (0.31)	N	N.A.	15	875CP-A8N18-A2	---	
			N.C.		875CP-A8C18-A2	---	
N.A.	875CP-A20N30-A2		875CP-A20N30-R3				
N.C.	875CP-A20C30-A2		875CP-A20C30-R3				
N.A.	875CP-AM30N34-A2		875CP-AM30N34-R3				
N.C.	875CP-AM30C34-A2		875CP-AM30C34-R3				
30 mm Rosca de	5 (0.20) a 20 (0.79)	Conjunto de cable QD estándar recomendado (-2 = 2 m (6.5 pies))					889R-F3ACA-2
34 mm Liso	7 (0.28) a 30 (1.18)						

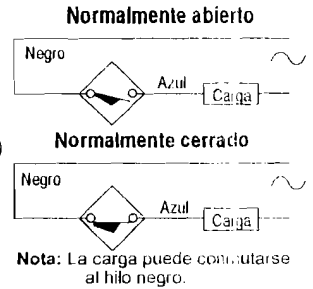
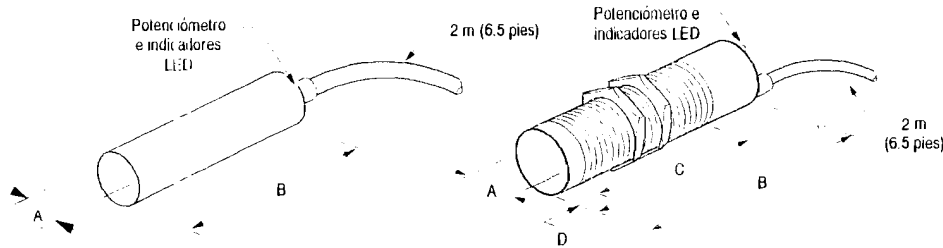
Verificar el cable de conexión

Descripción	Número de página
Soportes de montaje	2-188 - 2-192
Tuercas de montaje	2-199 - 2-200
Abrazaderas para el sensor	4-23
Cajas de terminales	5-19
Otros conjuntos de cables disponibles	5-44

Verificar el cable de conexión

Tipo cable

Diagrama de cable



Diámetro o tamaño de la rosca	mm (pulgadas)			
	A	B	C	D
M18 x 1	18.0 (0.71)	81.0 (3.19)	60.0 (2.36)	20.0 (0.79)
M30 x 1.5	30.0 (1.18)	81.0 (3.19)	60.0 (2.36)	20.0 (0.79)
M34	34.0 (1.34)	82.0 (3.23)	N/A	N/A

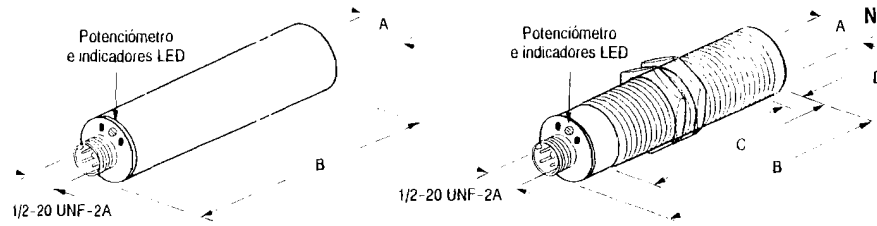
# Sensores capacitivos de proximidad

Allen-Bradley, Inc.

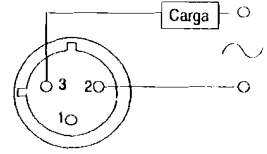
## Cara activa de plástico/cuerpo cilíndrico de plástico roscado o liso

Micro QD

### Tipo Micro QD

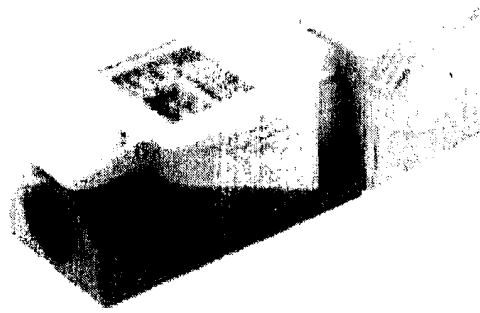


### Normalmente abierto o normalmente cerrado



Nota: La carga puede conmutarse al pin 2.

Diámetro o lapaño de la rosca	mm (pulgadas)			
	A	B	C	D
M30 x 1.5	30.0 (1.18)	81.0 (3.19)	60.0 (2.36)	20.0 (0.79)
Ø34	34.0 (1.34)	82.0 (3.23)	N/A	N/A



**Descripción**

Los sensores capacitivos de proximidad Boletín autoconteridos, de estado sólido, diseñados para detectar la proximidad de diversas clases de materiales sin tocarlos.

A diferencia de los sensores inductivos de proximidad, los 875L pueden detectar sólidos y líquidos no metálicos, además de los objetos metálicos corrientes. Pueden, incluso, detectar la presencia de ciertos objetos mezclados entre otros materiales, lo que los hace la elección ideal para ciertas aplicaciones donde los sensores inductivos de proximidad y los fotoeléctricos no pueden utilizarse.

