



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**“Diseño de Sistema de Transporte para Mejorar Proceso de  
Alimentación de Helados Tipo Sánduche a Túnel de  
Enfriamiento.”**

**EXAMEN COMPLEXIVO**

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

**INGENIERO MECÁNICO**

**Presentado por:**

**Álvaro Santiago Mora López**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2015**

## AGRADECIMIENTO

A Dios por la oportunidad que me ha dado en la vida, a mis padres por haberme dado mi educación, a mi esposa e hija por ser mi apoyo y motivación.

A mis amigos que de una u otra forma estuvieron presentes para la realización de este trabajo, y en especial al Ing. Ernesto Martínez, Director de mi informe de Trabajo Profesional, por su ayuda invaluable.

# DEDICATORIA

A MIS PADRES.

A MI ESPOSA E HIJA.

A MIS AMIGOS.

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

Ing. Jorge Duque R.

DECANO DE LA FIMCP

PRESIDENTE

---

Ing. Ernesto Martínez L.

DIRECTOR DEL EXAMEN

COMPLEXIVO

---

Ing. Eduardo Donoso P.

VOCAL PRINCIPAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Examen Complexivo me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la “ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Álvaro Santiago Mora López

## RESUMEN

En el presente trabajo se elaboró el diseño de un sistema de transporte para helados tipo sánduche con el objetivo de mejorar la productividad en la línea de envasado de este tipo de productos, además de evitar la manipulación del producto así como de optimizar la cantidad de personas que intervienen en este proceso y mejorar el layout del área.

Para poder realizar el diseño del sistema de transporte de helados, primero se estableció el diseño de forma de los equipos por medio de la evaluación del layout actual del área y de acuerdo a los requerimientos del personal que labora en las áreas de la fábrica, luego se determinó los parámetros necesarios para el diseño y se realizaron los respectivos cálculos para poder seleccionar el tipo de banda y el sistema motriz que la accionaría, con ayuda de la información técnica que provee cada uno de los fabricantes.

Una vez seleccionados estos elementos se procedió a diseñar la estructura de los equipos con ayuda del diagrama de cuerpo libre y tomando en cuenta que cada estructura es una viga sometida a una carga uniforme, y por lo tanto están sometidas a un esfuerzo cortante, de esta manera se realizan los respectivos cálculos para determinar el factor de seguridad de la estructura así como de sus soportes.

El sistema de control se encarga de detectar el paso y contar la cantidad de helados por medio de un sensor capacitivo, en donde una vez que se contaron cuatro o cinco helados según requiera la producción, se activa el sistema neumático para desplazar los helados en forma ordenada desde el transportador T2 hacia el transportador T3. La lógica del programa se encuentra en un controlador que recibe y envía las señales para operar el sistema.

El sistema eléctrico de los equipos está conformado por los motores con sus respectivos variadores de frecuencia, protecciones y alimentación de fuerza, y están representados en los diagramas unifilares.

Una vez terminada la etapa de diseño, se presenta un cronograma con los tiempos de construcción y montaje de los equipos en fábrica.

Finalmente se presenta un presupuesto referencial de los materiales, mano de obra y equipos que se requerirán y se realiza un análisis de costos con respecto a la importación de un equipo que haga el mismo tipo de trabajo, determinando que es más rentable construir los equipos localmente.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS.....	vi
SIMBOLOGÍA.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE PLANOS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	3
1.1 Proceso de producción de helados tipo sánduche.....	3
1.2 Definición del problema.....	9
1.3 Objetivos.....	9
1.4 Alternativas de solución.....	10
<b>CAPÍTULO 2</b>	
2. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE HELADOS.....	19
2.1 Diseño de forma.....	19
2.2 Parámetros para el diseño.....	23



2.3 Cálculo y selección del tipo de banda transportadora.....	24
2.4 Cálculo y selección del sistema motriz.....	37
2.5 Diseño de la estructura del sistema transportador.....	50
2.6 Sistema de control.....	55
2.7 Sistema eléctrico.....	57
2.8 Cronograma de construcción y montaje.....	58

### CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE COSTOS.....	59
3.1 Costos de materiales.....	59
3.2 Costos de mano de obra.....	61
3.3 Costos de los equipos.....	62
3.4 Análisis de costos.....	63

### CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
4.1 Conclusiones.....	64
4.2 Recomendaciones.....	65

### APÉNDICES

### BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

A	Área de la sección de la viga
$A_{perno}$	Área de la sección transversal del perno
$A_S$	Ancho del producto
ABP	Tracción ajustada de la banda
$ABP_{T1}$	Tracción ajustada de la banda del transportador T1
$ABP_{T2}$	Tracción ajustada de la banda del transportador T2
$ABP_{T3}$	Tracción ajustada de la banda del transportador T3
ABS	Resistencia permitida de la banda
ABSU	Resistencia permitida de la banda
$ABSU_{T1}$	Resistencia permitida de la banda del transportador T1
$ABSU_{T2}$	Resistencia permitida de la banda del transportador T2
$ABSU_{T3}$	Resistencia permitida de la banda del transportador T3
B	Ancho de la banda
BP	Tracción de la banda
$BP_{T1}$	Tracción de la banda del transportador T1
$BP_{T2}$	Tracción de la banda del transportador T2
$BP_{T3}$	Tracción de la banda del transportador T3
BS	Resistencia de la banda
$B_{T1}$	Ancho de banda del transportador T1
$B_{T2}$	Ancho de banda del transportador T2
$B_{T3}$	Ancho de banda del transportador T3
D	Deflexión del eje
E	Módulo de elasticidad
$e_s$	Separación entre productos
F	Fuerza que se ejerce sobre la viga
$F_{perno}$	Fuerza aplicada a cada perno
$F_p$	Coefficiente de fricción entre el producto y la banda
$F_w$	Coefficiente de fricción entre guía de desgaste y la banda
g	Gravedad de la tierra

H	Cambio de altura del transportador
$h_{envasadora}$	Altura a la salida de la línea de envasado
$h_{túnel}$	Altura del transportador del túnel de enfriamiento
$H_S$	Altura del producto
I	Momento de inercia
n	Factor de Seguridad
L	Longitud del transportador
$L_{eje T1}$	Longitud del eje motriz del transportador T1
$L_{eje T2}$	Longitud del eje motriz del transportador T2
$L_{eje T3}$	Longitud del eje motriz del transportador T3
$L_S$	Longitud del producto
$l_S$	Largo del eje entre cojinetes
$L_{T1}$	Longitud del transportador T1
$L_{T2}$	Longitud del transportador T2
$L_{T3}$	Longitud del transportador T3
M	Carga del producto
$M_p$	Carga por acumulación del producto
$P_{banda}$	Potencia necesaria para accionar la banda
$P_{motor}$	Potencia del motor
PD	Diámetro de paso del engranaje motriz
Q	Peso del eje
S	Factor de resistencia
SF	Factor de servicio
$S_y$	Resistencia de fluencia mínima
T	Factor de temperatura
TPM	Total Productive Maintenance
$T_{trabajo}$	Temperatura de trabajo

