

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE BANDA TRANSPORTADORA.**

En este capítulo se diseña los distintos sistemas que necesita el prototipo de una banda transportadora para realizar su posicionamiento, así como el dimensionamiento y cálculos respectivos. De la misma forma se realiza la construcción y selección de elementos y dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos, etc., que garantizan el correcto funcionamiento de la propuesta establecida.

#### **PROPUESTA**

Diseño, construcción e implementación de un modulo didáctico, con un sistema de posicionamiento de una banda transportadora controlado por medio de PLC y TD-200 para el Laboratorio de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

#### **JUSTIFICACIÓN**

La ejecución de este trabajo de tesis está plenamente justificable, ya que con la Implementación del Módulo Didáctico en el Laboratorio de Electromecánico de la Universidad Técnica de Cotopaxi, los Docentes y alumnos podrán realizar prácticas de control y automatización industrial, conocer cada una de los elementos y equipos que contiene el Módulo, realizar la simulación de procesos industriales; satisfaciendo así sus necesidades e inquietudes y logrando de esta manera un mejor desenvolvimiento en el campo profesional y al mismo tiempo se fortalecerá el prestigio de nuestra querida Universidad.

## **OBJETIVOS**

De acuerdo a los objetivos propuestos para la elaboración de la tesis, cuyo objetivo general es: “Diseñar, construir e implementar un módulo didáctico, con un sistema de posicionamiento de una banda transportadora controlado por medio de PLC y TD-200 para el Laboratorio de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi”. Y analizando los objetivos específicos, los que se detallan a continuación:

- Investigar los mecanismos, equipos y elementos necesarios, consultado en los libros técnicos, catálogos u otros medios para la determinación de un modelo exacto del Módulo de la Banda Transportadora y la selección de los equipos y elementos.
- Ensamblar el Módulo de la banda transportadora, aplicando los diferentes sistemas de mecanismos previamente ya estudiados y los elementos seleccionados, para la mecanización y la automatización de las partes y piezas que tendrá este Módulo.
- Implementar este Módulo en el Laboratorio de Electromecánica, dejando una guía de prácticas e instalando de manera adecuada, para difundir la utilización adecuada en los estudiantes para que de esta manera sea aprovechado a lo máximo.

## **PRESENTACIÓN**

El investigador pone en manifiesto esta información teórica y práctica que sirve como fuente de consulta y guía para la realización de diferentes pruebas de laboratorio, para que los estudiantes de Ingeniería Electromecánica y Eléctrica mejoren el nivel de conocimientos y de esta manera puedan desarrollar en el ámbito laboral sus capacidades y destrezas.

## **FACTIBILIDAD**

El desarrollo de este proyecto está al alcance del investigador ya que cuenta con el conocimiento del autor y la colaboración de varios ingenieros y docentes de la U.T.C. conocedores del tema, de igual manera se dispone con una fuente adecuada de consulta (bibliográfica e internet), así como también se cuenta con los recursos para la adquisición de: elementos mecánicos, dispositivos eléctricos y electrónicos, y accesorios requeridos para la construcción del módulo didáctico.

## **IMPACTO**

Con la implementación del módulo didáctico de una banda transportadora se logra que los estudiantes pongan más énfasis en las clases prácticas fomentando la investigación de nuevas tecnologías en el campo del diseño, programación y control industrial, mejorando de manera efectiva la calidad de la educación.

Mediante la simulación de un proceso industrial en tiempo real se despierta el interés de estudiantes y docentes de las carreras técnicas ya que podrán manipular y familiarizarse directamente con: PLC, Variador de velocidad, TD-200, sensor de posicionamiento (encoder), motor-reductor, elementos de mando y control, etc. Logrando el cumplimiento de los objetivos planteados.

### **3.1.- DISEÑO DEL SISTEMA TRANSPORTADOR**

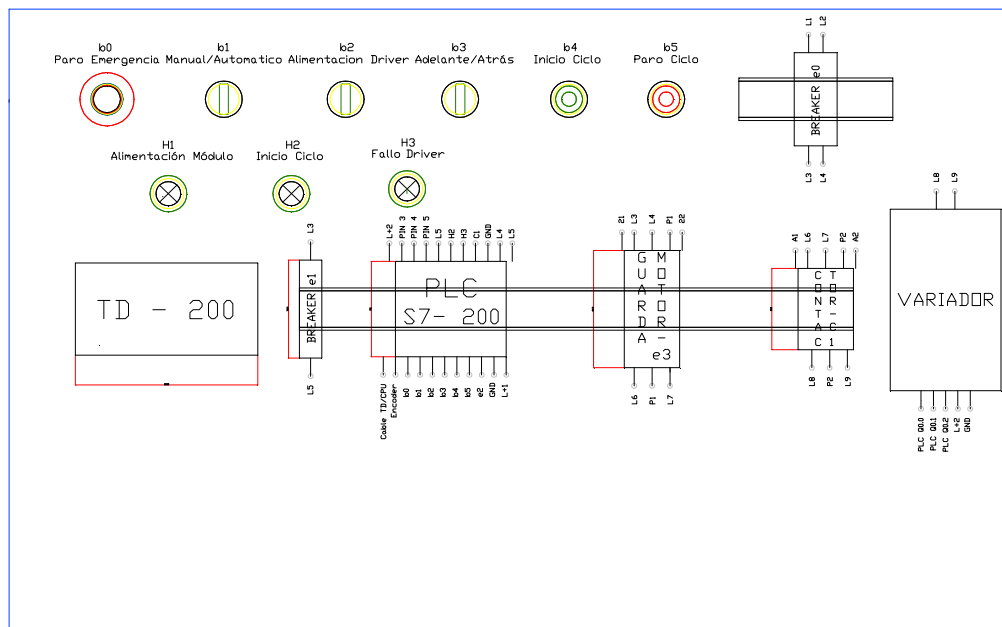
El diseño consta de una banda transportadora la cual se posiciona desde un punto A hasta un punto B, realimentándose a través de las entradas rápidas a donde llegan las señales provenientes del encoder, mientras que el control de los otros dispositivos son controlados mediante las salidas del mismo PLC.

En la operación automática de la banda transportadora, el número de medidas y la longitud a recorrer se ingresa directamente desde el teclado del TD-200; El

posicionamiento del transportador se lo realiza colocando un encoder en el eje conducido para proporcionar el lazo cerrado de regulación.

Este sistema de transportación tiene dos formas de operación: una manual y otra automática. Para energizar el modulo (ver figura 3.1) se habilitan los breakers e0 (protección general) que enciende una luz de señalización de presencia de tensión (H1) y, e1 (protección PLC), además del guarda-motor e2 (protección motor-reductor y variador).

**FIGURA 3.1 ESQUEMA DEL TABLERO DE CONTROL**



**Elaborado por:** Grupo investigador

### ***Operación manual***

El operador debe poner el selector (b1) en posición manual, luego mediante el selector (b2) se habilita la alimentación del variador de velocidad. Para iniciar el movimiento de la banda transportadora se toma en cuenta el sentido de giro adelante/atrás a través del selector (b3). Con el pulsante (b4) se inicia el ciclo del transportador finalizando en la posición deseada al presionar el pulsante (b5). A lo que se lo conoce como lazo de control abierto.

### *Operación automática*

El operador debe poner el selector (b1) en posición automática; a través del panel de control TD-200, el usuario debe seleccionar el valor en milímetros de la longitud y el número de ciclos o medidas a recorrer. Al igual que la operación manual, se debe alimentar el driver con el selector (b2) y escoger el sentido de giro con el selector (b3). Al presionar el pulsante (b4) inicia el movimiento de la banda transportadora que finalizará luego de haber cumplido el número de ciclos preestablecidos. A esta operación se lo conoce como lazo de control cerrado.

#### **3.1.1.- Diseño de la banda transportadora**

En el presente proyecto no se toma en cuenta el transporte de materiales ya que el objetivo del mismo es el posicionamiento en puntos específicos (A y B) del sistema de transporte; Más para el diseño de la banda de transporte se hace necesario tomar una carga de referencia por lo que se calcula con dos materiales de distintas características.

Las características de los elementos a ser transportados se muestran a continuación en la tabla 3.1:

**TABLA 3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS A SER TRANSPORTADOS**

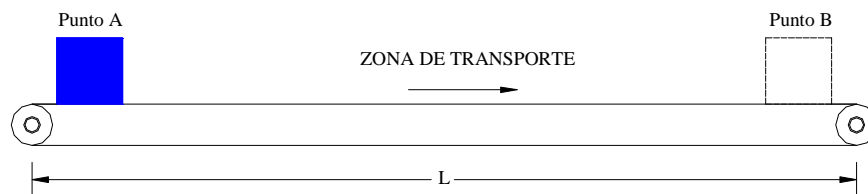
<b>Denominación</b>		<b>Carga 1</b>
Material		Acero de transmisión
Forma		Cúbica
Dimensiones	Ancho (A)	0,08 [m]
	Altura (h) Prof. (P)	0,08 [m]; 0,08 [m]
Densidad		7800 [Kg/m <sup>3</sup> ]
Volumen		0,000512 [m <sup>3</sup> ]
Masa carga (m <sub>q</sub> )		3,99 [Kg]
Peso unitario (W <sub>q</sub> )		39,14 [N]

**Elaborado por:** Grupo investigador

### 3.1.2.- Cálculos del sistema de transportación

La banda transportadora se posiciona desde un punto (A) hasta un punto (B), teniendo la capacidad de transportar un objeto por minuto, tomando en cuenta que para el posicionamiento de la banda se necesita realizar algunas paradas con diferentes tiempos de espera según la distancia a recorrer por las cargas. La distancia (L) entre centros de los rodillos es de 100 [mm] y el tiempo que tardará en recorrer sin interrupciones es de 11 [seg]. Ver figura 3.2.