Cada sensor posee distancia de detección ajustable y está equipado con dos indicadores LED que indican alimentación y salida. Los conmutadores de selección normalmente abierto/normalmente cerrado y PNP/NPN proporcionan al usuario cuatro opciones diferentes de configuración de la salida en un solo modelo. El cuerpo de plástico de la unidad está diseñado para proporcionar capacidad de intercambio de montaje con los finales de carrera mecánicos, las terminales de cableado sencillo y una cabeza multiposición. El 875L satisface las especificaciones de carcasa NEMA 12 e IP65 (IEC 529) y está disponible con abertura de conducto 1/2-14 NPT y terminales atornillables.

**Especificaciones**

- Capacidad de objetos metálicos, no metálicos, sólidos o líquidos
- Distancia ajustable de detección
- Protegidos contra cortocircuito, sobrecarga, inversión de la polaridad y ruidos transitorios
- Marca CE para todas las directivas aplicables

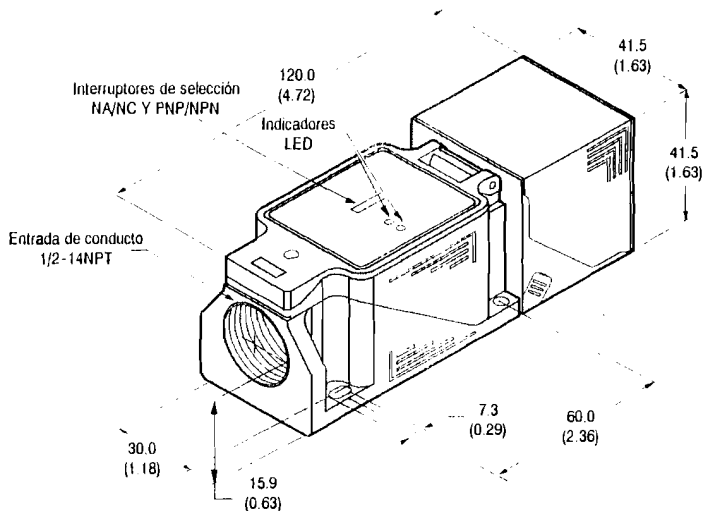
**Tipos**

CC 3 hilos ..... página 4-20

Dimensiones (mm)

Tamaño de la cabeza	Distancia de detección nominal mm (pulgadas)	Blindado	Configuración de salida		Frecuencia de conmutación (Hz)	Número de catálogo Tipo conducto
42	7-30 (0.28-1.18)	N	Seleccionable N A. o N C	Seleccionable PNP o NPN	40	875L-D30EE40-T3

Dimensiones (mm) (pulgadas)

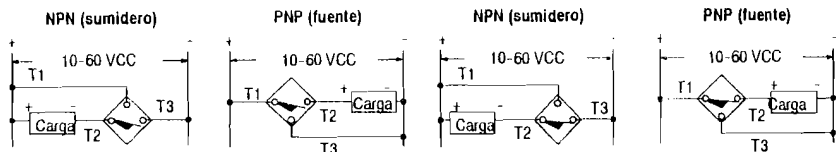


Nota: La cabeza puede girarse para proporcionar detección en múltiples posiciones o bien puede girarse para máxima sensibilidad.

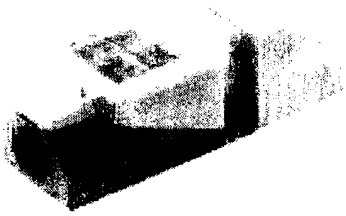
Diagrama de conexión

Normalmente abierto

Normalmente cerrado



Allen-Bradley es una marca registrada de Rockwell Automation Corporation. © 2005 Rockwell Automation Corporation. Todos los derechos reservados.



875L CC  
tipo conducto  
página 4-21



Especificaciones

Corriente de carga	≤400 mA
Corriente de fuga	<0.1 mA
Tensión de trabajo	10-60 VCC
Caída de tensión	<3 V
Repetibilidad	≤10 %
Histéresis	≤20 % típico
Prot. contra ruidos transit.	Incorporado
Prot. contra inv. de la polar.	Incorporado
Prot. contra cortocircuitos	Incorporado
Prot. contra sobrecargas	Incorporado
Homologaciones	Marca CE para todas las directivas aplicables
Envolvente	NEMA 12, IP65 (IEC 529) Polyloy
Conexiones	Abertura conducto: Rosca interna 1/2-14 NPT con terminales atornillables
Indicadores LED	Verde: Alimentación Amarillo: Salida activada
Temperatura de operación	-25 °C a 70 °C (-13 °F a +158 °F)