$t_h$	Tiempo en que cae el producto desde la salida del detector de metales hasta la superficie de la banda del transportador T2
$t_s$	Tiempo en que sale un helado de la máquina
$t_2$	Tiempo en que se desplaza el producto sobre el transportador T2
$t_3$	Tiempo en que se desplaza un producto un distancia (e) de 200 mm sobre el transportador T2
UHMW	Polietileno de ultra alto peso molecular
USD	Dólares
$v_{T1}$	Velocidad del transportador T1
$v_{T2}$	Velocidad del transportador T2
$v_{T3}$	Velocidad del transportador T3
$v_{túnel}$	Velocidad del transportador del túnel de enfriamiento
$v_0$	Velocidad inicial
W	Peso de la banda
w	Carga total del eje
$w_s$	Peso del producto
% Pérdidas	Porcentaje de pérdidas mecánicas

## SIMBOLOGÍA

$\emptyset$	Diámetro
$^{\circ}\text{C}$	Grados centigrados
%	Porcentaje
kg	Kilogramo
w	watts
mm	Milimetro
$\text{mm}^2$	Milimetro cuadrado
m	Metro
$\text{m}^2$	Metro cuadrado
min	minuto
$\text{s}^2$	segundo cuadrado
N	Newton
"	Pulgada
Pa	Pascal
rad	Radianes
RPM	Revoluciones por minuto
s	Segundo
\$	Dólar
V	Voltios
Hz	Herz
$\omega$	Velocidad angular
$\tau$	Torque necesario para accionar la banda
$\tau_{\text{máx}}$	Esfuerzo cortante máximo
$\tau_{\text{perno}}$	Esfuerzo cortante en el perno

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Layout actual de línea de envasado de sánduches.....	20
Figura 2.2 Layout propuesto de línea de envasado de sánduches.....	22
Figura 2.3 Gráfica para el factor de temperatura T en Acetal.....	26
Figura 2.4 Gráfica para el factor de resistencia S.....	31
Figura 2.5 Separación máxima de los engranajes.....	39
Figura 2.6 Diagrama de cuerpo libre de transportador.....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Comparación por pares entre criterios.....	14
Tabla 2	Frecuencia de cada criterio de selección.....	15
Tabla 3	Importancia relativa de cada criterio de selección.....	15
Tabla 4	Comparación entre pares modificado.....	17
Tabla 5	Ponderación de los diferentes criterios de selección.....	18
Tabla 6	Matriz de decisión.....	18
Tabla 7	Datos de la banda.....	25
Tabla 8	Factores de fricción de la banda.....	34
Tabla 9	Factor de servicio de la banda.....	36
Tabla 10	Cantidad de engranajes y soportes.....	38
Tabla 11	Datos del eje.....	42
Tabla 12	Pérdidas de eficiencia mecánica.....	45
Tabla 13	Datos para engranajes moldeados.....	47
Tabla 14	Costo de materiales.....	60
Tabla 15	Costo de mano de obra.....	61
Tabla 16	Costo de equipos.....	62

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Ensamble de transportador T1
Plano 2	Ensamble de transportador T2
Plano 3	Ensamble de transportador T3
Plano 4	Paredes de estructura de transportador T1
Plano 5	Ensamble de estructura de transportador T1
Plano 6	Placa soporte de sistema motriz
Plano 7	Ejes de transmisión
Plano 8	Patas soporte de transportador
Plano 9	Paredes de estructura de transportador T2
Plano 10	Ensamble de estructura de transportador T2
Plano 11	Placa de empujador de helados
Plano 12	Base de cilindro horizontal
Plano 13	Base de cilindros verticales
Plano 14	Paredes de estructura de transportador T3
Plano 15	Ensamble de estructura de transportador T3
Plano 16	Lógica del programa de sistema de control
Plano 17	Diagrama unifilar de sistema de control
Plano 18	Diagrama unifilar de transportador T1
Plano 19	Diagrama unifilar de transportador T2
Plano 20	Diagrama unifilar de transportador T3
Plano 21	Diagrama neumático de botador de helados



## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad las industrias locales buscan incrementar su productividad manteniendo sin que afecte a sus costos de producción para así poder competir con las industrias extranjeras, y para ello requieren que sus procesos sean más eficientes, y una de las maneras para lograrlo es optimizando el personal que intervienen en dichos procesos.

Por tal motivo el presente trabajo trata el diseño de un sistema que transporte y posicione de forma automática los helados tipo sánduche desde la máquina que los envasa hasta el transportador de un túnel de enfriamiento, para así poder mejorar la productividad, reducir los costos del proceso de producción, evitar el manipuleo del producto además de mejorar el layout del área de envasado de helados y el flujo de materiales.

Para el desarrollo y comprensión del trabajo, ha sido dividido en 4 capítulos, en donde el capítulo 1 explica el proceso de producción de los helados tipo sánduche, se define el problema que se presenta actualmente durante este proceso, se establecen los objetivos que se deben alcanzar al terminar este proyecto, se presentan las alternativas de solución y mediante una matriz de decisión se selecciona la alternativa más rentable para mejorar dicho proceso.

En el capítulo 2 se desarrolla el diseño del sistema de transporte de helados, iniciando con el diseño de forma y estableciendo los parámetros de diseño, para luego efectuar el cálculo y selección de la banda más adecuada para la tarea así como el sistema motriz que la acciona, además se diseña la estructura de los equipos, se plantea el sistema de control y sistema eléctrico que hacen posible que operen los equipos y se establece un cronograma de construcción e instalación de los equipos.

En el capítulo 3 se establecen los costos de los materiales, mano de obra, así como de los equipos necesarios para la construcción del sistema de transportadores, y se realiza un análisis de costos de construcción de los equipos localmente contra importarlos.

Finalmente en el capítulo 4 se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

# **CAPÍTULO 1**

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**

El propósito de este capítulo es explicar de manera general el proceso de producción de los helados tipo sánduche, definir el problema que se presenta actualmente durante este proceso, establecer los objetivos que se deben alcanzar al terminar este proyecto, presentar las alternativas de solución y seleccionar la alternativa más rentable para mejorar dicho proceso.

### **1.1 Proceso de producción de helados tipo sánduche.**

El proceso de elaboración de los helados tipo sánduche está conformado por las siguientes etapas:

**Recepción y Almacenamiento.**

La materia prima requerida para la producción de los helados tipo sánduche es recibida y almacenada en pallets a temperatura ambiente dentro de una bodega especialmente adecuada con sistemas que evitan el ingreso de agentes externos que deterioren el material durante su almacenamiento hasta que sea direccionada al área de mezcla.

**Mezcla.**

El operador del área, de acuerdo a una receta, hace el pedido de los materiales necesarios para elaborar la crema de helado al personal de la bodega y en forma paralela realiza la limpieza de los tanques que sirven para mezclar los ingredientes por medio del sistema de CIP de la Planta.

Al finalizar la limpieza de los tanques, el personal de calidad hace un hisopado en diferentes puntos de los tanques y realiza un análisis microbiológico de dichos puntos para poder determinar si la limpieza fue efectuada correctamente y así poder liberar el equipo para su uso. En el caso que el análisis muestre algún punto con riesgo de contaminación debe realizarse un nuevo CIP al tanque.

Ya con el tanque liberado por el personal de calidad, se dosifican y mezclan los ingredientes líquidos a una temperatura de 80°C, luego son agregados los ingredientes sólidos y mezclados por un lapso de 30 minutos, hasta eliminar los grumos en la mezcla.