FIGURA 3.2. ESQUEMA DE LA ZONA DE TRANSPORTE



Elaborado por: Grupo investigador

**Cálculo de la holgura de la banda.-** Para aplicar la ecuación [Ec. 1.1], se debe transformar primero el ancho de la banda en pulgadas, para ello se usa la siguiente equivalencia  $1\text{mm}=0,03937\text{ plg}$ , las dimensiones de la banda son:  $216\text{mm}$  de ancho =  $8,5\text{ plg}$ .

$$\begin{aligned}c &= 0,055(B + 0,9) \\c &= 0,055(8,5 + 0,9) \\c &= 0,055(9,40) \\c &= 0,517\text{plg} \\c &= 13,14\text{mm} \Rightarrow 0,013\text{m}\end{aligned}$$

Donde:

c= Holgura de la banda

B= Ancho de la banda

**Cálculo del ancho plano de la banda.-** Para el cálculo del ancho plano de la banda se utiliza la ecuación [Ec. 1.2]

$$A\rho = 0,371B$$

$$A\rho = 0,371(8,5)$$

$$A\rho = 3,15\text{plg}$$

$$A\rho = 80\text{mm} \Rightarrow 0,08\text{m}$$

Donde:

$A\rho$  = Ancho plano de la banda (Área donde se ubicará el acero)

B = Ancho de la banda

**Cálculo de la banda completamente cargada.**- La capacidad del transportador se consigue aplicando la ecuación [Ec. 1.3]

$$Q_t = m_q \times \text{número de objetos transportados en una hora}$$

$$Q_t = 3,99 \times 60$$

$$Q_t = 239,4[\text{Kg/h}]$$

$$Q_t = 0,2394[\text{Tn/h}]$$

Donde:

$Q_t$  = Capacidad de transportación [Tn/h]

$m_q$  = Masa de la carga unitaria [Kg]

Número de objetos transportados en una hora = 60

**Cálculo de la velocidad de la banda transportadora.**- La velocidad de transportación se calcula aplicando la ecuación [Ec. 1.4], sustituyendo valores se obtiene:

$$V_t = \frac{L}{t} \Rightarrow V_t = \frac{1}{11}$$

$$V_t = 0,09[\text{m/s}]$$

Donde:

$V_t$  = Velocidad de transportación [m/s]

L = Espacio entre centros de los rodillos [m]

t = Tiempo que tarda en recorrer la carga la distancia [L]

**Cálculo de la tensión de la banda transportadora.-** Para el cálculo de la tensión ( $T_E$ ) se lo realiza considerando tres componentes ( $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$ ):

Aplicando la ecuación [Ec. 1.6] se calcula la tensión para mover la banda sin carga y las partes impulsadas por las mismas.

$$T_x = \mu \times L_c \times W_m$$

$$T_x = 0,35 \times 1 \times 7,08$$

$$T_x = 2,478[\text{Kg}] \times \frac{9,8[\text{N}]}{1\text{Kg}}$$

$$T_x = 24,28[\text{N}]$$

Donde:

$T_x$ = Tensión necesaria para mover la banda vacía [N]

$\mu$  = Coeficiente de fricción entre la banda y el rodillo deslizante

En nuestro caso se elige un coeficiente de 0,35. (Ver ANEXO 7 Tabla I.)

$L_c$ =Valor ajustado de la distancia entre centros del transportador [m]

Para nuestro caso  $L_c = L$  cuando  $L \leq 250$  ft

$W_m$ = Peso de las piezas en movimiento (rodillos, banda, etc.)

(Rodillos 6,057 [Kg/m], banda 1,025 [Kg/m] = 7,08 [Kg/m]).

Seguidamente se procede a calcular la tensión requerida para mover la banda con carga horizontalmente, empleando las ecuaciones [Ec. 1.7 y 1.9] se consigue:

$$Q = \frac{33,3 \times Q_t}{V_t}$$

$$Q = \frac{33,3 \times 0,2394}{0,09}$$

$$Q = 88,578[\text{Kg/m}]$$

$$T_y = \mu \times L_c \times Q$$

$$T_y = 0,35 \times 1 \times 88,578$$

$$T_y = 31[\text{Kg}] \times \frac{9,8[\text{N}]}{1[\text{Kg}]}$$

$$T_y = 303,82[\text{N}]$$

Donde:

$Q$  = Razón de la carga [Kg/m]

$Q_t$  =Capacidad de transportación [Tn/h]

$V_t$  = Velocidad de transportación de la banda [m/s]

$T_Y$  = Tensión necesaria para mover la banda cargada [N]

$\mu$  = Coeficiente de fricción entre la banda y el rodillos deslizante

Ahora se procede a calcular la tensión para levantar o bajar la carga; como el transportador es horizontal (ver figura 3.3) la componente  $T_Z = 0$ , Aplicando la ecuación [Ec. 1.8] se obtiene.

$$T_Z = H \times Q \Rightarrow T_Z = 0 \times 88,578 \Rightarrow T_Z = 0$$

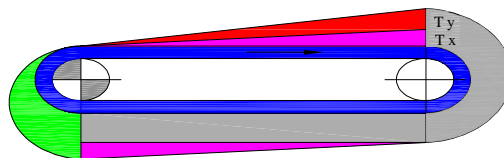
Donde:

$Q$  = Razón de la carga [Kg/m]

$H$  = Altura del transportador [m]

$T_Z$  = Tensión necesaria para levantar o bajar la carga [N]

**FIGURA 3.3** DIAGRAMA DE TENSIONES PARA BANDA TRANSPORTADORA HORIZONTAL



$T_X$  = Tensión necesaria para mover la banda vacía,  $T_Y$  = Tensión necesaria para mover la banda cargada

**Fuente:** KAUMAN S.A, “Diseño de bandas transportadoras”

Entonces la tensión efectiva ( $T_E$ ) para mover la banda se obtiene mediante la ecuación [Ec. 1.5]

$$\begin{aligned} T_E &= T_X + T_Y \pm T_Z \\ T_E &= 24,28 + 303,82 + 0 \\ T_E &= 328,10 \text{ [N]} \end{aligned}$$

Donde:

$T_X$  = Tensión necesaria para mover la banda vacía [N]

$T_Y$  = Tensión necesaria para mover la banda cargada [N]

$T_Z$  = Tensión necesaria para elevar o bajar la carga [N]

La tensión efectiva ( $T_E$ ) no es la tensión total que se ejerce sobre la banda. En sistemas de transmisión por fricción (transportadores, elevadores, bandas planas de transmisión y correas en V) hay que considerar una tensión adicional para evitar el patinamiento en la rodillo motriz.

Esta tensión adicional es considerada como las tensiones en el lado flojo ( $T_2$ ) y lado tenso ( $T_1$ ), las cuales se identifican como se observa en la figura 3.4.

**FIGURA 3.4.** REPRESENTACIÓN DE LAS TENSIONES  $T_1$  Y  $T_2$



**Elaborado por:** Grupo investigador

Con la ecuación [Ec. 1.10], se calcula la tensión de la banda en el lado de retorno (lado flojo).

$$T_2 = K \times T_E$$

$$T_2 = 1,64 \times 328,10 [\text{N}]$$

$$T_2 = 538,09 [\text{N}]$$

Mediante la ecuación [Ec. 1.11], se calcula la tensión de la banda en el lado tenso.

$$T_1 = e^{\mu \cdot \theta} \cdot T_2$$

$$T_1 = 3 \times 538,09 [\text{N}]$$

$$T_1 = 1614,26 [\text{N}]$$

Donde:

**K** = 1,64 Factor de transmisión basado en el coeficiente de fricción y arco de contacto. (Ver anexo 7 Tabla J.)

$T_E$  = Tensión efectiva [N]

$e^{\mu\theta} = 3$  Factor basado entre el ángulo de contacto y coeficiente de fricción entre el rodillo y la banda. (Ver anexo 7 Tabla K.)

$T_2$ = Tensión en el lado flojo [N]

$T_1$ = Tensión en el lado tenso [N]

**Cálculo del torque y la potencia de la banda transportadora.-** Para mover la banda de transporte se necesita de un torque y una potencia suministrada mediante un motor-reductor. Aplicando las ecuaciones [Ec. 1.12, 1.13 y 1.14] se obtiene:

$$\begin{aligned} T_{\text{orque}} &= (T_1 - T_2) \times R_r \\ T_{\text{orque}} &= (1614,26 - 538,09) \times 0,025 \\ T_{\text{orque}} &= 26,90 \text{ [N.m]} \end{aligned} \qquad \begin{aligned} n &= \frac{V_t \times 60}{\pi \times D_r} \\ n &= \frac{0,09 \times 60}{\pi \times 0,05} \\ n &= 35 \text{ [r.p.m]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= (T_1 - T_2) \times V_t \\ P &= (1614,26 - 538,09) \times 0,09 \\ P &= 96,85 \text{ W} \times 2 \\ P &= 194 \text{ W} \end{aligned}$$

Donde:

$T_{\text{orque}}$  = Torque [N.m]

$R_r$  = Radio del rodillo [m]

$n$  = Velocidad de rodillo [rpm]

$V_t$  = Velocidad de transportación [m/s]

$\pi$  = 3,1416 (a dimensional)

$D_r$  = Diámetro del rodillo[m]

$P$  = Potencia requerida por el transportador [Watts]

$2$  = Factor de seguridad del motor-reductor

A partir de la potencia calculada se procede a seleccionar un motor-reductor (ver fig. 3.5) con las siguientes características como se muestra en la tabla 3.2.

**TABLA 3.2. CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR-REDUCTOR SELECCIONADO**

<b>Alimentación</b>	<b>Corriente</b>	<b>Potencia</b>	<b>Velocidad salida</b>	<b>Cos fi</b>
220 [V]	0.6 [A]	194 [W]	35 [rpm]	0.85

**Fuente:** Placa de características

**FIGURA 3.5. MOTO-REDUCTOR SELECCIONADO PARA ACCIONAR LA BANDA**



**Elaborado por:** Grupo investigador

**Cálculo del ángulo de contacto del rodillo y la banda.-** Para obtener el ángulo de contacto entre el rodillo y la banda se utiliza las ecuaciones [Ec. 1.15 y 1.16], reemplazando valores se establece:

$$\begin{aligned} \theta_d &= \pi - 2\text{Sen}^{-1} \frac{D_r - d_r}{2L} & \theta_D &= \pi + 2\text{Sen}^{-1} \frac{D_r - d_r}{2L} \\ \theta_d &= \pi - 2\text{Sen}^{-1} \frac{(0,05 - 0,05)}{2(1)} & \theta_D &= \pi + 2\text{Sen}^{-1} \frac{(0,05 - 0,05)}{2(1)} \\ \theta_d &= \pi \Rightarrow 180^0 & \theta_D &= \pi \Rightarrow 180^0 \end{aligned}$$

Donde:

$\theta_d$  = Ángulo de contacto en el rodillo conducido y la banda

$\theta_D$  = Ángulo de contacto en el rodillo motriz y la banda

$d_r$  = Diámetro rodillo conducido

$D_r$  = Diámetro del rodillo motriz

$L$  = Distancia entre centros de los rodillos

**Cálculo de la longitud de la banda.-** La longitud de la banda transportadora se determinada por la ecuación [Ec. 1.17], reemplazando valores se tiene:

$$L_b = 2L + 1.57 \times (D_r + d_r) + \frac{(D_r - d_r)^2}{4L}$$

$$L_b = 2(1) + 1.57 \times (0,05 + 0,05) + \frac{(0,05 - 0,05)}{4(1)}$$

$$L_b = 2,1573 [m] \Rightarrow 2,16 [m]$$

Donde:

$L_b$  = Longitud de la banda [m]

$L$  = Distancia entre centros de los rodillos [m]

$D_r$  = Diámetro del rodillo motriz [m]

$d_r$  = Diámetro del rodillo conducido [m]

Para el sistema transportador se selecciona una banda de uso industrial que cumple con las siguientes características. Ver tabla 3.3.