Características

- Capacidad de objetos metálicos, no metálicos, sólidos o líquidos
- Distancia ajustable de detección
- Operación por 3 hilos
- Conexión de 3 hilos
- 10-60 VCC
- Salidas seleccionables normalmente abiertas o cerradas
- Salida seleccionable PNP ó NPN
- Protegidos contra ruidos transitorios, inversión de la polaridad, cortocircuito y sobrecarga
- Marca CE para todas las directivas aplicables

Factores de corrección

Material específico	Factor de corrección
Aceite de soya	0.15
Aceite de terpenina	0.10
Aceite de transformador	0.10
Acetona	0.75
Agua	1.0
Aire	0.0
Alcohol	0.85
Amoniaco	0.70 - 0.85
Anilina	0.40
Arena	0.15 - 0.30
Azúcar	0.15
Azufre	0.15
Baquelita	0.20
Barniz de silicón	0.15
Benceno	0.10
Caliza de conchas	<0.05
Celuloide	0.15
Cemento en polvo	0.25
Cenizas	0.05
Cereales	0.15 - 0.30
Cloro líquido	0.10
Cristal de cuarzo	0.20
Dióxido de carbono	0.0
Ebonita	0.15
Etanol	0.85
Etilénglicol	0.93
Freón R22 y 502 (líq.)	0.35
Gasolina	0.10
Glicerina	0.98
Goma	0.15 - 0.90
Harina	0.05
Laca	0.15 - 0.25
Leche en polvo	0.20

Factores de corrección

Material específico	Factor de corrección
Madera, seca	0.10 - 0.40
Madera, verde	0.60 - 0.85
Mármol	0.50
Mica	0.35
Nitrobenceno	0.93
Nylon	0.20 - 0.30
Panel de prensa	0.10 - 0.30
Papel	0.10
Papel satur. de aceite	0.25
Paralina	0.10
Perspex	0.15
Petróleo	0.05
Poliacetal	0.20
Poliamida	0.30
Poliestireno	0.15
Poliétileno	0.10
Polipropileno	0.10
Porcelana	0.25 - 0.40
Resina acrílica	0.10 - 0.25
Resina de urea	0.30 - 0.45
Resina epoxi	0.15 - 0.35
Resina estireno	0.15
Resina fenólica	0.20 - 0.60
Resina melamina	0.25 - 0.55
Resina poliéster	0.15 - 0.50
Resina PVC	0.15
Sal	0.35
Soluciones acuosas	0.98 - 1.0
Tellón	0.10
Tetracloruro de carbono	0.10
Tolueno	0.10
Vaselina	0.10
Vidrio	0.20 - 0.55

## Sensores capacitivos de proximidad

### Accesorios

#### Escudras de montaje para sensores tubulares de proximidad—Tipo tubo indicador

##### Descripción

Las monturas para sensores tipo tubo indicador proporcionan una instalación simple y conveniente de los sensores capacitivos en los tubos indicadores para detección de alto o bajo nivel. Las monturas de sensores tipo tubo indicador están disponibles para tubos de plástico o de vidrio de 3/8" a 1 3/4" de diámetro. Estas monturas están diseñadas para uso con sensores capacitivos de 12 mm, 18 mm y 30 mm de diámetro. Todas las monturas para sensores tipo tubo indicador están hechas de plástico Delrin™ con sujetadores de acero inoxidable y abrazadera de banda incluidos.

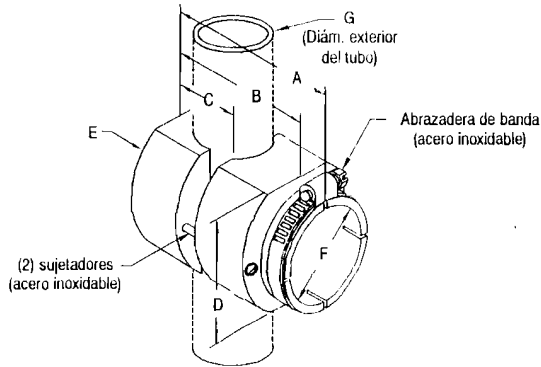
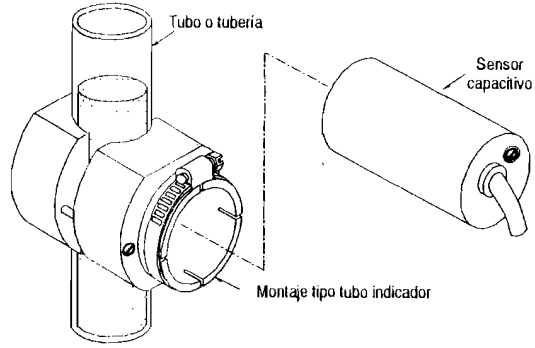
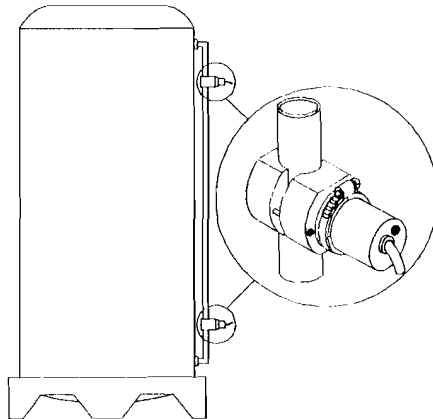