Una vez que se completa la mezcla de los ingredientes, la crema es bombeada hacia un sistema de Pasteurización y Homogenización.

### **Pasteurización y Homogenización.**

Durante esta etapa se genera un choque térmico en la crema que asegura la eliminación de las bacterias y evita su proliferación.

La crema pasa por una primera etapa del Pasteurizador en donde es calentada con agua a 80°C, para así poder eliminar los microorganismos presentes.

Luego la crema es enviada hacia el Homogenizador, el cual se encarga de dar una consistencia uniforme a la crema, por medio de la reducción del tamaño de los glóbulos grasos que contiene la crema a menos de 1 mm, para así aumentar su área superficial y

promover la formación de una membrana de proteínas, la cual sirve como estabilizante de las burbujas de aire que serán incorporadas más adelante.

Seguido a esto, la crema pasa por una etapa de pre enfriamiento con agua ambiente y finalmente pasa por la etapa de enfriamiento con glicol hasta alcanzar una temperatura de 4°C.

Una vez que la crema alcanza dicha temperatura es bombeada hacia el tanque designado para su almacenamiento dentro de una cámara de maduración.

### **Maduración.**

En esta etapa la crema es almacenada en el interior de un tanque de acero inoxidable, ubicado dentro de una cámara con recirculación de aire a una temperatura de 5°C, en donde permanece durante 8 horas, logrando así los siguientes efectos:

Cristalización de la grasa, causando que esta pueda coalescer parcialmente, y así los ácidos grasos de alto punto de fusión

comienzan a cristalizar y se orienten hacia la superficie del glóbulo graso, quedando en el centro del mismo la grasa líquida.

Hidratación de las proteínas y estabilizantes dando como resultado un aumento en la viscosidad de la crema.

Reacomodamiento en la membrana superficial de los glóbulos grasos, debido a que los emulsionantes reemplazan parcialmente a las proteínas y así disminuye la estabilidad de los glóbulos grasos aumentando la probabilidad de que se produzca la coalescencia parcial de los mismos.

### **Batido y Congelado.**

Ya madurada la crema, esta es bombeada hacia el freezer, el cual se encarga de batir la crema e incorporar aire sanitario y frío al mismo tiempo, para lograr la formación rápida de pequeños cristales de agua y la textura suave en la crema.

**Moldeado y Envasado.**

La crema que sale del freezer es enviada hacia la máquina envasadora, que se encarga de dar la forma del helado pasando la crema a través de una boquilla y agregando las dos galletas armando el sánduche, para luego colocar la envoltura en el helado.

**Endurecimiento.**

Una vez que los helados salen con su envoltura, son posicionados sobre un transportador que los direcciona al ingreso de un túnel de enfriamiento tipo espiral, en donde son enfriados por medio de la recirculación de aire a  $-30^{\circ}\text{C}$  durante 80 minutos para que pueda alcanzar la temperatura de  $-22^{\circ}\text{C}$ .

**Embalaje.**

Por medio de un transportador horizontal los helados son desalojados del Túnel de enfriamiento para ser recogidos por tres personas, las cuales que se encargan de colocarlos dentro de cajas de cartón pre armadas, y una vez llenas las cajas son selladas y direccionadas hacia la cámara de paletizado.



**Almacenamiento.**

Dentro de la cámara de paletizado una persona se encarga de armar y plastificar el pallet de cajas de los helados tipo sánduche, para ser enviadas a la cámara de cuarentena donde el producto permanece almacenado hasta ser liberado por el personal de calidad para ser despachado a los diferentes distribuidores.

**1.2 Definición del problema.**

Actualmente para poder posicionar los helados desde la salida de la máquina envasadora hasta el transportador que los direcciona al túnel de enfriamiento, se utiliza una persona permanente por turno y la asistencia de otro trabajador para que lo releve mientras realiza sus necesidades con el propósito de que la línea no pare, causando dependencia de estas personas para realizar la actividad, lo que incrementa el costo de producción, y una mayor manipulación del producto lo cual puede causar defectos de calidad, paradas en la línea y desperdicio.

**1.3 Objetivos.**

Al momento de implementar este proyecto en la manufactura de los helados tipo sánduche se deben alcanzar los siguientes objetivos:

- Mejorar la productividad.
- Disminuir las paradas en la línea de envasado por problemas durante el traslado y posicionamiento de los helados sobre la banda transportadora de ingreso al Túnel de enfriamiento.
- Reducción de los costos de producción.
- Evitar defectos de calidad por la manipulación de los helados.
- Optimizar la cantidad de personas que intervienen en el proceso de producción.
- Mejorar el layout del área de envasado de helados y el flujo de materiales.

#### **1.4 Alternativas de solución.**

Para poder realizar el traslado y posicionamiento de los helados tipo sánduche desde la salida de la máquina envasadora hasta el transportador que direcciona el producto a la entrada del Túnel de enfriamiento, se tienen las siguientes alternativas con sus respectivas ventajas y desventajas:

##### **Compra de robot estibador.**

Esta solución presenta los siguientes aspectos positivos:

- Funcionamiento correcto de todas sus partes con un extenso periodo de vida útil garantizadas de acuerdo a las normas internacionales por las que fueron construidas.
- El uso de una sola persona para operar la máquina.
- Nueva tecnología que se introduce al mercado ecuatoriano para realizar este tipo de actividades.

En la actualidad no hay compañías locales que construyan estos equipos, por tal motivo se debe realizar la adquisición por medio de una compañía extranjera para lo cual hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- Costo inicial elevado por la importación del equipo y gastos generados por la traída de un técnico para el arranque del equipo y capacitación del personal de planta.
- Costo de mantenimiento elevado.
- Fuga de divisas del país.
- Posible alteración de la distribución de la planta debido a las necesidades de espacio mínimo requerido por el fabricante para la instalación del equipo.

- Presentar un rango mínimo de operación establecida por el fabricante excesivo para las necesidades de la planta.
- Un descenso en la tasa de trabajo para la mano de obra ecuatoriana.
- Retrasos en los tiempos de desaduanización y pago de impuestos.

### **Fabricación de sistema de transportadores.**

Como aspectos positivos de esta solución tenemos:

- Una máquina hecha a la medida de acuerdo a las necesidades de la planta.
- Menor costo de la máquina por construirse en nuestro país.
- Uso del espacio asignado y de las instalaciones disponibles en la planta.
- Aumento en la tasa de desarrollo del área de construcción de maquinaria en nuestro país.
- Menor dependencia de tecnología y maquinaria extranjera.

Por otra parte hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- Falta de conocimiento del tiempo que tomaría la fase de diseño y la fase de pruebas con producto de este sistema.

Para poder realizar la selección de la alternativa más rentable, primero se establece los criterios para hallar la solución, que en este caso son:

- 1) Costo inicial.
- 2) Costo de mantenimiento.
- 3) Espacio requerido.
- 4) Soporte técnico.
- 5) Tiempo de entrega.

Una vez establecidos los criterios se realiza la comparación de cada criterio, por medio del método de la comparación por pares, donde todos los criterios identificados se evalúan entre sí, es decir todos contra todos, según la tabla 1.

Seguido a esto, se establece una proporción entre las veces que cada criterio ganó y el número total de comparaciones, tabla 2, De

ahí se calcula el peso en términos de porcentaje de cada criterio, tabla 3.