**TABLA 3.3. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE LA BANDA**

Material de la banda	Polyester
Color de la banda	verde
Espesor de la banda (mm)	2 [mm]
Acabado banda	Tejido
Peso x plg. de ancho	0,26 [lbs.]
Rango de temperatura	10 a 80 [°C]
Tensión x plg. de ancho	276 [N]
Diámetro mínimo de la polea	32 [m]
Compuesto	PVC

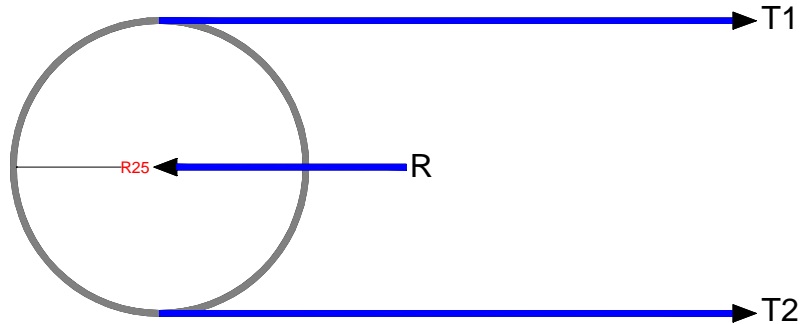
**Fuente:** CATALOGO 111A, “Corporación Beltservice Hoja de Especificaciones de bandas”

### 3.1.3.- Análisis mecánico de los rodillos

El primer análisis realizado consiste en verificar si el elemento de estudio, soporta las cargas estáticas a las que está sometido. Para esto se parte de un diagrama de

cuerpo libre de la sección del rodillo (Ver Figura 3.6). Donde  $T_1$  y  $T_2$  es la tensión distribuida en la banda y  $R$  la reacción de los apoyos.

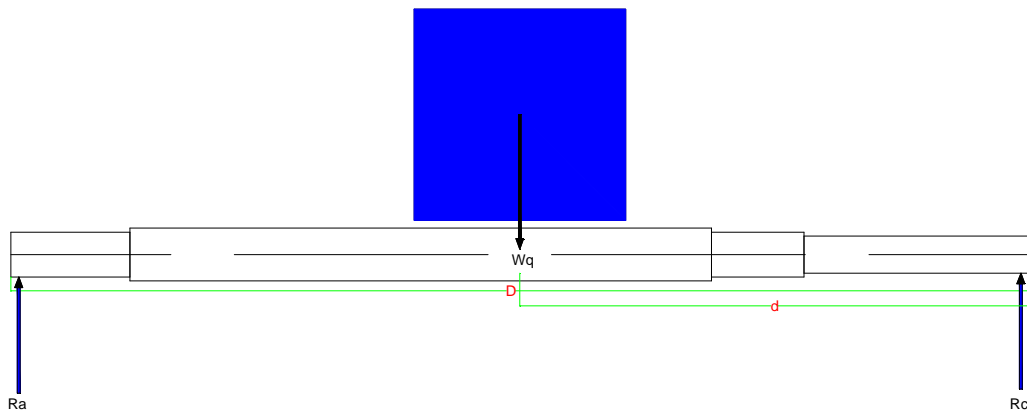
**FIGURA 3.6. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL RODILLO**



**Elaborado por:** Grupo investigador

Para simplificar los cálculos podemos determinar una fuerza distribuida  $W_q$  que es equivalente a las tensiones  $T_1$  y  $T_2$ ; el diagrama de cuerpo libre puede ser representado como se ilustra en la Figura 3.7.

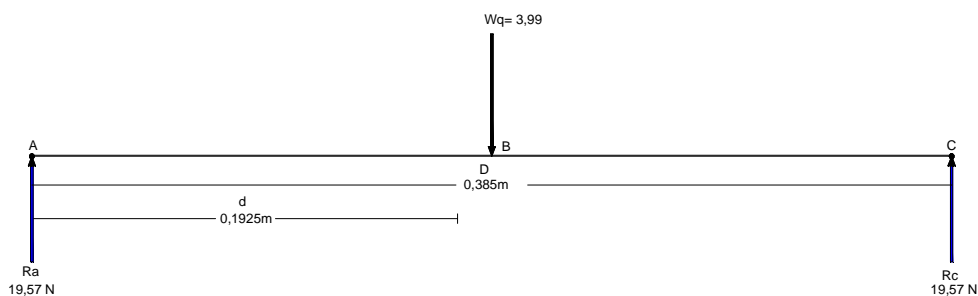
**FIGURA 3.7. DIAGRAMA PARA EL ANÁLISIS DE LAS REACCIONES**



**Elaborado por:** Grupo investigador

Para realizar un análisis de las reacciones que actúan sobre los rodillos se aplica condiciones de equilibrio, considerando que el peso de la carga unitaria es 39,14 [N] por lo que en los extremos existen reacciones que soportan 19,57 [N], cada uno como indica en el diagrama del cuerpo libre (Ver figura 3.8.)

**FIGURA 3.8.** DIAGRAMA DEL CUERPO LIBRE PARA ANÁLISIS MECÁNICO DEL RODILLO



**Elaborado por:** Grupo investigador

Aplicando las ecuaciones [Ec. 1.18 y 1.19] se obtiene las reacciones tanto en el punto A como en el punto C.

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_a - W_q + R_c = 0$$

$$R_a - 39,14 \text{ [N]} + R_c = 0$$

$$R_a = 39,14 \text{ [N]} - R_c$$

$$\Sigma MA = 0$$

$$R_a(0) - W_q(D - d) + R_c(D) = 0$$

$$0 - 39,14 \text{ [N]} \cdot (0,385 - 0,1925) \text{ [m]} + R_c(0,385) \text{ [m]} = 0$$

$$R_c = \frac{39,14 \text{ [N]} \cdot (0,1925) \text{ [m]}}{(0,385) \text{ [m]}}$$

$$R_c = 19,57 \text{ [N]}$$

$$R_c(0) - W_q(D - d) + R_a(D) = 0$$

$$0 - 39,14 \text{ [N]} \cdot (0,385 - 0,1925) \text{ [m]} + R_a(0,385) \text{ [m]} = 0$$

$$R_a = \frac{39,14 \text{ [N]} \cdot (0,1925) \text{ [m]}}{(0,385) \text{ [m]}}$$

$$R_a = 19,57 \text{ [N]}$$

Una vez conocidos los valores de las reacciones que actúan sobre el rodillo en posición horizontal, procedemos a calcular las fuerzas cortantes y momentos flectores en cada superficie del rodillo.

Tramo AB

$$V_{AB} = 19,57 \text{ [N]} \quad (\text{Fuerza cortante en el tramo AB})$$

$$M_{AB} = 19,57 \text{ [N]} \times 0,1925 \text{ [m]}$$

$$M_{AB} = 3,77 \text{ [N.m]} \Rightarrow 0,38 \text{ Kg.m} \quad (\text{Momento flector en el tramo AB})$$

Tramo BC

$$V_{BC} = 19,57 \text{ [N]} - 39,14 \text{ [N]}$$

$$V_{BC} = 19,57 \text{ [N]} \quad (\text{Fuerza cortante en este tramo BC})$$

$$M_{BC} = 19,57 (D) - 39,14(D - 0,1925) \text{ [N.m]}$$

Si se reemplaza  $D = 0,385$

$$M_{BC} = 19,57 \text{ [N]} * (0,385) \text{ [m]} - 39,14 \text{ [N]} * (0,385 - 0,1925) \text{ [m]}$$

$$M_{BC} = 7,534 - 7,534 \text{ [N]}$$

$$M_{BC} = 0$$

Si se reemplaza  $D \times d \Rightarrow d = 0,01925$

$$M_{BC} = 19,57(0,1925) \text{ [N.m]} - 39,14 \cdot (0,1925 - 0,1925) \text{ [N.m]}$$

$$M_{BC} = 3,767 \text{ [N.m]} \quad (\text{Momento flector en el tramo BC})$$

$$M_{BC} = 0,38 \text{ [Kg.m]} \quad (\text{Momento flector en el tramo BC})$$

Para determinar el momento torsionante del rodillo motriz. Se Emplea la siguiente ecuación [Ec. 1.20]

$$M_T = \frac{P}{\omega_R}$$

$$M_T = \frac{96,85 \text{ [W]}}{3,66 \text{ [rad/s]}}$$

$$M_T = 26,46 \text{ [N.m]}$$

$$M_T = 2,7 \text{ [Kg.m]}$$

$$35 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{2\pi \cdot \text{rad}}{1 \text{ rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 3,66 \text{ [rad/s]}$$

Donde:

$M_T$  = Momento Torsionante en [N.m]

$P$  = Potencia en [Watts]

$\omega_R$  = Velocidad angular del rodillo [rad/s]

Con el resultado obtenido en el análisis de las fuerzas cortantes, los momentos de flexión y el momento torsionante se determina que las cargas son pequeñas y que a través de la ecuación [Ec. 1.21] se encontrará el diámetro del eje del rodillo, para el mismo se considera un factor de seguridad de 5, y el material para la construcción es acero AISI 1018 cuya resistencia de fluencia es 235 [N/mm<sup>2</sup>] = 23'979.591,84 [Kg/m<sup>2</sup>], aplicando la ecuación se tiene:

$$d^3 = \frac{16 \times 2n_s}{\pi \times S_y} \times \sqrt{M_{BC}^2 + M_T^2}$$

$$d^3 = \frac{16 \times 2(5)}{3,1416 \times 23979591,84 [\text{Kg/m}^2]} \times (\sqrt{0,38^2 + 2,7^2}) [\text{Kg.m}]$$

$$d = 0,017 [\text{m}] \Rightarrow d = 17 [\text{mm}]$$

Donde:

$S_Y$  = Resistencia de fluencia 235 [N/mm<sup>2</sup>] = 23'979.591,84 [Kg/m<sup>2</sup>]

$n_s$  = 5 (Factor de seguridad)

$d$  = diámetro del eje del rodillo en [m]

$M_{AB} = M_{BC}$  = Momento flector en [Kg.m]

$M_T$  = Momento Torsionante en [Kg.m]

Con los datos calculados de las reacciones ( $R_a$  y  $R_b$ ) y el diámetro del eje de los rodillos se procede a seleccionar los rodamientos de bolas de una sola hilera para un eje de 17 [mm] de diámetro con una capacidad de carga estática de 3,25 [KN] (Ver ANEXO 7 Tabla L.), se muestra las características técnicas de los rodamientos seleccionados los mismos que se acoplaran a los ejes de los rodillos de la banda transportadora principal.

## **3.2.- CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DEL PROTOTIPO DE BANDA TRANSPORTADORA**

### ***3.2.1.- Construcción del sistema de banda transportadora***

Para desarrollar este proyecto se construye un sistema de banda transportadora que sirve para indicar el posicionamiento de la banda en un punto requerido por el

operador. En el plano (**UTC-PM-006**) se puede observar el esquema general del prototipo.

En el plano (**UTC-PM-001 al UTC-PM-005**) se indica las dimensiones de los elementos mecánicos que constituyen dicho sistema.

## **PROCEDIMIENTO:**

### ***Construcción de rodillos motriz y conducido para la banda transportadora***

Luego de revisar los planos anteriormente descritos se procede a construir los ejes de los rodillos para lo cual se emplea una barra de acero de transmisión **AISI 1018** 720mm de longitud y 20mm de diámetro.