Tabla 1. Dimensiones de las escudras de montaje para sensores tipo tubo indicador

A	B	C	D	E	F-Diámetro del sensor	G-Diámetro exterior del tubo	Número de catálogo
44.5 (1.75)	33.0 (1.30)	12.7 (0.50)	25.4 (1.00)	31.8 (1.25)	12 mm (roscado o liso)	9.40-20.6 (0.37-0.81)	871A-BGD12
48.3 (1.90)	36.8 (1.45)	15.2 (0.60)	31.5 (1.24)	37.5 (1.75)	18 mm (roscado o liso)	16.0-28.4 (0.63-1.12)	871A-BGD18
87.6 (3.45)	76.3 (3.00)	31.8 (1.50)	37.5 (1.75)	50.8 (2.00)	30 mm (roscado o liso)	25.4-44.5 (1.00-1.75)	871A-BGD30

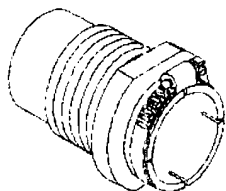
Tabla 2. Dimensiones de las escudras de montaje para sensores tipo tubo indicador



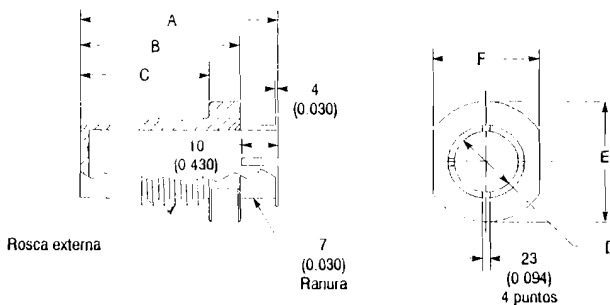


Cilindros de montaje interior con abrazadera para sensores de proximidad capacitivos

Anclaje roscado para sensor



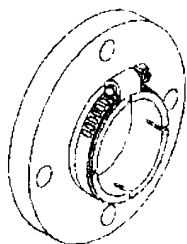
12, 18, 30, 34 mm



Dimensiones (en pulgadas)

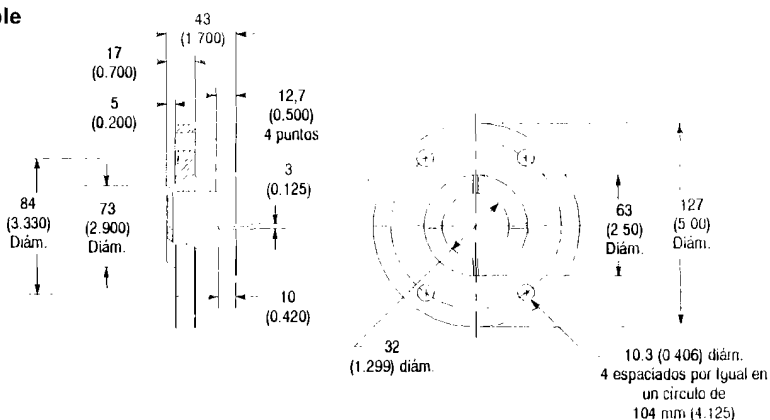
Díámetro del sensor	A	B	C	D	E	F	Valor de presión (psi) (libras por pulgada cuadrada)	Rosca externa	Material	Número de catálogo
12 mm	44 (1.750)	33 (1.300)	26 (1.050)	11-12 (0.470-0.480)	31 (1.250)	25 (0.995)	200	1/2-14 NPT	Delrin	871A-WTD12
								3/4-14 NPT	Teflón	871A-WTT12
18 mm				18 (0.720-0.725)	37 (1.470)	31 (1.245)		1-1/4-11.5 NPT	Delrin	871A-WTD18
								1-1/2-11.5 NPT	Teflón	871A-WTT18
30 mm	59 (2.350)	48 (1.900)	38 (1.530)	29-30 (1.180-1.185)	50 (1.970)	44 (1.745)			Delrin	871A-WTD30
34 mm				34 (1.340-1.345)	69 (2.750)	31 (1.245)			Delrin	871A-WTD34
									Teflón	871A-WTT34

Cilindro de montaje de arandela atornillable



30 mm atornillable

Material: Polietileno de alta densidad  
 Valor nominal de presión: 150 PSI



Descripción	Número de catálogo
Cilindro de montaje de arandela atornillable	871A-WSPE30

## Nota técnica 2 :

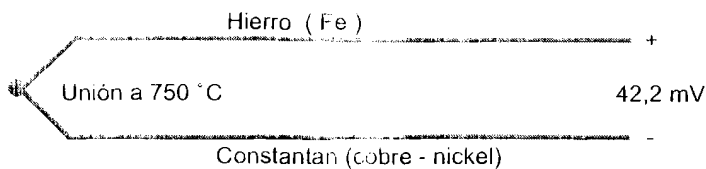
### ? Que són y como funcionan las termocuplas ?