**TABLA 1**  
**COMPARACIÓN POR PARES ENTRE CRITERIOS**

<b>Criterios</b>	<b>¿Cuál es el más importante?</b>	<b>Decisión</b>
Costo inicial	1. Costo inicial 2. Costo de mantenimiento	Costo de mantenimiento (2)
	1. Costo inicial 3. Espacio requerido	Espacio requerido (3)
	1. Costo inicial 4. Soporte técnico	Costo inicial (1)
	1. Costo inicial 5. Tiempo de entrega	Costo inicial (1)
Costo de mantenimiento	2. Costo de mantenimiento 3. Espacio requerido	Costo de mantenimiento (2)
	2. Costo de mantenimiento 4. Soporte técnico	Costo de mantenimiento (2)
	2. Costo de mantenimiento 5. Tiempo de entrega	Costo de mantenimiento (2)
Espacio requerido	3. Espacio requerido 4. Soporte técnico	Espacio requerido (3)
	3. Espacio requerido 5. Tiempo de entrega	Espacio requerido (3)
Soporte técnico	4. Soporte técnico 5. Tiempo de entrega	Soporte técnico (4)

**TABLA 2**  
**FRECUENCIA DE CADA CRITERIO DE SELECCIÓN**

<b>Costo inicial</b>	2 veces
<b>Costo de mantenimiento</b>	4 veces
<b>Espacio requerido</b>	3 veces
<b>Soporte técnico</b>	1 vez
<b>Tiempo de entrega</b>	0 veces
<b>Total de comparaciones</b>	10 veces

**TABLA 3**  
**IMPORTANCIA RELATIVA DE CADA CRITERIO DE SELECCIÓN**

<b>Costo de mantenimiento (2)</b>	4/10	40%
<b>Espacio requerido (3)</b>	3/10	30%
<b>Costo inicial (1)</b>	2/10	20%
<b>Soporte técnico (4)</b>	1/10	10%
<b>Tiempo de entrega (5)</b>	0/10	0%

Debido a que uno de los criterios salió calificado con cero, se realiza nuevamente la comparación de cada criterio por medio del método

de comparación entre pares, pero esta vez asignándole puntos a cada criterio, según se muestra en la tabla 4.

Al sumar los puntos obtenidos por cada criterio se obtienen los totales que aparecen en la tabla 5.

Finalmente se realiza una matriz de decisión, tabla 6, donde en cada columna se ubican las alternativas, y en fila se colocan los diferentes criterios, con sus respectivos valores, que sirven para seleccionar la mejor solución. En cada celda intersección de una solución y un criterio, se asigna un valor menor o igual al valor del criterio de acuerdo al grado de importancia que se considere más relevante al momento de elegir la alternativa más rentable, quedando como alternativa ganadora la fabricación del sistema de transportadores.



**TABLA 4**  
**COMPARACIÓN ENTRE PARES MODIFICADO**

<b>Criterios</b>	<b>¿Cuál es el más importante?</b>	<b>Decisión</b>
Costo inicial	1. Costo inicial 4 2. Costo de mantenimiento 6	Costo de mantenimiento (2)
	1. Costo inicial 4 3. Espacio requerido 6	Espacio requerido (3)
	1. Costo inicial 6 4. Soporte técnico 4	Costo inicial (1)
	1. Costo inicial 7 5. Tiempo de entrega 3	Costo inicial (1)
Costo de mantenimiento	2. Costo de mantenimiento 6 3. Espacio requerido 4	Costo de mantenimiento (2)
	2. Costo de mantenimiento 6 4. Soporte técnico 4	Costo de mantenimiento (2)
	2. Costo de mantenimiento 6 5. Tiempo de entrega 4	Costo de mantenimiento (2)
Espacio requerido	3. Espacio requerido 7 4. Soporte técnico 3	Espacio requerido (3)
	3. Espacio requerido 7 5. Tiempo de entrega 3	Espacio requerido (3)
Soporte técnico	4. Soporte técnico 7 5. Tiempo de entrega 3	Soporte técnico (4)

**TABLA 5**  
**PONDERACIÓN DE LOS DIFERENTES CRITERIOS DE**  
**SELECCIÓN**

<b>Costo de mantenimiento</b>	24	24%
<b>Espacio requerido</b>	24	24%
<b>Costo inicial</b>	21	21%
<b>Soporte técnico</b>	18	18%
<b>Tiempo de entrega</b>	13	13%
<b>Total</b>	100	100%

**TABLA 6**  
**MATRIZ DE DECISIÓN**

	<b>Robot estibador importado</b>	<b>Sistema de transportadores</b>
<b>Costo inicial 21%</b>	10%	15%
<b>Costo de mantenimiento 24%</b>	10%	18%
<b>Espacio requerido 24%</b>	15%	20%
<b>Soporte técnico 18%</b>	10%	15%
<b>Tiempo de entrega 13%</b>	5%	12%
<b>Total 100%</b>	50%	80%

# **CAPÍTULO 2**

## **2. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE HELADOS.**

Para el diseño del sistema de transporte de helados se realizará primero el diseño de forma con ayuda de la metodología Control inicial – Administración de proyectos TPM: Aplicación de herramientas TPM para diseños de facilidades de planta [5], para luego determinar los parámetros y empezar los cálculos de cada uno de los componentes, finalizando con el cronograma de construcción y montaje de los equipos.

### **2.1 Diseño de forma.**

De acuerdo a la metodología de control inicial, para poder efectuar un diseño de forma de lo que se requiere, primero se evalúa el layout actual de la línea, figura 2.1.

Durante la evaluación del área se toman en cuenta las necesidades de las siguientes áreas:

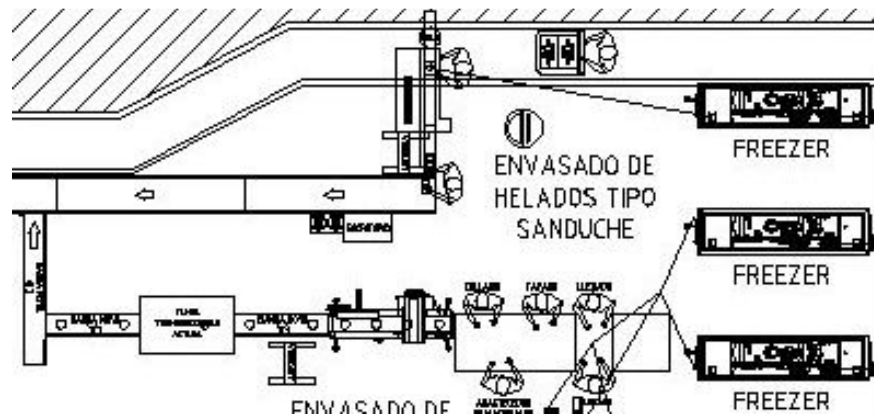


FIGURA 2.1 LAYOUT ACTUAL DE LÍNEA DE ENVASADO DE SÁNDUCHES

### Producción

Se deben enviar los sándwiches en número de 4 o 5 al transportador de ingreso del túnel de enfriamiento.

La línea de emvasado de sándwiches debe ubicarse lo más cerca del freezer, dando accesibilidad para circulación de personas y materiales.