La barra de acero mencionada se procede a cortar en dos pedazos uno de 385mm (eje motriz) al cual se tornea una punta a 17mm (acople chumacera) y la otra a 14mm (acople reductor); Y el otro pedazo de 330mm (eje conducido) de igual forma se tornea una punta a 17mm (acople chumacera) y la otra a 8mm (acople encoder).

A continuación se cortan dos tubos de acero inoxidable con las siguientes dimensiones 50mm de diámetro y 180mm de longitud cada uno, posteriormente se igualan los filos de los dos tubos.

Seguidamente se construyen 4 soportes de plancha de acero de 9,5 x 45 (mm) de diámetro, se procede a perforar los soportes a 20mm de diámetro interno y a soldar en los dos ejes, y rectificarlos.

Finalmente los ejes fabricados deben acoplarse perfectamente al diámetro interior de los rodillos perforados para luego proceder a soldar cada uno de sus extremos rectificando y limando las partes soldadas para darle un buen acabado y evitar el desgaste de la banda transportadora. Ver figura 3.9.

**FIGURA 3.9. RODILLO MOTRIZ Y CONDUCIDO**



**Elaborado por:** Grupo investigador

### ***Construcción de soportes para los rodillos motriz y conducido***

Seguidamente se procede a construir los soportes de los rodillos, para lo cual se emplea una barra de acero de transmisión **AISI 1018**. A través del plano **UTC-PM-004** se puede observar sus dimensiones y características geométricas y empleando procesos de corte, solda, perforación y torneado se obtiene el siguiente elemento constitutivo del sistema transportador. Ver figura 3.10.

**FIGURA 3.10. SOPORTES DE LOS RODILLOS**



**Elaborado por:** Grupo investigador

Se empieza cortando 4 soportes bridados para rodamientos de 100mm de diámetro con un espesor de 23mm, seguidamente se refrenta en el torno las dos caras de los 4 soportes dejando un espesor final de 21mm, se rebaja 15mm de espesor en cada una de los soportes a un diámetro de 70mm, se procede hacer una perforación de 18mm para luego realizar un torneado interior de los 4 soportes y así dar un buen ajuste a los rodamientos 6003 2RSR, también se hace un torneado interior de 10mm de distancia para realizar un canal de cimbra e impedir el desplazamiento de los rodamientos.

Con una línea de referencia a un diámetro de 85mm en cada uno de los soportes se realiza 4 perforaciones de 8mm de diámetro para ajustar los soportes de pared

contra la estructura de la banda transportadora, Finalmente se lijan los 4 soportes con la finalidad de dar un mejor acabado. La particularidad de estos soportes es que en su parte interior se realiza el montaje de los rodamientos los mismos que permiten el deslizamiento de los ejes de la banda.

Los soportes del rodillo conducido, también sirven para el templado de la banda; para lo que es necesario realizar un canal de 50mm de longitud en la viga exterior del eje conducido, luego se procede a construir dos pernos M16 x 200mm (NC), la característica del perno es que puede girar en su propio eje para lo que se hace un canal de 5mm de ancho x 3mm de profundidad. Esta parte del perno va encajado en los dos soportes de templado de la banda para que no se desmonte el perno se rosca el soporte y se coloca un prisionero M6 x 19mm, También se suelda una tuerca M16 en el extremo de cada una de las vigas exteriores, de igual manera en el otro extremo del perno se pone un mango de templado para darle tracción al movimiento del perno.

### ***Unión de la banda transportadora***

Para unir la banda se procede a desbastar sus extremos y a lijarlos, se corta un pedazo de 300 x 200mm y se coloca cemento de contacto de una forma distribuida en toda la superficie se espera unos 5 min. Y se procede a pegar los extremos del parche a los extremos de la banda, con un martillo de goma se golpea los extremos para que se adhieran fuertemente. Como la banda va estar constantemente templada se procede a coser un refuerzo en ambos extremos de la unión como se muestra en la figura 3.11.

**FIGURA 3.11. COSIDO DE LA BANDA**



**Elaborado por:** Grupo investigador

### ***Ensamblado de la banda transportadora***

Se construye un bastidor para lo cual se ocupa perfilería U de las siguientes medidas 125 x 50 x 2 (mm), el mismo que se utiliza para los travesaños exteriores e interiores. Se procede a cortar dos vigas exteriores de 1400mm y dos vigas interiores de 240mm de longitud; para la unión de las vigas se realiza cortes de 50 x 50 (mm) en sus extremos. Para que la estructura sea fijada en sus extremos es necesario utilizar herramientas como: escuadras, flexómetro, piedra de corte, puntos de suelda.

En los extremos de los cortes a 90° se realiza perforaciones de 8mm de diámetro para poder fijar la estructura con pernos M8 x 16mm y tuerca M8; esto le da la particularidad de que la estructura es netamente desmontable. En la parte frontal de una de las vigas exteriores se realiza un corte longitudinal de 1000mm, el mismo que permite obtener un mejor ángulo para observar el posicionamiento de la banda transportadora.

Luego se procede a realizar perforaciones de 19mm de diámetro por 50mm de largo en las dos vigas exteriores, dichas perforaciones se los realiza a 1000mm entre centros de los rodillos y al centro de la viga, esto permite que los rodillos que dan tracción a la banda queden fijados y centrados correctamente y no haya rozamiento entre el eje y la estructura de soporte.

Luego de la construcción del bastidor y haber montado los rodillos se procede a fijar el motor-reductor para lo que se construye una base para acoplar el reductor al soporte del rodillo motriz, en el que se realizan 4 perforaciones para perno M4 x 12,7mm. Ver figura 3.12. De la misma forma se procede a realizar el acople del encoder para lo cual se une el eje del encoder al eje del rodillo conducido, a través de un elastómero dando un ajuste con perno M3 x 5mm. Para fijar el encoder es necesario construir una base que va soldada en el soporte del eje conducido y asegurada con pernos autorroscables M4 x 12,5mm. Para poder tener puntos de referencia en el posicionamiento de la banda transportadora se pega una cinta

métrica de 1000mm y con intervalos de 1mm en el alma superior de la estructura posterior.

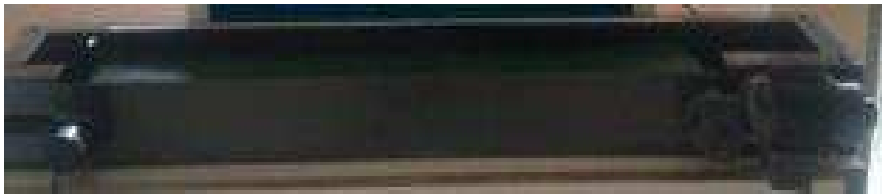
**FIGURA 3.12. CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR**



**Elaborado por:** Grupo investigador

Finalmente, se realizan los acabados del bastidor y de la banda, para esto se utilizan desengrasantes y lijas para remover el óxido de la estructura, a la misma se aplica un fondo gris anticorrosivo que permite mantener las propiedades del metal. Luego se pinta la banda de transporte con un color verde sintético de secado rápido. Ver figura 3.13.

**FIGURA. 3.13. BANDA TRASPORTADORA**



**Elaborado por:** Grupo investigador

### ***Construcción del módulo de control de la banda transportadora***

Revisando el plano **UTC-PM-006** se puede observar que el módulo de control está ubicado sobre una mesa donde se encuentra montada la banda transportadora.

Los elementos y dispositivos electrónicos están ubicados de manera que el estudiante pueda manipular y realizar maniobras de control con el fin de poner en práctica sus conocimientos.

Primero se procede a construir el modulo con tubo cuadrado de aluminio (38.10mm de lado y 1.80mm), el mismo que tiene las siguientes dimensiones:

900x600x150mm, sus caras se fabrican de tablero aglomerado de 15mm de espesor, excepto la cara frontal que se hace con mica transparente de 5mm de espesor.

Se corta un pedazo de mica de 890x590mm, se procede a realizar la señalización y perforaciones correspondientes de todos los elementos y dispositivos electrónicos, luego se fijan dos rieles (DIN 35mm) de 360 y 100mm respectivamente y una canaleta ranurada (60x40mm) de 350mm de largo en el lado posterior de la mica.

Finalmente se procede a instalar los elementos y dispositivos electrónicos y a realizar el cableado con conductor AWG # 18 para potencia y con #16 para control de acuerdo a los planos **UTC-PM-004 Y UTC-PE-001 al UTC-PE-003.**

**FIGURA 3.14.** CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO PARA EL PLC S7-200



Elaborado por: Grupo investigador

### **3.3.- CONSIDERACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL PLC.**

Para el dimensionamiento y selección del PLC se toma en consideración la marca y el modelo de PLC's, el costo y lo más importante el número de entradas y salidas requeridas para realizar el control de posicionamiento de la banda transportadora

### 3.3.1. Número de entradas y salidas del sistema de control

Entradas digitales:

En la tabla 3.4 se indica los requerimientos de entradas y salidas digitales para desarrollar la etapa de control del prototipo.

**FIGURA 3.4. REQUERIMIENTO DE ENTRADAS DIGITALES**

<b>Símbolo</b>	<b>Dirección</b>	<b>Comentario</b>
Encoder	I0.0	Contador de pulsos
Pulsante_b0	I0.1	Paro de emergencia
Pulsante_b1	I0.2	Selector manual - automático
Pulsante_b2	I0.3	Selector On - off driver
Pulsante_b3	I0.4	Selector atrás - adelante
Pulsante_b4	I0.5	Start ciclo
Pulsante_b5	I0.6	Stop ciclo
Relé_e2	I0.7	Protección guardamotor

**Elaborado por:** Grupo investigador

De la misma manera se crea los requerimientos reales de salidas digitales para desarrollar el proyecto de tesis. Ver tabla 3.5.

**TABLA 3.5. REQUERIMIENTO DE SALIDAS DIGITALES**

<b>Símbolo</b>	<b>Dirección</b>	<b>Comentario</b>
Pin_3_driver	Q0.0	Señal encendido - apagado driver
Pin_4_driver	Q0.1	Señal atrás - adelante
Pin_5_driver	Q0.2	Señal de fallo driver
Lámpara_H2	Q0.3	Indicador driver start
Lámpara_H3	Q0.4	Indicador fallo driver
Contactador_C1	Q0.5	Habilita el driver

**Elaborado por:** Grupo investigador

Se concluye que para desarrollar el proyecto de control del prototipo de banda transportadora, es necesario contar con un PLC de la marca SIEMENS con una CPU modelo 222, la cual posee 8 entradas y 6 salidas digitales. Ver figura 3.15.

En el anexo 1 tabla C se indica las principales características técnicas de la CPU 222 AC/DC/Relé, como el tipo de comunicación, entradas/salidas, alimentación, etc.