#### *Que es una termocupla ?*

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

Una termocupla se hace con dós alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) del orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura.

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



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 ).

#### *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 són del tipo J ó del tipo K.

#### *Usos típicos en la industria*

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

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.

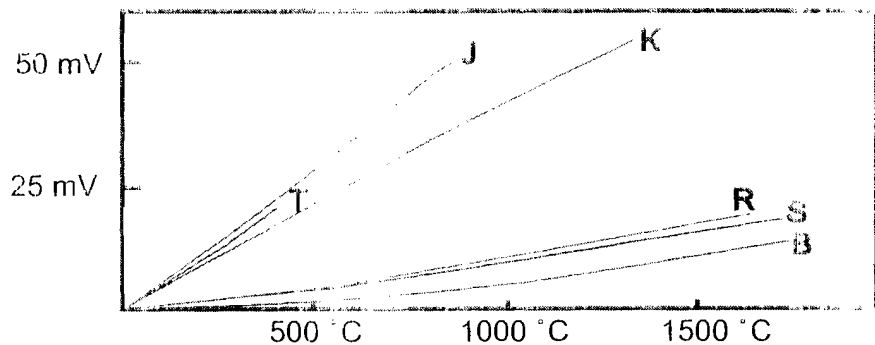
Las termocuplas R, S, B se usan casi exclusivamente en la industria siderúrgica (fundición de acero)

Finalmente las tipo T eran usadas hace algún tiempo en la industria de alimentos, pero han sido desplazadas en esta aplicación por los Pt100 (ver la nota técnica 4).

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

### Linealización

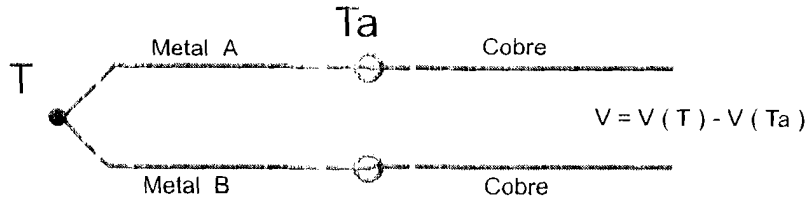
La dependencia entre el voltaje entregado por la termocupla y la temperatura no es lineal ( no es una recta ), es deber del instrumento electrónico destinado a mostrar la lectura, efectuar la **linealización**, es decir tomar el voltaje y conociendo el tipo de termocupla, ver en tablas internas a que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



**"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.



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 juntura 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.

La termocupla, hecha de metal A y metal B está sometida a una temperatura T. En los extremos de la termocupla se coloca un voltímetro con puntas de prueba de cobre a temperatura de ambiente  $T_a$ . Recorriendo el circuito se encuentra el voltaje V que marca el voltímetro:

$$\begin{aligned}
 V &= V_{cu,a}(T_a) + V_{a,b}(T) + V_{b,cu}(T_a) \\
 V &= [ V_{b,cu}(T_a) + V_{cu,a}(T_a) ] + V_{a,b}(T) \\
 V &= V_{b,a}(T_a) + V_{a,b}(T) \\
 V &= V_{a,b}(T) - V_{a,b}(T_a)
 \end{aligned}$$

El voltaje que nos interesa saber para conocer el valor de la temperatura T es  $V_{a,b}(T)$  , este se consigue despejándolo:

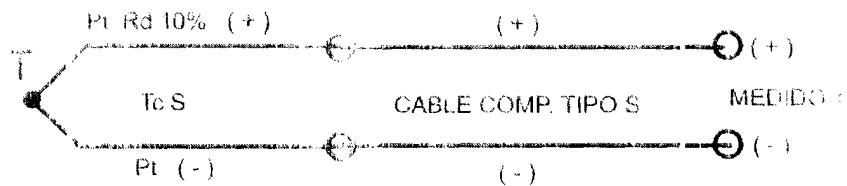
$$V_{a,b}(T) = V + V_{a,b}(T_a)$$

Luego conociendo  $T_a$  se busca en la tabla de la termocupla el valor de  $V_{a,b}(T_a)$  y se suma a V medido en el voltímetro con lo que se obtiene  $V_{a,b}(T)$ . Ahora con este valor se busca en la tabla el valor de T.

Los instrumentos para TC miden  $T_a$  en su conector y suman esta cantidad  $V_{a,b}(T_a)$  automáticamente para hacer la compensación de cero.

**Cables compensados** Cuando el instrumento está muy retirado del lugar de medición, no siempre es posible llegar con el mismo cable de la termocupla al instrumento. Esto ocurre especialmente cuando se están usando termocuplas R, S ó B hechas con aleación de platino de muy alto precio.