**Calidad**

Instalar un detector de metales para unidades de sánduche cerca de la línea de envasado, con sistema de conteo y rechazo de producto.

La estructura de los transportadores debe ser de acero inoxidable AISI 304

**Mantenimiento**

Los reductores deben ser de bajo mantenimiento.

Los motores deben ser de alta eficiencia de 220V, 60 hz, 3 fases.

Las bandas transportadoras deben ser marca Intralox.

Las chumaceras deben ser sanitarias

Los elementos neumáticos deben ser marca Festo

Patas para soporte de los transportadores de altura regulable.

**Seguridad**

Los transportadores menores de 2 metros tengan por lo menos un paro de emergencia y los de mayor longitud tengan un hilo de emergencia del lado donde se operan los equipos.

Todos los equipos y sus partes no deben tener filos cortantes.

Con ayuda de esta información, se procede a realizar el diseño de forma del sistema de transportadores, figura 2.2.

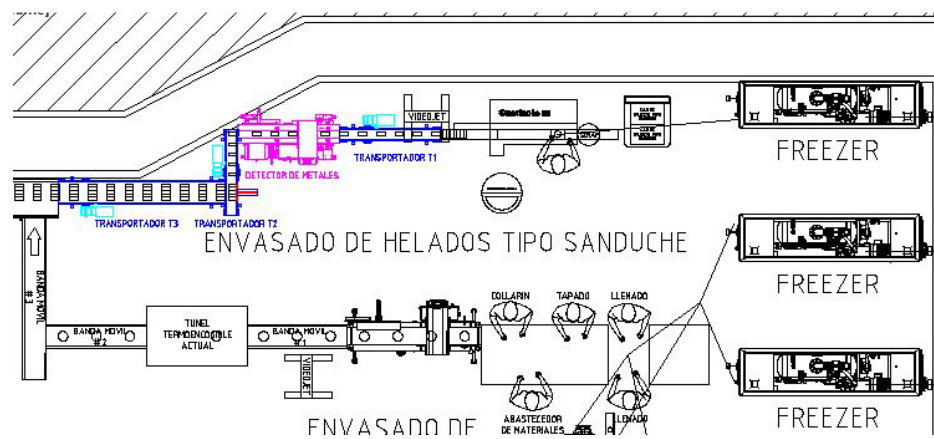


FIGURA 2.2 LAYOUT PROPUESTO DE LÍNEA DE ENVASADO DE SÁNDUCHES

Una vez que el layout propuesto sea revisado y aprobado por el personal de las diferentes áreas, se procede a plantear los parámetros que deben ser tomados en cuenta para el diseño de los equipos.

## 2.2 Parámetros para el diseño.

Como parámetros necesarios para realizar el diseño se tiene:

**Longitud del producto:**  $L_S = 0.125$  m

**Ancho del producto:**  $A_S = 0.050$  m

**Altura del producto:**  $H_S = 0.020$  m

**Separación entre productos:**  $e_S = 0.2$  m

**Peso del producto:**  $w_S = 0.085$  kg

**Tiempo en que sale un helado de la máquina:**  $t_S = 0.54$  s

**Temperatura de trabajo:**  $T_{trabajo} = 5^\circ$  a  $60^\circ\text{C}$

**Recorrido de los transportadores:** Recto

**Longitud del transportador T1:**  $L_{T1} = 1.5$  m

**Longitud del transportador T2:**  $L_{T2} = 1.3$  m

**Longitud del transportador T3:**  $L_{T3} = 2.5$  m

**Ancho de banda del transportador T1:**  $B_{T1} = 0.2032$  m

**Ancho de banda del transportador T2:**  $B_{T2} = 0.2032$  m

**Ancho de banda del transportador T3:**  $B_{T3} = 0.3048$  m

**Altura a la salida de la línea de envasado:**  $h_{envasadora} = 1$  m

**Altura del transportador del túnel de enfriamiento:**  $h_{túnel} = 0.95$

m

**Velocidad del transportador del túnel de enfriamiento:**  $v_{túnel} =$   
24 m/min

**Gravedad de la tierra:**  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

### 2.3 Cálculo y selección del tipo de banda transportadora.

De acuerdo a las dimensiones del producto se requiere una banda con paso pequeño y que no tengan aberturas para evitar atascamientos, por lo que se selecciona la banda serie 1000 Flat top de 8" de ancho para los transportadores T1, T2 y del detector de metales, y la banda serie 1000 Flat top de 12" de ancho para el transportador T3, todas las bandas por el rango de temperatura de trabajo se selecciona en Acetal [3].

Para determinar si la banda seleccionada es la correcta, se calcula primero la resistencia permitida de la banda [2].

$$ABS = BS * T * S \quad [3] \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde:

ABS: Resistencia permitida de la banda [kg/m]



BS: Resistencia de la banda [kg/m]

T: Factor de temperatura

S: Factor de resistencia

La resistencia de una banda de acetal es 2232 kg/m de acuerdo a la Tabla 7.

**TABLA 7**  
**DATOS DE LA BANDA [3]**

Material de la banda	Material de las varillas estándar Ø 0,18 pulg. (4,6 mm)	BS		Resistencia de la banda		Rango de temperatura (continuo)		P		Peso de la banda	
		lb/pie	kg/m	°F	°C	lb/pie <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>				
Acetal	Polipropileno	1500	2232	34 a 200	1 a 93	1,55	7,57				
Polipropileno	Polipropileno	1000	1490	34 a 220	1 a 104	1,07	5,22				
Polietileno	Polietileno	600	893	-50 a 150	-46 a 66	1,11	5,42				
Nilón HR	Nilón	1000	1490	-50 a 240	-46 a 116	1,31	6,43				

De acuerdo a la figura 2.3, para una temperatura de trabajo máxima de 60°C, el factor de temperatura T es 0.95.

Para obtener el factor de resistencia S primero se requiere calcular la velocidad de cada una de las bandas aplicando la ecuación de movimiento unidimensional [1].

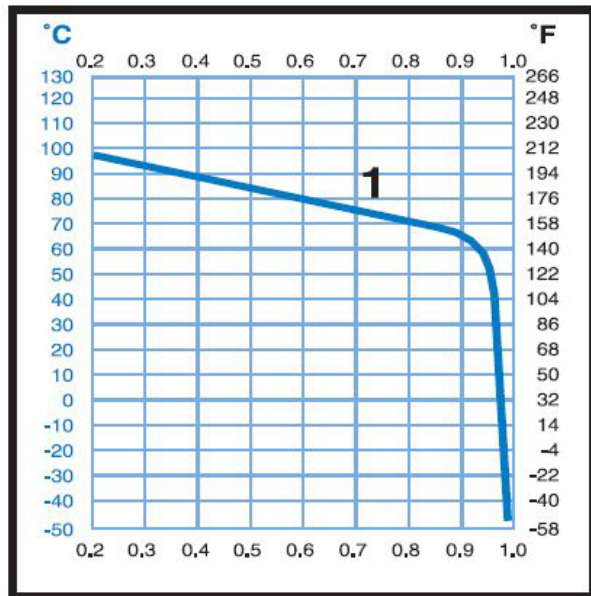


FIGURA 2.3 GRÁFICA PARA EL FACTOR DE TEMPERATURA T  
EN ACETAL [3]

$$v_{T1} = \frac{L_S + e_s}{t_s}$$

Ecuación 2.2

$$v_{T1} = \frac{0.125 \text{ m} + 0.2 \text{ m}}{0.54 \text{ s}}$$

$$v_{T1} = 0.6 \text{ m/s}$$

$$v_{T1} = 36.11 \text{ m/min}$$

$$v_{T2} = \frac{A_S + e_s}{t_2}$$

Ecuación 2.3

Donde:

$t_2$ : Tiempo en que se desplaza el producto sobre el transportador

T2

El valor de  $t_2$  se lo calcula con ayuda de la ecuación 2.4.

$$t_2 = t_s - t_h \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Donde:

$t_h$ : Tiempo en que cae el producto desde la salida del detector de metales hasta la superficie de la banda del transportador T2

De la ecuación 2.5, considerando una velocidad inicial  $v_0$  igual a cero, se despeja el tiempo  $t_h$ .

$$h_s - h_t = v_0 * t_h + \frac{1}{2} * g * t_h^2 \quad [1] \quad \text{Ecuación 2.5}$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2 * (h_s - h_t)}{g}}$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2 * (1 \text{ m} - 0.95 \text{ m})}{9.81 \text{ m/s}^2}}$$

$$t_h = 0.1 \text{ s}$$

Así se procede a calcular  $t_2$  y  $v_{T2}$ .

$$t_2 = 0.54 \text{ s} - 0.1 \text{ s}$$

$$t_2 = 0.44 \text{ s}$$

$$v_{T2} = \frac{0.05 \text{ m} + 0.2 \text{ m}}{0.44 \text{ s}}$$

$$v_{T2} = 0.57 \text{ m/s}$$

$$v_{T2} = 34.1 \text{ m/min}$$

$$v_{T3} = \frac{L_s + e_s}{4 * t_3}$$

Ecuación 2.6

Donde:

$t_3$ : Tiempo en que se desplaza un producto un distancia (e) de 200 mm sobre el transportador T2

El valor de  $t_3$  se lo calcula con ayuda de la ecuación 2.7.

$$t_3 = \frac{e}{v_{T2}} \quad \text{Ecuación 2.7}$$

$$t_3 = \frac{0.2 \text{ m}}{0.57 \text{ m/s}}$$

$$t_3 = 0.35 \text{ s}$$

De esta manera la velocidad de la banda del transportador T3 es:

$$v_{T3} = \frac{0.125 \text{ m} + 0.2 \text{ m}}{4 * 0.35 \text{ m/s}}$$

$$v_{T3} = 0.23 \text{ m/s}$$

$$v_{T3} = 14 \text{ m/min}$$

Ahora con estos valores se tiene la relación velocidad de la banda/longitud del eje para:

$$\frac{V_{T1}}{L_{eje T1}} = \frac{36.11 \text{ m/min}}{0.345 \text{ m}}$$

$$\frac{V_{T1}}{L_{eje T1}} = 105$$

$$\frac{V_{T2}}{L_{eje T2}} = \frac{34.1 \text{ m/min}}{0.345 \text{ m}}$$

$$\frac{V_{T2}}{L_{eje T2}} = 99$$

$$\frac{V_{T3}}{L_{eje T3}} = \frac{14 \text{ m/min}}{0.5 \text{ m}}$$

$$\frac{V_{T3}}{L_{eje T3}} = 28$$

Tomando en cuenta que la longitud de los ejes del transportador T1 y T2 es 0.345 m y del transportador T3 es 0.5 m, y los engranajes que se seleccionan son de 6 dientes, en la figura 2.4 se obtiene un factor de resistencia S de 0.2 para los transportadores T1, T2 y T3.

Así por medio de la ecuación 2.1 se obtiene el mismo valor de ABS para todos los transportadores.

$$ABS = 2232 \text{ kg/m} * 0.95 * 0.2$$

$$ABS = 424.08 \text{ kg/m}$$

Ahora se requiere calcular la tracción ajustada de la banda ABP con ayuda de la siguiente ecuación.

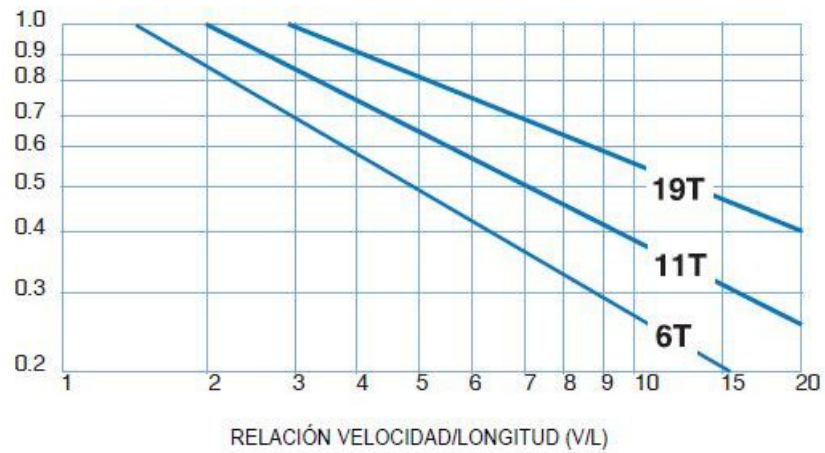


FIGURA 2.4 GRÁFICA PARA EL FACTOR DE RESISTENCIA S [3]

$$ABP = BP * SF \quad [3] \quad \text{Ecuación 2.8}$$

En donde:

BP: Tracción de la banda [kg/m]

SF: Factor de servicio

La tracción de la banda BP se la calcula con la ecuación 2.9.

$$BP = [(M + 2W) * F_W + M_p] * L + (M * H) \quad [3] \quad \text{Ecuación 2.9}$$

Donde:

M: Carga del producto [kg/m<sup>2</sup>]

W: Peso de la banda [kg/m<sup>2</sup>]

F<sub>w</sub>: Coeficiente de fricción entre la guía de desgaste y la banda

M<sub>p</sub>: Carga por acumulación del producto [kg/m<sup>2</sup>]

L: Longitud del transportador [m]

H: Cambio de altura del transportador [m]

La carga del producto M se la determina con la siguiente ecuación:

$$M = \frac{P_s}{L_s * A_s} \quad \text{Ecuación 2.10}$$

$$M = \frac{0.085 \text{ kg}}{0.125 \text{ m} * 0.05 \text{ m}}$$

$$M = 13.6 \text{ kg/m}^2$$



El peso de la banda  $W$  para acetal es  $7.57 \text{ kg/m}^2$  según se indica en la tabla 2.

El coeficiente de fricción entre la banda de acetal y guías de desgaste de UHMW es de 0.1 de acuerdo a la figura 2.4.

La carga por acumulación del producto se lo calcula con la ecuación 2.11.

$$M_p = M * F_p * \frac{\% \text{ acumulación en la banda}}{100\%} \quad [3] \quad \text{Ecuación 2.11}$$

Donde:

$F_p$ : Coeficiente de fricción entre el producto y la banda

De acuerdo a la tabla 8, el coeficiente de fricción entre la banda de acetal y cartón, por ser similar al embalaje del producto, es de 0.18.