**FIGURA 3.15.** PLC S7-200, CPU 222



Elaborado por: Grupo investigador

### **3.4.- CONFIGURACIÓN DEL TD-200 EN EL MICROWIN**

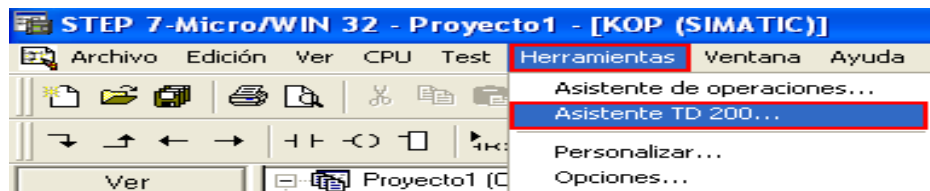
*Asistente para la configuración.*- STEP 7-Micro/WIN incorpora un Asistente que permite configurar fácilmente el bloque de parámetros y los mensajes en el área de datos de la memoria de la CPU S7-200. El Asistente de configuración escribe automáticamente el bloque de parámetros y los textos de los mensajes en el editor de bloques de datos, tras elegirse las opciones y crearse los mensajes. Dicho bloque se carga en la CPU.

*Desarrollo del bloque de datos para el TD-200.*- Mediante el Asistente del TD 200 se ha desarrollado el bloque de datos de la Interfaz HMI local, de manera que contenga los avisos necesarios para el correcto funcionamiento de la banda transportadora y que éstos sean fácilmente entendibles por el estudiante. En el anexo 3 Tabla F se presenta un resumen con los parámetros que han sido configurados y los valores correspondientes.

- Primero se abre el Asistente, se elije el comando Herramientas, Asistente TD 200, como se indica en la figura 3.16.
- Luego se selecciona el modelo y la versión. (TD-200 Versión 3.0), click en siguiente, siguiente, siguiente,

- Click en menú personalizado, seleccione siguiente, aparece una nueva página la cual posee 8 elementos y en cada uno de ellos se puede personalizar 8 pantallas, entonces, en el primero se da un nombre a la pantalla principal del programa, en este caso UTC.
- A continuación ubicando el cursor sobre el elemento creado anteriormente se agregan tres pantallas:  
Primera.- UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI,  
Segunda.- NÚMERO DE MEDIDAS (VW0),  
Tercera.- LONGITUD mm (VW4), Finalmente click en siguiente y en finalizar.

**FIGURA 3.16. ARRANCAR EL ASISTENTE DEL TD-200**

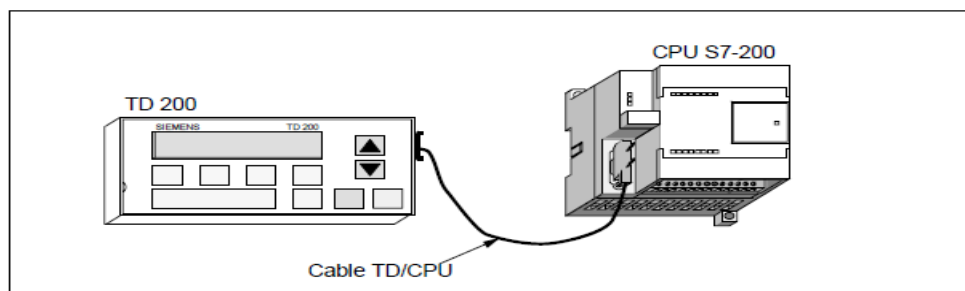


**Fuente:** Grupo investigador

**Comunicación punto a punto.-** Esto es la conexión entre la CPU S7-200, el TD 200 y el cable TD/CPU, suministrado con el visualizador de textos.

**Conectar cable de alimentación.-** La alimentación es con 24 V DC. Y se lo realiza desde la CPU S7-200, a través del cable TD/CPU, ya que la distancia es menor a 2,5 metros; para longitudes mayores se debe disponer de una fuente de DC 24 V. a 120 mA. Para el correcto funcionamiento del TD-200. Ver fig. 3.17.

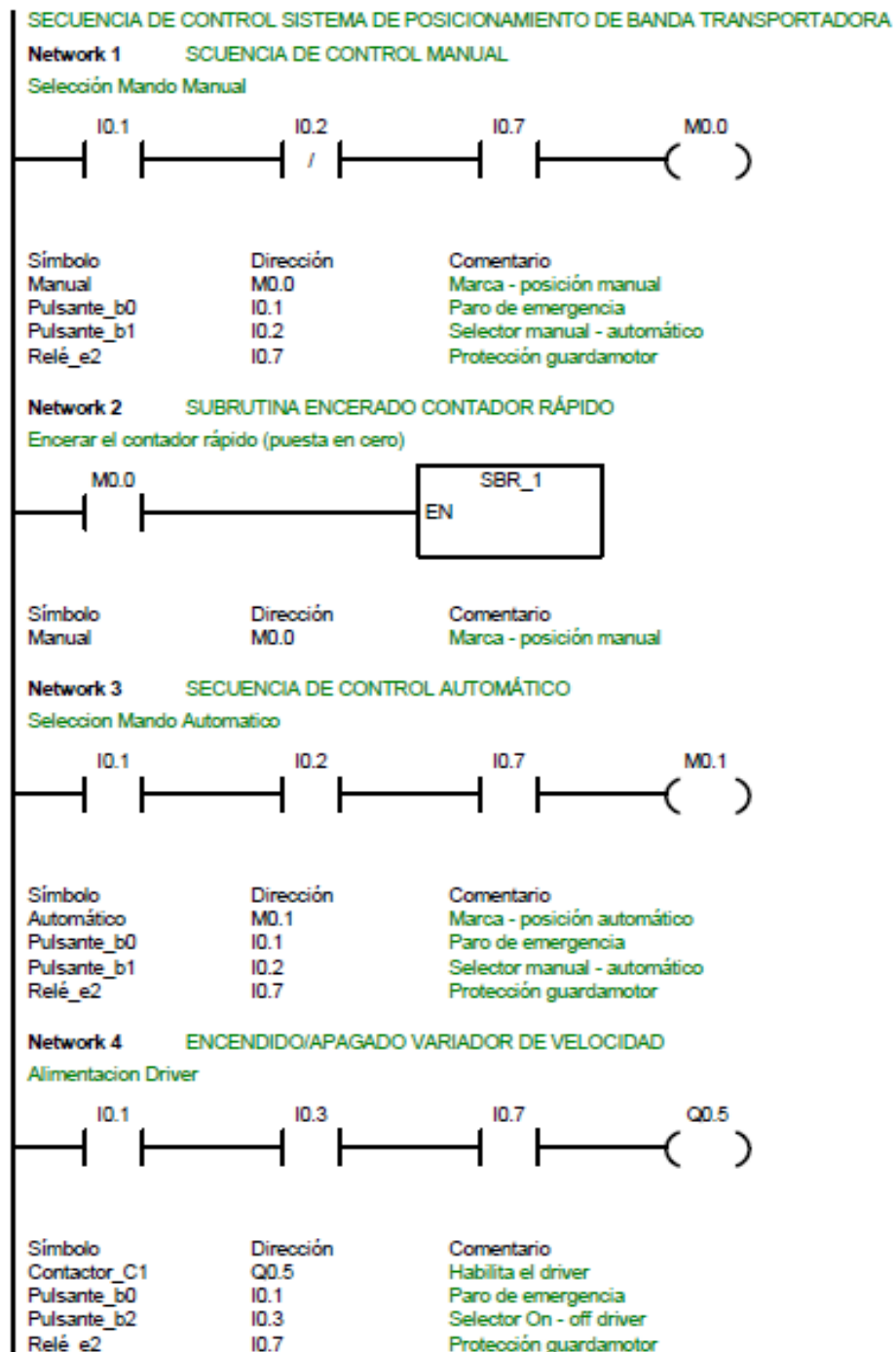
**FIGURA 3.16. ALIMENTACIÓN Y COMUNICACIÓN DEL TD-200**



**Fuente:** Manual TD-200 “Visualizador de textos TD-200”

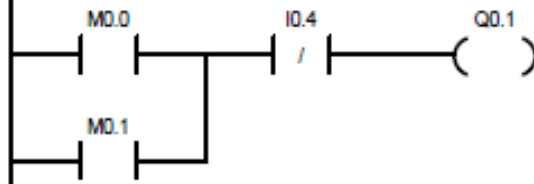
### 3.5.- REALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE CONTROL PARA EL PROTOTIPO DE BANDA TRANSPORTADORA

La elaboración del programa de control del proyecto propuesto, se lo realiza mediante el software instalado STEP 7 MicroWin SP1 V4.0, utilizando el lenguaje de programación KOP se procede de la siguiente manera:



**Network 5 SENTIDO DE GIRO DEL TRANSPORTADOR**

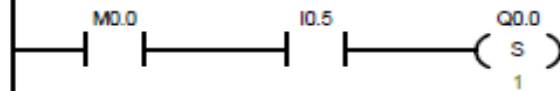
Selección driver Adelante/Atraz



Símbolo	Dirección	Comentario
Automático	M0.1	Marca - posición automático
Manual	M0.0	Marca - posición manual
Pin_4_driver	Q0.1	Señal atrás - adelante
Pulsante_b3	I0.4	Selector atrás - adelante

**Network 6 ENCENDIDO MANUAL - TRANSPORTADOR**

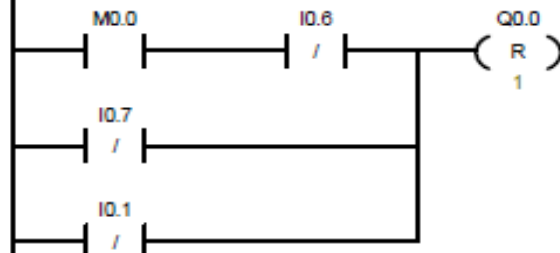
Avance Manual



Símbolo	Dirección	Comentario
Manual	M0.0	Marca - posición manual
Pin_3_driver	Q0.0	Señal encendido - apagado driver
Pulsante_b4	I0.5	Start ciclo

**Network 7 APAGADO MANUAL TRANSPORTADOR**

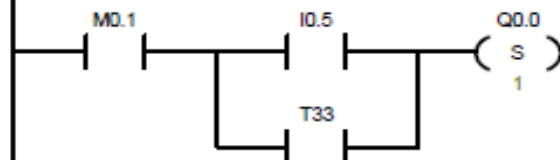
Paro manual



Símbolo	Dirección	Comentario
Manual	M0.0	Marca - posición manual
Pin_3_driver	Q0.0	Señal encendido - apagado driver
Pulsante_b0	I0.1	Paro de emergencia
Pulsante_b5	I0.6	Stop ciclo
Relé_e2	I0.7	Protección guardamotor

**Network 8 ENCENDIDO AUTOMÁTICO - TRANSPORTADOR**

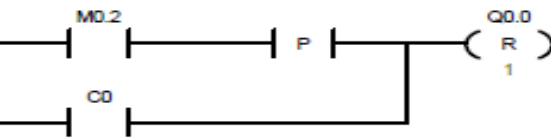
Avance automático



Símbolo	Dirección	Comentario
Automático	M0.1	Marca - posición automático
Pin_3_driver	Q0.0	Señal encendido - apagado driver
Pulsante_b4	I0.5	Start ciclo
Tiempo_Medidas	T33	Tiempo de espera entre medidas