La solución de este problema es usar los llamados "**cables compensados**" para hacer la extensión del cable. Estos exhiben el mismo coeficiente de Seebeck de la termocupla (pero hechos de otro material de menor precio) y por lo tanto no generan termocuplas parásitas en el empalme.



Los cables compensados tienen una polaridad de conexión (+) y (-) que al conectarse con la termocupla se debe respetar.

Un error típico, es conectar al revés el cable en la termocupla y en el instrumento, de esta forma se genera un error en la lectura del orden de la temperatura de ambiente en el empalme.

En el caso particular de las lanzas usadas en la fundición de aceros, la termocupla se conecta en la punta con un cable compensado forrado en asbesto, que va por dentro de la lanza hasta el lado del mango. Ahí se empalma con otro cable compensado con revestimiento de goma más flexible que llega hasta la entrada del instrumento.

Es importantísimo que estos dos cables compensados sean para el tipo de termocupla que se está usando y además estén conectados con la polaridad correcta (+) con (+) y (-) con (-). De otra forma será imposible obtener una medición sin error.

Siempre se debe consultar al proveedor ó fabricante del cable compensado por los colores que identifican los cables (+) y (-), pues las normas de estos colores varían con el tipo de termocupla y país de procedencia del cable.

**Para verificar el funcionamiento de un instrumento.**

Para verificar que un instrumento de termocupla funciona correctamente, es conveniente hacer un corto ó puente en la entrada de modo que  $V = 0$ , entonces el instrumento deberá marcar la temperatura de ambiente  $T_a$  que hay en el conector trasero donde se hizo el puente.

**Para identificar una termocupla J y una K**

Una Tc tipo J está hecha con un alambre de hierro y otro de constantán. El alambre de hierro se puede reconocer con un imán, además el hierro es gris opaco aunque algunas veces estos alambre se recubren con un delgada capa de cobre para evitar oxidación. El constantán (cobre-nickel) es también magnético pero muy levemente, se reconoce mejor porque es plateado brillante.

Las termocuplas K están hechas con cromel (cromo - aluminio) y alumel (aluminio -nickel) ambos de color plateado brillante pero el alumel es levemente magnético por su contenido de nickel.

**Como medir temperatura con un voltímetro**

- 1- Medir con el voltímetro el voltaje que entrega la termocupla por ej V.
- 2- Medir la temperatura de ambiente  $T_a$  (temperatura del contacto de las puntas del voltímetro con los cables de la termocupla). Ver en una tabla de termocuplas que voltaje corresponde a la temperatura.

**Procedimiento exacto**

- 3- Hacer la suma de los 2 volates obtenidos  $V_{ab}(T) = V + V_{ab}(T_a)$  y ver en la tabla a que temperatura corresponde. Esta será la temperatura real a la que está sometida la termocupla. Por ejemplo:

Se mide en una termocupla J un voltaje de 10.84 mV.  
Si la temperatura de ambiente en los contactos es 25 °C, entonces en la tabla esto corresponde a 1.277 mV.  
Luego  $V_{ab}(T) = 10.84 + 1.277 = 12.117\text{mV}$ , esto según al tabla corresponde a 224°C

**Procedimiento aproximado pero simple**

- 1- Medir con el voltímetro el voltaje que entrega la termocupla.
- 2- Ahora ver en una tabla de termocuplas a que temperatura corresponde el voltaje.
- 3- Sumarle a esta temperatura encontrada en la tabla, la temperatura de ambiente (temperatura del contacto de las puntas del voltímetro con los cables de la termocupla) para hacer la compensación de cero. Por ejemplo:

Se mide en una termocupla J un voltaje de 10.84 mV.  
En la tabla de termocupla J se encuentra que para 10.84 mV, lo mas aproximado es 10.832 mV que corresponden a 201 °C .  
Si la temperatura de ambiente en los contactos es 25 °C aprox., entonces la temperatura medida es 226°C ( 25°C + 201°C )

La diferencia obtenida con los mismo valores para ambos procedimientos es mucho mayor en el caso de termocuplas B, S y R