Considerando un 100% de acumulación de producto en la banda se tiene que la carga por acumulación de producto es:

**TABLA 8**  
**FACTORES DE FRICCIÓN DE LA BANDA [3]**

Factores de fricción <sup>a</sup>	F <sub>w</sub> Fricción entre la guía de desgaste y la banda Material de la guía de desgaste				F <sub>p</sub> Fricción entre el producto y la banda Material del producto (en condiciones de acumulación) <sup>b</sup>				
	UHMW HÚMEDO (SECO)	HDPE HÚMEDO (SECO)	NIATRÓN HÚMEDO (SECO)	ACERO (S) (SS) HÚMEDO (SECO)	VIDRIO HÚMEDO (SECO)	ACERO HÚMEDO (SECO)	PLASTICO HÚMEDO (SECO)	CARTÓN HÚMEDO (SECO)	ALUMINO HÚMEDO (SECO)
Polipropileno (S)	0,11 (0,13)	0,39 (0,11)	0,24 (0,25)	0,28 (0,28)	0,13 (0,19)	0,26 (0,32)	0,11 (0,17)	— (0,21)	0,40 (0,40)
Polipropileno (A)	NR	NR	0,29 (0,30)	0,31 (0,31)	0,13 (0,19)	0,26 (0,32)	0,11 (0,17)	— (0,21)	0,40 (0,40)
PP complejo (S)	0,30 (0,35)	—	—	0,31 (0,37)	0,24 (0,23)	0,36 (0,32)	0,17 (0,21)	—	0,55 (0,45)
Poliétileno <sup>c</sup> (S)	0,24 (0,22)	NR	0,14 (0,19)	0,14 (0,15)	0,08 (0,08)	0,10 (0,13)	0,06 (0,08)	— (0,15)	0,20 (0,24)
PP cerámico	0,24 (0,27)	NR	0,28 (0,29)	0,28 (0,30)	0,13 (0,20)	0,26 (0,30)	0,25 (0,29)	— (0,37)	0,40 (0,40)
Nílon colectable (S)	— (0,19)	— (0,11)	— (0,24)	— (0,31)	—	—	—	— (0,22)	— (0,31)
Máx. temp. (A)	— (0,32)	— (0,22)	— (0,38)	— (0,30)	—	—	—	— (0,22)	— (0,31)
Acetal (S)	0,10 (0,10)	0,29 (0,08)	0,13 (0,19)	0,18 (0,19)	0,13 (0,14)	0,13 (0,13)	0,13 (0,16)	— (0,18)	0,33 (0,27)
Acetal EC (S)	0,10 (0,10)	0,29 (0,08)	0,13 (0,19)	0,18 (0,19)	0,13 (0,14)	0,19 (0,20)	0,13 (0,16)	— (0,18)	0,33 (0,27)
FR-TFES (S)	— (0,13)	—	—	—	—	— (0,18)	—	—	— (0,30)
Nílon HR (S)	— (0,18)	— (0,13)	— (0,17)	— (0,27)	— (0,16)	— (0,27)	— (0,16)	— (0,19)	— (0,26)
72 °F (22 °C) (A)	— (0,30)	— (0,25)	— (0,28)	— (0,29)	— (0,16)	— (0,27)	— (0,16)	— (0,19)	— (0,26)
Nílon HR (S)	NR	NR	— (0,18)	— (0,27)	— (0,15)	— (0,27)	— (0,17)	— (0,23)	— (0,25)
Máx. temp. (A)	NR	NR	— (0,24)	— (0,31)	—	—	—	— (0,22)	— (0,31)
Nílon AR (S)	— (0,19)	— (0,11)	— (0,24)	— (0,31)	—	—	—	— (0,22)	— (0,31)
Máx. temp. (A)	— (0,32)	— (0,22)	— (0,38)	— (0,30)	—	—	—	— (0,22)	— (0,31)
PP resistente a rayos UV	0,11 (0,13)	0,39 (0,11)	0,24 (0,25)	0,28 (0,28)	0,13 (0,19)	0,26 (0,32)	0,11 (0,17)	— (0,21)	0,40 (0,40)
P/DF	—	—	—	0,20 (0,20)	—	0,20 (0,20)	—	—	0,15 (0,15)
Alto impacto	0,23 (0,21)	—	—	0,31 (0,33)	—	— (0,64)	—	—	—
Easy Release PLUS (S)	0,11 (0,13)	0,39 (0,11)	0,24 (0,25)	0,26 (0,28)	—	—	—	—	—
(SELM) (S)	— (0,18)	— (0,11)	— (0,24)	— (0,31)	—	—	—	— (0,22)	— (0,31)
(A)	— (0,32)	— (0,22)	— (0,38)	— (0,30)	—	—	—	— (0,22)	— (0,31)

(S) = en superficies lisas y limpias. (A) = condiciones abrasivas y sucias. NR = no se recomienda.

$$M_p = 13.6 \text{ kg/m}^2 * 0.18 * 1$$

$$M_p = 2.45 \text{ kg/m}^2$$

Con estos valores, tomando en cuenta que cada transportador se mantiene horizontal, y por medio de la ecuación 2.9 se obtiene que la tracción de la banda BP en cada transportador es:

$$BP_{T1} = 8 \text{ kg/m}$$

$$BP_{T2} = 6.92 \text{ kg/m}$$

$$BP_{T3} = 13.31 \text{ kg/m}$$

Se selecciona un factor de servicio de 1.4 considerando arranques frecuentes bajo carga y con velocidades de banda mayores a 30 m/min, según se observa en la Tabla 9.

Una vez obtenido todos los valores y con ayuda de la ecuación 2.8 se tiene como resultado que la tracción de la banda ajustada ABP en cada transportador es:

$$ABP_{T1} = 8 \text{ kg/m} * 1.4$$

**TABLA 9**  
**FACTOR DE SERVICIO DE LA BANDA [3]**

(SF) FACTOR DE SERVICIO		
Arranques sin carga, con carga aplicada gradualmente.		1,0
Arranques frecuentes bajo carga (más de una vez por hora)	AGREGAR 0,2	_____
A velocidades mayores de 100 FPM (pies por minuto) (30 metros/min)	AGREGAR 0,2	_____
Transportadores ascendentes	AGREGAR 0,4	_____
Transportadores por empuje	AGREGAR 0,2	_____
	TOTAL	_____
<p><b>Nota:</b> Para velocidades superiores a los 50 pies/min (15 m/min) en transportadores que arrancan con acumulación de producto, se recomienda usar motores de arranque suave.</p>		

$$ABP_{T1} = 11.2 \text{ kg/m}$$

$$ABP_{T2} = 6.92 \text{ kg/m} * 1.4$$

$$ABP_{T2} = 9.7 \text{ kg/m}$$

$$ABP_{T3} = 13.31 \text{ kg/m} * 1.4$$

$$ABP_{T3} = 18.6 \text{ kg/m}$$

Debido a que ABS es mayor a ABP en todos los transportadores, el material de la banda es adecuado para la aplicación [3].

#### 2.4 Cálculo y selección del sistema motriz.

La cantidad de engranajes en el eje motriz y conducido, y los soportes necesarios en cada transportador se indican en la tabla 10 de acuerdo al ancho de banda, que para este caso son 2 engranajes por eje y 3 guías de desgaste en el recorrido de ida para los transportadores T1 y T2, y 3 engranajes por eje y 3 guías de desgaste en el recorrido de ida para el transportador T3.