**Network 9** APAGADO AUTOMÁTICO - TRASPORTADOR

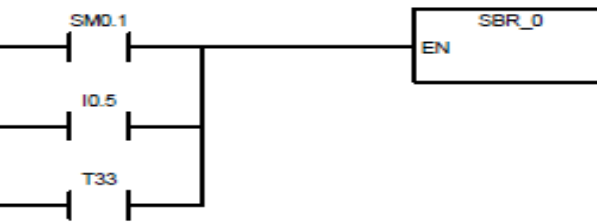
Apagado automático



Símbolo	Dirección	Comentario
Aux_10	M0.2	Comparación contador rápido-set point
Cont_Medida	C0	Contador de medidas
Pin_3_driver	Q0.0	Señal encendido - apagado driver

**Network 10** SUBROUTINA HABILITACIÓN CONTADOR RÁPIDO

Llamado a la subrutina de inicio del contador rápido



Símbolo	Dirección	Comentario
Inicio_Contador	SM0.1	Pulso de inicio contador rápido
Pulsante_b4	I0.5	Start ciclo
Tiempo_Medidas	T33	Tiempo de espera entre medidas

**Network 11** DATO DE MEDIDAS INGRESADO EN TD-200

Lectura dato de medidas



Símbolo	Dirección	Comentario
Automático	M0.1	Marca - posición automático
Aux_3	VW200	Transfiere medida
MEDIDAS	VW0	Número de medidas

**Network 12** DATO DE LONGITUD INGRESADO EN TD-200

Lectura dato de longitud



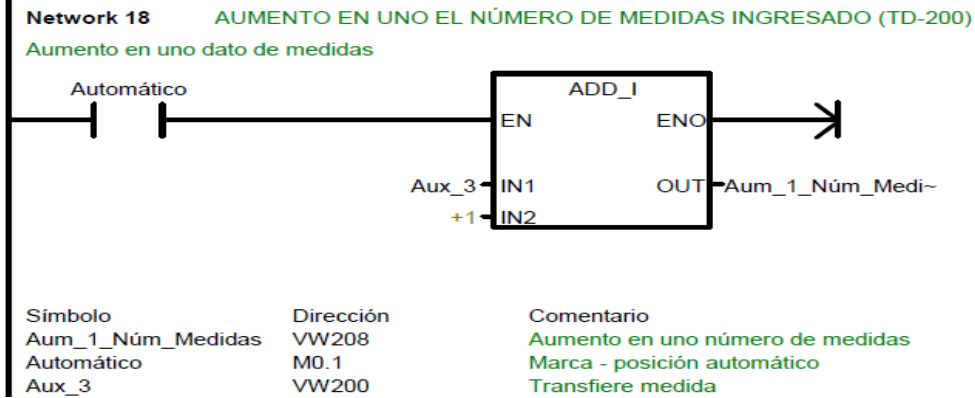
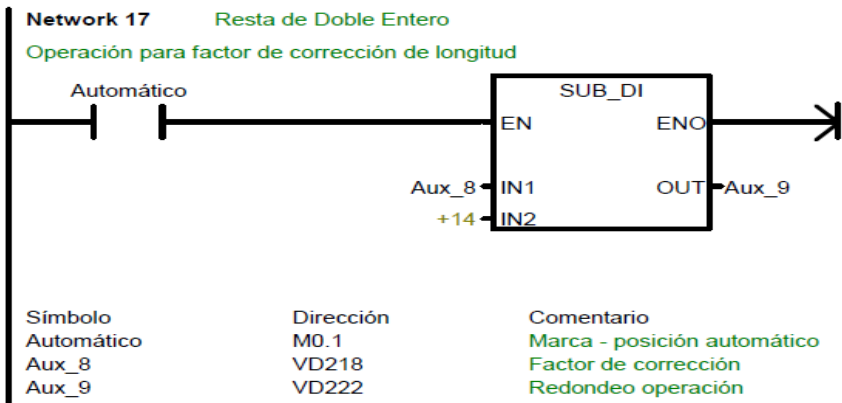
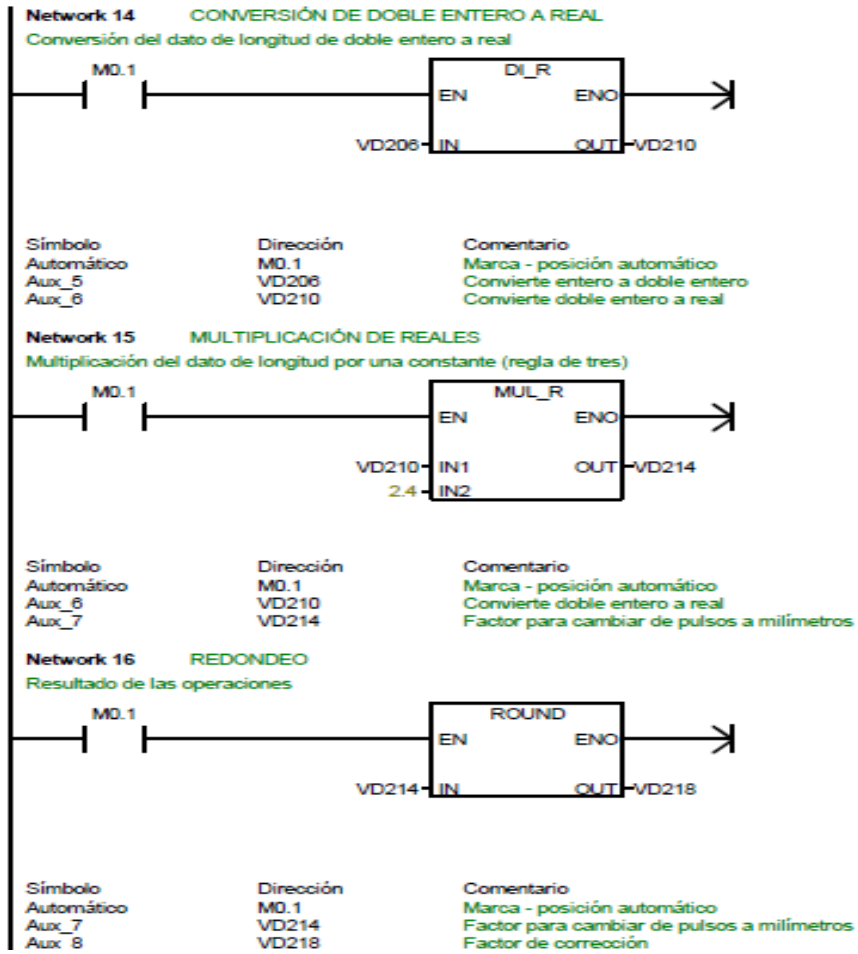
Símbolo	Dirección	Comentario
Automático	M0.1	Marca - posición automático
Aux_4	VW204	Transfiere longitud
LONGITUD	VW4	Longitud de avance

**Network 13** CONVERSIÓN DE ENTERO A DOBLE ENTERO

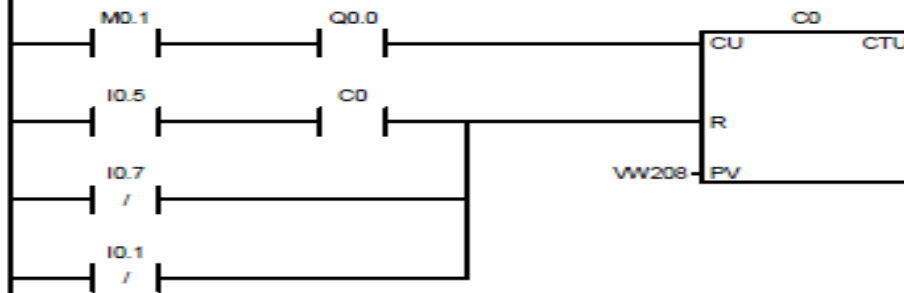
Conversión del dato de longitud de entero a doble entero



Símbolo	Dirección	Comentario
Automático	M0.1	Marca - posición automático
Aux_4	VW204	Transfiere longitud
Aux_5	VD206	Convierte entero a doble entero

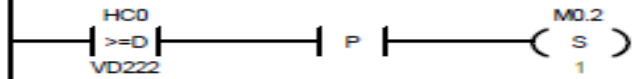


**Network 19**      **CONTADOR DEL NÚMERO DE MEDIDAS**  
 Condición de apagado del motor, después de la comparación del número de medidas a ejecutarse



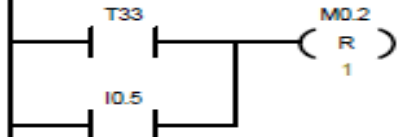
Símbolo	Dirección	Comentario
Aum_1_Núm_Medidas	VW208	Aumento en uno número de medidas
Automático	M0.1	Marca - posición automático
Cont_Medida	C0	Contador de medidas
Pin_3_driver	Q0.0	Señal encendido - apagado driver
Pulsante_b0	I0.1	Paro de emergencia
Pulsante_b4	I0.5	Start ciclo
Relé_e2	I0.7	Protección guardamotor

**Network 20**      **COMPARACIÓN DEL CONTADOR RÁPIDO**  
 Set comparación del dato de longitud con el número de pulsos contador rápido



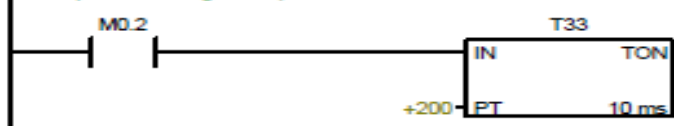
Símbolo	Dirección	Comentario
Aux_10	M0.2	Comparación contador rápido-set point
Aux_9	VD222	Redondeo operación

**Network 21**      **APAGADO DE LA COMPARACIÓN DEL CONTADOR RÁPIDO**  
 Reset comparación medida de longitud con el número de pulsos contador rápido



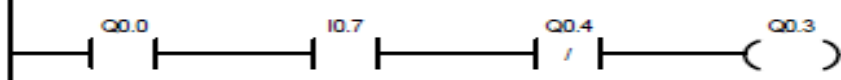
Símbolo	Dirección	Comentario
Aux_10	M0.2	Comparación contador rápido-set point
Pulsante_b4	I0.5	Start ciclo
Tiempo_Medidas	T33	Tiempo de espera entre medidas

**Network 22**      **TIEMPO DE ESPERA PARA INICIAR CADA MEDIDA**  
 Tiempo de dos segundos para iniciar cada medida



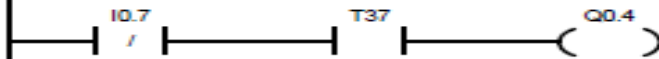
Símbolo	Dirección	Comentario
Aux_10	M0.2	Comparación contador rápido-set point
Tiempo_Medidas	T33	Tiempo de espera entre medidas