TERMOCUPLA	J milivolts										
	°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-210	-8.096										
-200	-7.890	-7.912	-7.934	-7.955	-7.976	-7.996	-8.017	-8.037	-8.057	-8.076	
-190	-7.659	-7.683	-7.707	-7.731	-7.755	-7.778	-7.801	-7.824	-7.846	-7.868	
-180	-7.402	-7.429	-7.455	-7.482	-7.508	-7.533	-7.559	-7.584	-7.609	-7.634	
-170	-7.122	-7.151	-7.180	-7.209	-7.237	-7.265	-7.293	-7.321	-7.348	-7.375	
-160	-6.821	-6.852	-6.883	-6.914	-6.944	-6.974	-7.004	-7.034	-7.064	-7.093	
-150	-6.499	-6.532	-6.565	-6.598	-6.630	-6.663	-6.695	-6.727	-6.758	-6.790	
-140	-6.159	-6.194	-6.228	-6.263	-6.297	-6.331	-6.365	-6.399	-6.433	-6.466	
-130	-5.801	-5.837	-5.874	-5.910	-5.946	-5.982	-6.018	-6.053	-6.089	-6.124	
-120	-5.426	-5.464	-5.502	-5.540	-5.578	-5.615	-5.653	-5.690	-5.727	-5.764	
-110	-5.036	-5.076	-5.115	-5.155	-5.194	-5.233	-5.272	-5.311	-5.349	-5.388	
-100	-4.632	-4.673	-4.714	-4.755	-4.795	-4.836	-4.876	-4.916	-4.956	-4.996	
-90	-4.215	-4.257	-4.299	-4.341	-4.383	-4.425	-4.467	-4.508	-4.550	-4.591	
-80	-3.785	-3.829	-3.872	-3.915	-3.958	-4.001	-4.044	-4.087	-4.130	-4.172	
-70	-3.344	-3.389	-3.433	-3.478	-3.522	-3.566	-3.610	-3.654	-3.698	-3.742	
-60	-2.892	-2.938	-2.984	-3.029	-3.074	-3.120	-3.165	-3.210	-3.255	-3.299	
-50	-2.431	-2.478	-2.524	-2.570	-2.617	-2.663	-2.709	-2.755	-2.801	-2.847	
-40	-1.960	-2.008	-2.055	-2.102	-2.150	-2.197	-2.244	-2.291	-2.338	-2.384	
-30	-1.481	-1.530	-1.578	-1.626	-1.674	-1.722	-1.770	-1.818	-1.865	-1.913	
-20	-0.995	-1.044	-1.093	-1.141	-1.190	-1.239	-1.288	-1.336	-1.385	-1.433	
-10	-0.501	-0.550	-0.600	-0.650	-0.699	-0.748	-0.798	-0.847	-0.896	-0.945	
0	0.000	-0.050	-0.101	-0.151	-0.201	-0.251	-0.301	-0.351	-0.401	-0.451	
0	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456	
10	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.813	0.865	0.916	0.967	
20	1.019	1.070	1.122	1.174	1.225	1.277	1.329	1.381	1.432	1.484	
30	1.536	1.588	1.640	1.693	1.745	1.797	1.849	1.901	1.954	2.006	
40	2.058	2.111	2.163	2.216	2.268	2.321	2.374	2.426	2.479	2.532	
50	2.585	2.638	2.691	2.743	2.796	2.849	2.902	2.956	3.009	3.062	
60	3.115	3.168	3.221	3.275	3.328	3.381	3.435	3.488	3.542	3.595	
70	3.649	3.702	3.756	3.809	3.863	3.917	3.971	4.024	4.078	4.132	
80	4.186	4.239	4.293	4.347	4.401	4.455	4.509	4.563	4.617	4.671	
90	4.725	4.780	4.834	4.888	4.942	4.996	5.050	5.105	5.159	5.213	
100	5.268	5.322	5.376	5.431	5.485	5.540	5.594	5.649	5.703	5.758	
110	5.812	5.867	5.921	5.976	6.031	6.085	6.140	6.195	6.249	6.304	
120	6.359	6.414	6.468	6.523	6.578	6.633	6.688	6.742	6.797	6.852	
130	6.907	6.962	7.017	7.072	7.127	7.182	7.237	7.292	7.347	7.402	
140	7.457	7.512	7.567	7.622	7.677	7.732	7.787	7.843	7.898	7.953	
150	8.008	8.063	8.118	8.174	8.229	8.284	8.339	8.394	8.450	8.505	
160	8.560	8.616	8.671	8.726	8.781	8.837	8.892	8.947	9.003	9.058	
170	9.113	9.169	9.224	9.279	9.335	9.390	9.446	9.501	9.556	9.612	
180	9.667	9.723	9.778	9.834	9.889	9.944	10.000	10.055	10.111	10.166	
190	10.222	10.277	10.333	10.388	10.444	10.499	10.555	10.610	10.666	10.721	
200	10.777	10.832	10.888	10.943	10.999	11.054	11.110	11.165	11.221	11.276	
210	11.332	11.387	11.443	11.498	11.554	11.609	11.665	11.720	11.776	11.831	
220	11.887	11.943	11.998	12.054	12.109	12.165	12.220	12.276	12.331	12.387	
230	12.442	12.498	12.553	12.609	12.664	12.720	12.776	12.831	12.887	12.942	
240	12.998	13.053	13.109	13.164	13.220	13.275	13.331	13.386	13.442	13.497	
250	13.553	13.608	13.664	13.719	13.775	13.830	13.886	13.941	13.997	14.052	
260	14.108	14.163	14.219	14.274	14.330	14.385	14.441	14.496	14.552	14.607	
270	14.663	14.718	14.774	14.829	14.885	14.940	14.995	15.051	15.106	15.162	
280	15.217	15.273	15.328	15.383	15.439	15.494	15.550	15.605	15.661	15.716	
290	15.771	15.827	15.882	15.938	15.993	16.048	16.104	16.159	16.214	16.270	
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
300	16.325	16.380	16.436	16.491	16.547	16.602	16.657	16.713	16.768	16.823
310	16.879	16.934	16.989	17.044	17.100	17.155	17.210	17.266	17.321	17.376
320	17.432	17.487	17.542	17.597	17.653	17.708	17.763	17.818	17.874	17.929
330	17.984	18.039	18.095	18.150	18.205	18.260	18.316	18.371	18.426	18.481
340	18.537	18.592	18.647	18.702	18.757	18.813	18.868	18.923	18.978	19.033
350	19.089	19.144	19.199	19.254	19.309	19.364	19.420	19.475	19.530	19.585
360	19.640	19.695	19.751	19.806	19.861	19.916	19.971	20.026	20.081	20.137
370	20.192	20.247	20.302	20.357	20.412	20.467	20.523	20.578	20.633	20.688
380	20.743	20.798	20.853	20.909	20.964	21.019	21.074	21.129	21.184	21.239
390	21.295	21.350	21.405	21.460	21.515	21.570	21.625	21.680	21.736	21.791
400	21.846	21.901	21.956	22.011	22.066	22.122	22.177	22.232	22.287	22.342
410	22.397	22.453	22.508	22.563	22.618	22.673	22.728	22.784	22.839	22.894
420	22.949	23.004	23.060	23.115	23.170	23.225	23.280	23.336	23.391	23.446
430	23.501	23.556	23.612	23.667	23.722	23.777	23.833	23.888	23.943	23.999
440	24.054	24.109	24.164	24.220	24.275	24.330	24.386	24.441	24.496	24.552
450	24.607	24.662	24.718	24.773	24.829	24.884	24.939	24.995	25.050	25.106
460	25.161	25.217	25.272	25.327	25.383	25.438	25.494	25.549	25.605	25.661
470	25.716	25.772	25.827	25.883	25.938	25.994	26.050	26.105	26.161	26.216
480	26.272	26.328	26.383	26.439	26.495	26.551	26.606	26.662	26.718	26.774
490	26.829	26.885	26.941	26.997	27.053	27.109	27.165	27.220	27.276	27.332
500	27.388	27.444	27.500	27.556	27.612	27.668	27.724	27.780	27.836	27.893
510	27.949	28.005	28.061	28.117	28.173	28.230	28.286	28.342	28.398	28.455
520	28.511	28.567	28.624	28.680	28.736	28.793	28.849	28.906	28.962	29.019
530	29.075	29.132	29.188	29.245	29.301	29.358	29.415	29.471	29.528	29.585
540	29.642	29.698	29.755	29.812	29.869	29.926	29.983	30.039	30.096	30.153
550	30.210	30.267	30.324	30.381	30.439	30.496	30.553	30.610	30.667	30.724
560	30.782	30.839	30.896	30.954	31.011	31.068	31.126	31.183	31.241	31.298
570	31.356	31.413	31.471	31.528	31.586	31.644	31.702	31.759	31.817	31.875
580	31.933	31.991	32.048	32.106	32.164	32.222	32.280	32.338	32.396	32.455
590	32.513	32.571	32.629	32.687	32.746	32.804	32.862	32.921	32.979	33.038
600	33.096	33.155	33.213	33.272	33.330	33.389	33.448	33.506	33.565	33.624
610	33.683	33.742	33.800	33.859	33.918	33.977	34.036	34.095	34.155	34.214
620	34.273	34.332	34.391	34.451	34.510	34.569	34.629	34.688	34.748	34.807
630	34.867	34.926	34.986	35.046	35.105	35.165	35.225	35.285	35.344	35.404
640	35.464	35.524	35.584	35.644	35.704	35.764	35.825	35.885	35.945	36.005
650	36.066	36.126	36.186	36.247	36.307	36.368	36.428	36.489	36.549	36.610
660	36.671	36.732	36.792	36.853	36.914	36.975	37.036	37.097	37.158	37.219
670	37.280	37.341	37.402	37.463	37.525	37.586	37.647	37.709	37.770	37.831
680	37.893	37.954	38.016	38.078	38.139	38.201	38.262	38.324	38.386	38.448
690	38.510	38.572	38.633	38.695	38.757	38.819	38.882	38.944	39.006	39.068
700	39.130	39.192	39.255	39.317	39.379	39.442	39.504	39.567	39.629	39.692
710	39.754	39.817	39.880	39.942	40.005	40.068	40.131	40.193	40.256	40.319
720	40.382	40.445	40.508	40.571	40.634	40.697	40.760	40.823	40.886	40.950
730	41.013	41.076	41.139	41.203	41.266	41.329	41.393	41.456	41.520	41.583
740	41.647	41.710	41.774	41.837	41.901	41.965	42.028	42.092	42.156	42.219
750	42.283	42.347	42.411	42.475	42.538	42.602	42.666	42.730	42.794	42.858
760	42.922									

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



TERMOCUPLA	K milivolts									
°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
0	-0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357
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
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9