**Network 23**      **ACTIVACIÓN DE LUZ PILOTO DE EJECUCIÓN DE CICLOS**  
 Activación del indicador H2



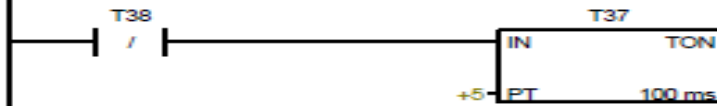
Símbolo	Dirección	Comentario
Lámpara_H2	Q0.3	Indicador driver start
Lámpara_H3	Q0.4	Indicador fallo driver
Pin_3_driver	Q0.0	Señal encendido - apagado driver
Relé_e2	I0.7	Protección guardamotor

**Network 24 ACTIVACIÓN DE LUZ PILOTO DE FALLO DRIVER**  
 Activación del indicador H3



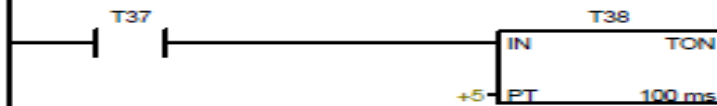
Símbolo	Dirección	Comentario
Lámpara_H3	Q0.4	Indicador fallo driver
Relé_e2	I0.7	Protección guardamotor
Tiempo1_Relej	T37	Tiempo 1 reloj

**Network 25 TIEMPO 1 RELOJ**  
 Tiempo de 0.5 segundos de reloj para activación de indicador H3



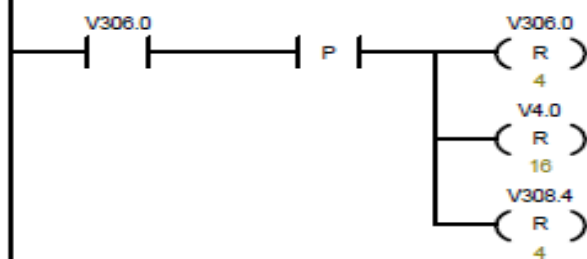
Símbolo	Dirección	Comentario
Tiempo1_Relej	T37	Tiempo 1 reloj
Tiempo2_Relej	T38	Tiempo 2 reloj

**Network 26 TIEMPO 2 RELOJ**  
 Tiempo de 0.5 segundos de reloj para activación de indicador H3



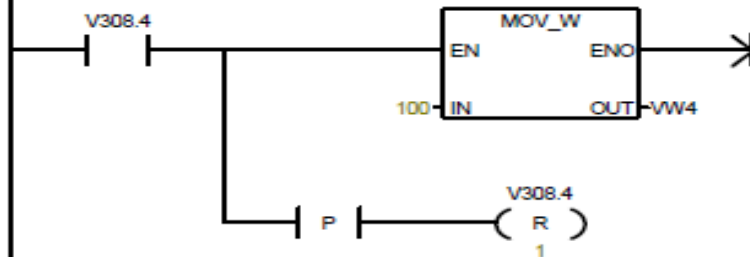
Símbolo	Dirección	Comentario
Tiempo1_Relej	T37	Tiempo 1 reloj
Tiempo2_Relej	T38	Tiempo 2 reloj

**Network 27 ENCERADO TECLAS DE FUNCIÓN**  
 Receteo dato de longitud



Símbolo	Dirección	Comentario
F1	V306.0	Símbolo del botón del teclado 'F1' pulsado
S_F1	V308.4	Símbolo del botón del teclado 'SHIFT+F1' pulsado

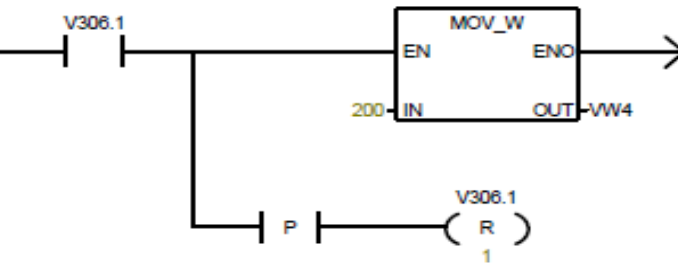
**Network 28 TECLA DE FUNCIÓN SHIFT F1**  
 Longitud preestablecida 1 = 10cm



Símbolo	Dirección	Comentario
LONGITUD	VW4	Longitud de avance
S_F1	V308.4	Símbolo del botón del teclado 'SHIFT+F1' pulsado

**Network 29**      **TECLA DE FUNCIÓN F2**

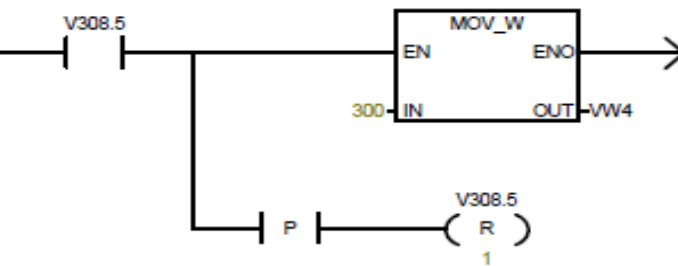
Longitud preestablecida 2 = 20cm



Símbolo	Dirección	Comentario
F2	V306.1	Símbolo del botón del teclado 'F2' pulsado
LONGITUD	VW4	Longitud de avance

**Network 30**      **TECLA DE FUNCIÓN SHIFT F2**

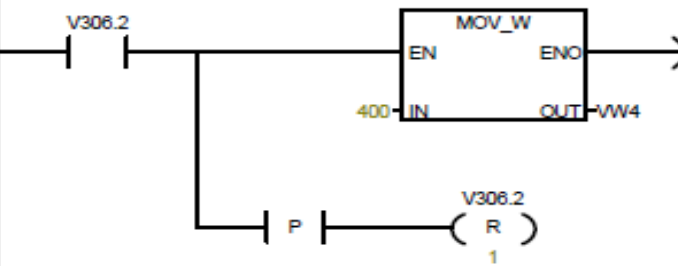
Longitud preestablecida 3 = 30cm



Símbolo	Dirección	Comentario
LONGITUD	VW4	Longitud de avance
S_F2	V308.5	Símbolo del botón del teclado 'SHIFT+F2' pulsado

**Network 31**      **TECLA DE FUNCIÓN F3**

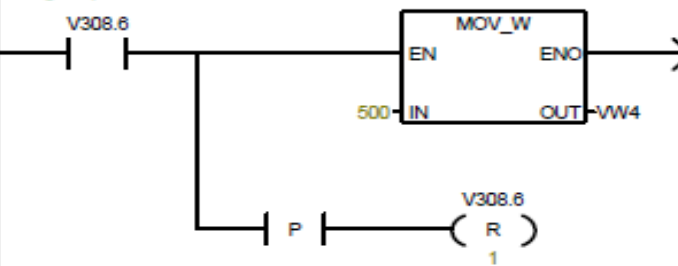
Longitud preestablecida 4 = 40cm



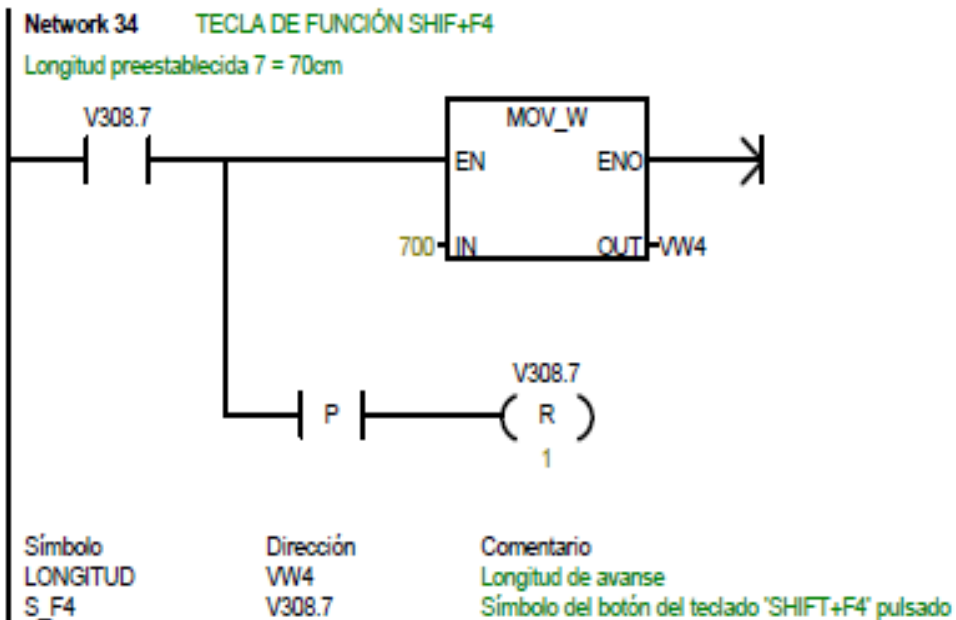
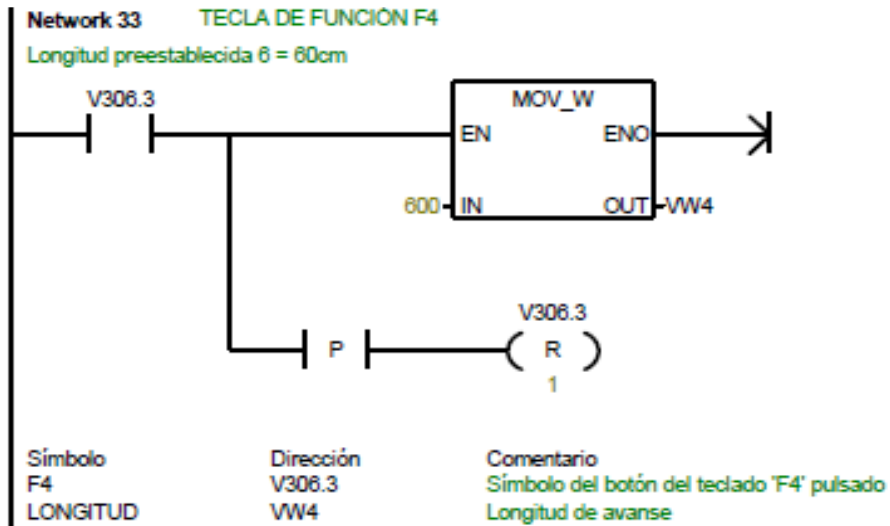
Símbolo	Dirección	Comentario
F3	V306.2	Símbolo del botón del teclado 'F3' pulsado
LONGITUD	VW4	Longitud de avance

**Network 32**      **TECLA DE FUNCIÓN SHIF+F3**

Longitud preestablecida 5= 50cm



Símbolo	Dirección	Comentario
LONGITUD	VW4	Longitud de avance
S_F3	V308.6	Símbolo del botón del teclado 'SHIFT+F3' pulsado



## CONCLUSIONES

- Con el presente trabajo de tesis, se diseñó y construyó un módulo didáctico de una banda transportadora utilizando elementos y dispositivos electrónicos de tecnología moderna que servirá para implementar el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi.
- A través de cálculos y la investigación de libros técnicos, catálogos, internet, etc. Se pudo seleccionar los elementos y equipos electrónicos flexibles para llevar a cabo el control de la banda transportadora.
- Mediante el panel BOP se puede arrancar y para el sistema, variar su velocidad e incluso invertir el giro de la banda transportadora.
- Con la utilización de un encoder de 400 pulsos por revolución se logra un lazo de control adecuado que permite el posicionamiento ideal de la banda transportadora con una precisión de  $\pm 1\text{mm}$ . Más si se requiere una posición milimétrica del transportador se necesita un encoder de mayor número de pulsos, una CPU S7-300 y un bloque especial de conteo rápido.
- Con este proyecto de tesis, se motiva a los estudiantes para que puedan realizar prácticas de laboratorio y de esta manera actualicen constantemente sus conocimientos científicos y tecnológicos a nivel de la automatización industrial y así tengan la capacidad de resolver los problemas que se presentan en el ámbito profesional.
- El desarrollo de la tesis de grado, deja una gran experiencia en mi vida y es que en el camino uno se encuentra con muchas adversidades y obstáculos los mismos que fueron superados día a día con paciencia esfuerzo y perseverancia.

## RECOMENDACIONES

- Para la selección y compra de los elementos y dispositivos electrónicos se debe considerar que sean de fácil adquisición en el mercado.
- El módulo didáctico se debe conectar a una fuente de 220v bifásico (entre línea y línea).
- Para el montaje de los equipos electrónicos (PLC, TD-200, Driver) se debe seguir las recomendaciones del fabricante leyendo los catálogos de cada uno de los equipos descritos.
- Se debe realizar un mantenimiento preventivo al modulo didáctico, principalmente al transportador para optimizar su vida útil (Lubricación reductor, ajuste de banda, cambio de rodamientos).
- Antes de poner en marcha la banda transportadora, se recomienda a todos los usuarios leer el manual de operación.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS

**AUTOMATIZACIÓN.-** (Automatización; del griego antiguo auto: guiado por uno mismo) es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales substituyendo a operadores humanos.

**BANDA TRANSPORTADORA.-** Máquina para trasladar productos o materias primas entre dos o más puntos.

**CIMBRA.-** Sirve para la fijación del rodamiento en el soporte, a fin de evitar un movimiento axial.

**CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).-** Equipo electrónico diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real.

**ENCODER.-** Sensor que permite detectar el movimiento de rotación de un eje.

**EXACTITUD.-** Es la capacidad de un instrumento de medir un valor cercano al valor de la magnitud real

**ERROR:** Es la diferencia entre la señal de referencia y la señal de salida real.

**HMI.-** Interface Hombre Máquina.

**MECANISMO.-** Conjunto de elementos mecánicos unidos entre sí, con la finalidad producir, transmitir, y controlar un movimiento.

**MOTOR.-** Máquina que convierte la energía eléctrica en movimiento o trabajo mecánico.

**PANEL.-** Estructura que tiene un grupo de instrumentos montados sobre él. El panel puede consistir de una o varias secciones, cubículos, consolas o escritorios.

**PC/PPI.-** Protocolo de comunicación/ Interface punto a punto.

**PC/MPI.-** Protocolo de comunicación / Interface multi punto.

**PERTURBACIÓN:** Es una señal que tiende a afectar la salida del sistema, desviándola del valor deseado.

**PRECISIÓN.-** Capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.

**PROCESOS.-** Un conjunto de acciones integradas y dirigidas hacia un fin.

**REDUCTOR DE VELOCIDAD.-** Sistemas de engranajes que permiten que los motores eléctricos funcionen a diferentes velocidades.

**RODAMIENTO.-** Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre el eje y las piezas conectadas a este, que le sirve de apoyo y permite su desplazamiento.

**PROGRAMA.-** Secuencia respetable de acciones que definen el nivel de las salidas como una compostura de las relaciones al establecimiento de las entradas.

**SENSOR:** Es un dispositivo que convierte el valor de una magnitud física (presión, flujo, temperatura, etc.) en una señal eléctrica codificada ya sea en forma analógica o digital. También es llamado **transductor**. Los sensores, o transductores, analógicos envían, por lo regular, señales normalizadas de 0 a 5 voltios, 0 a 10 Voltios o 4 a 20 mA.

**SEÑAL ANÁLOGA:** Es una señal continua en el tiempo.

**SEÑAL DE CONTROL:** Es la señal que produce el controlador para modificar la variable controlada de tal forma que se disminuya, o elimine, el error.

**SEÑAL DIGITAL:** Es una señal que solo toma valores de 1 y 0. El PC solo envía y/o recibe señales digitales.

**SEÑAL DE REFERENCIA:** Es el valor que se desea que alcance la señal de salida.

**SEÑAL DE SALIDA:** Es la variable que se desea controlar (posición, velocidad, presión, temperatura, etc.). También se denomina **variable controlada**.

**SISTEMA:** Consiste en un conjunto de elementos que actúan coordinadamente para realizar un objetivo determinado.

**SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO:** En estos sistemas de control la señal de salida no es monitoreada para generar una señal de control.

**SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO:** Es aquel en el cual continuamente se está monitoreando la señal de salida para compararla con la señal de referencia y calcular la señal de error, la cual a su vez es aplicada al controlador para generar la señal de control y tratar de llevar la señal de salida al valor deseado. También es llamado **control realimentado**.

**SOFTWARE DE AUTOMATIZACIÓN.-** Son programas digitales para computadora mediante el cual se logra controlar los procesos de una industria con eficiencia.

**SOPORTE BRIDADO.-** Sirve para el alojamiento de los rodamientos.

**STEP 7 MicroWIN 32.-** Software de programación para PLC's Simatic S7-200.

**VELOCIDAD.-** Variación de la posición de un cuerpo por unidad de tiempo.

# BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AUTÓMATAS PROGRAMABLES. [en línea]. 2001, [Consultado: 10 de febrero 2009] Disponible en:  
<http://www.sc.edu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMHI/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>,
- BASTIDAS Carlos, “diseño e implementación de un dispositivo para aplicar multilíneas de adhesivo a pañales desechables”, Trabajo de Titulación (Ingeniero en Electrónica y Control). Quito, Ecuador, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 2009. pág. 27
- CATÁLOGO D11.1, “SINAMICS G110” [en línea]. 2005, [Consultado: 12 de febrero 2009]. Pág. 5. Disponible en:  
[http://www.setams.com.ar/manuales/siemens/manuales\\_catalogos\\_siemens%5CD11.1\\_10.05\\_Esp.pdf](http://www.setams.com.ar/manuales/siemens/manuales_catalogos_siemens%5CD11.1_10.05_Esp.pdf)
- CATÁLOGO Eltra, “SILGE ELECTRÓNICA S.A.”, ed. 2000. Pág. 44. Disponible en: <http://www.silge.com.ar>
- CATÁLOGO transportadores, “camprodón transportadores” [en línea]. 2009, [Consultado: 26 de enero 2009]. Pág. 6. Disponible en:  
<http://www.camprodon.biz/home.php?modo=principal&id=2>
- GUACHINGA, Carlos, ORTIS, Marco. “Diseño, Construcción e Implementación de un prototipo de bandas transportadoras con distintas aplicaciones de sensores para prácticas de Laboratorio de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la UTC.” Trabajo de Titulación (Ingeniero en Electromecánica). Latacunga, Ecuador, Universidad Técnica de Cotopaxi, 2009. pág. 12

- JIMÉNEZ Pablo, “Mantenimiento de cintas transportadoras en la industria metal”, [en línea], 2009, Pág. 9. [Consultado 28/01/2009]. Disponible en: [http://www.aloj.us.es/notas\\_tecnicas/Mantenimiento\\_de\\_Cintas\\_Transportadoras.pdf](http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/Mantenimiento_de_Cintas_Transportadoras.pdf)
- LUACES, Alfredo Raúl. “Equipos para el clasificado dinámico de la BND” [en línea]. 13 de octubre 2008, pág. 3. [Consultado: 26 de enero 2009]. Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso-municipal>
- Manual SIEMENS, “SINAMICS G110”, ed. 11/04. Pág. 15
- PARRA Pablo, “Automatización Lectura 1” [en línea]. 2007, [Consultado: 10 de febrero 2009]. Disponible en: <http://pabloparra.blogspot.es/>
- TERÁN, Taylor, SIMBAÑA, Karina. “Diseño e implementación de un sistema automatizado para un prototipo clasificador de huevos” Trabajo de Titulación (Ingeniero en Electrónica y Control). Quito, Ecuador, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 2009. pág. 24

## **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- ARISA, “Catálogo moto-reductores”, 2006.
- CORRALES Luís, “Módulo de Instrumentación industrial”, 2007.
- FAG, “Catálogo de soportes y rodamientos”, 2009.
- GÓMEZ Fabio, “Cintas transportadoras en automatización de la Producción”, Editorial Alfa-omega, México, 2006.
- ICOBANDAS S.A, “Diseño de bandas transportadoras”, Colombia, 2005.
- KAUMAN, “Diseño de bandas transportadoras”, 2008.

- NORTON Robert L. “Diseño de Máquinas”, Editorial Alfa-omega, 2002.
- ROTRANS, “Catálogo de componentes para transportadoras”, 2007.
- SHIGLEY Joseph, “Diseño en ingeniería mecánica”, Editorial Mc Graw Hill, México, 2000.
- SIEMENS, “Sistema de automatización S7-200 Manual del sistema”, Alemania, ed. 06/2004  
ISBN: A5E00307989—01
- SINAMICS G110, “Lista de parámetros documentación del usuario”, Alemania, ed. 04/2005.  
ISBN: 6SL3298-0AA11-0EP0
- TRELLEX, “Catálogo de componentes para transportadoras”, 2008.
- VISUALIZADOR TD-200, “Manual del usuario Visualizador de textos TD-200”, Alemania, ed. 01/2000.  
ISBN: 6ES7272-0AA20-8DA0

## **BIBLIOGRAFÍA WEB**

- BELTSERVICE CORPORATION. 56-Page Products & Services Catalog. [en línea]. Canadá, 2008 [Consultado: 26 de enero 2009]. Pág. 15, 52. Disponible en:  
<http://www.beltservice.com/56pcatalog.pdf>  
ISBN 0101
- COMPONENTES TRELLEX para bandas transportadoras, [en línea]: Metso minerals. Suecia, 2002- [28 de enero 2009]. Pág. 6. Disponible en:

[http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/08D51A8A700043D642256AFC004043B7/\\$File/1040\\_Comp\\_ES.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/08D51A8A700043D642256AFC004043B7/$File/1040_Comp_ES.pdf)

ISSN: 1040-11-01-WPC

- EQUIPOS EL PRADO S.A. el prado. 26 de enero 2009. Disponible en:  
[http://www.elprado.co.cr/sob\\_rod.html](http://www.elprado.co.cr/sob_rod.html)
- SANTILLÁN Juan, “Diseño cintas transportadoras2”. [en línea]. Perú, 2008, [Consultado: 28 de enero 2009]. Pág. 9. Disponible en:  
<http://www.monografias.com/trabajos58/disenocintas-transportadoras/disenocintas-transportadoras2.shtml>
- VARIADOR DE VELOCIDAD. En: Enciclopedia WIKIPEDIA, [en línea]. 2001. [Consultado: 10 de febrero 2009]. Disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Variador\\_de\\_velocidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_velocidad)