Para determinar la separación máxima de los engranajes, primero se requiere calcular el porcentaje de resistencia permitida de la banda ABSU con ayuda de la ecuación 2.12.

$$ABSU = \left( \frac{ABP}{ABS} \right) * 100\% \quad [3] \quad \text{Ecuación 2.12}$$

$$ABSU_{T1} = \left( \frac{11.2 \text{ kg/m}}{424.08 \text{ kg/m}} \right) * 100\%$$

$$ABSU_{T1} = 2.64\%$$

**TABLA 10**  
**CANTIDAD DE ENGRANAJES Y SOPORTES [3]**

Ancho de la banda <sup>a</sup>		Número mínimo de engranajes por eje <sup>b</sup>	Guías de desgaste	
pulg.	mm		Recorrido de ida	Retorno
3	76	2	2	2
4	102	2	2	2
6	152	2	2	2
7	178	2	3	2
8	203	2	3	2
10	254	2	3	2
12	305	3	3	2
14	356	3	4	3
15	381	3	4	3
18	457	3	4	3
24	610	5	5	3
30	762	5	6	4
36	914	7	7	4
42	1067	7	8	5
48	1219	9	9	5
54	1372	9	10	6
60	1524	11	11	6
72	1829	13	13	7
84	2134	15	15	8
96	2438	17	17	9
120	3048	21	21	11
144	3658	25	25	13
Para otros anchos, use un número impar de engranajes <sup>c</sup> con un espaciado máximo de 6 pulg. (152 mm) de CL			Espaciado máximo de 6 pulg. (152 mm) de CL	Espaciado máximo de 12 pulg. (305 mm) de CL

$$ABSU_{T2} = \left( \frac{9.7 \text{ kg/m}}{424.08 \text{ kg/m}} \right) * 100\%$$

$$ABSU_{T2} = 2.29\%$$

$$ABSU_{T3} = \left( \frac{18.6 \text{ kg/m}}{424.08 \text{ kg/m}} \right) * 100\%$$

$$ABSU_{T3} = 4.39\%$$

De acuerdo a la figura 2.5 para engranajes de 16 dientes, se obtiene que la separación máxima de los engranajes en todos los transportadores es de 102 mm.

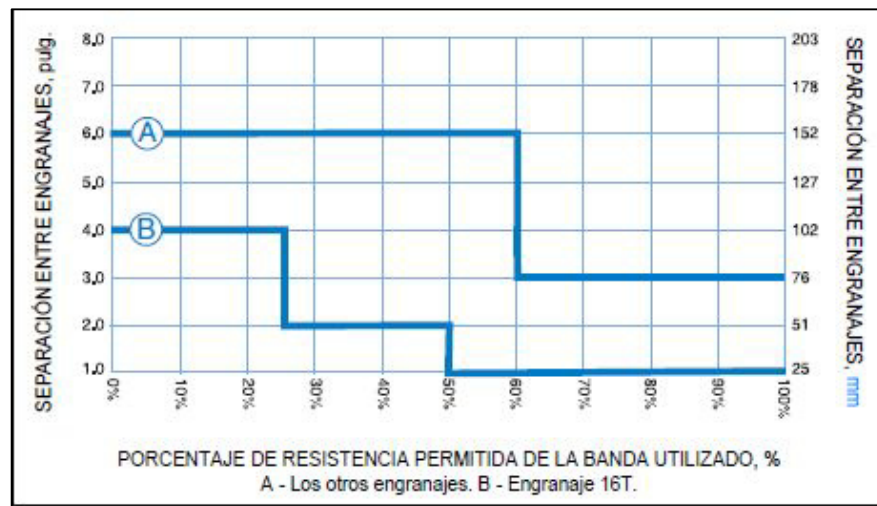


FIGURA 2.5 SEPARACIÓN MÁXIMA DE LOS ENGRANAJES [3]

A continuación se requiere confirmar la resistencia del eje motriz calculando la deflexión D con la ecuación 2.13.

$$D = \frac{5 \cdot w \cdot l_s^3}{384 \cdot E \cdot I} \quad [3] \quad \text{Ecuación 2.13}$$

Donde:

w: Carga total del eje [kg]

$l_s$ : Largo del eje entre cojinetes [mm]

E: Módulo de elasticidad [kg/mm<sup>2</sup>]

I: Momento de inercia [mm<sup>2</sup>]

La carga total del eje se la determina con la siguiente ecuación:

$$w = (ABP + Q) \cdot B \quad [3] \quad \text{Ecuación 2.14}$$

Donde:

Q: Peso del eje [kg/m]

B: Ancho de la banda [m]



De acuerdo a la tabla 11 para un eje cuadrado de acero inoxidable de sección de 40 mm se obtiene:

$$Q = 12.55 \text{ kg/m}$$

$$E = 19700 \text{ kg/mm}^2$$

$$I = 213300 \text{ mm}^4$$

Así la carga total del eje en cada transportador es:

$$w_{T1} = (11.2 \text{ kg/m} + 12.55 \text{ kg/m}) * 0.2032 \text{ m}$$

$$w_{T1} = 4.83 \text{ kg}$$

$$w_{T2} = (9.7 \text{ kg/m} + 12.55 \text{ kg/m}) * 0.2032 \text{ m}$$

$$w_{T2} = 4.52 \text{ kg}$$

$$w_{T3} = (18.6 \text{ kg/m} + 12.55 \text{ kg/m}) * 0.3048 \text{ m}$$

$$w_{T3} = 9.5 \text{ kg}$$

Considerando que la longitud del eje entre cojinetes,  $d$ , es de 199 mm para los transportadores T1 y T2, y 352 mm para el transportador T3, la deflexión del eje motriz es:

**TABLA 11**  
**DATOS DEL EJE [3]**

EJE B DATOS	(Q) PESO DEL EJE, lb/pie (kg/m)			I MOMENTO DE INERCI pulg. <sup>4</sup> (mm <sup>4</sup> )
	ALUMINIO	ACERO AL CARBONO	Los engranajes bipartidos de ACERO INOXIDABLE	
TAMAÑO				
5/8 PULG. CUADRADAS	0,46	1,33 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	0,013
1 PULG. CUADRADA	1,17 <sup>a</sup>	3,40 <sup>a</sup>	3,40 <sup>a</sup>	0,083
1,5 PULG. CUADRADAS	2,64 <sup>a</sup>	7,65 <sup>a</sup>	7,65 <sup>a</sup>	0,42
2,5 PULG. CUADRADAS	7,34	21,25 <sup>a</sup>	21,25 <sup>a</sup>	3,25
3,5 PULG. CUADRADAS	14,39	41,60 <sup>a</sup>	41,60	12,50
25 mm CUADRADOS	(1,699)	(4,920) <sup>b</sup>	(4,920) <sup>b</sup>	(32,550)
40 mm CUADRADOS	(4,335)	(12,55) <sup>b</sup>	(12,55) <sup>b</sup>	(213,300)
60 mm CUADRADOS	(10,05)	(29,11) <sup>b</sup>	(29,11) <sup>b</sup>	(1,080,000)
65 mm CUADRADOS	(11,79)	(34,16) <sup>b</sup>	(34,16) <sup>b</sup>	(1,487,600)
E MÓDULO DE ELASTICIDAD libras/pulg. <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	10,000,000 (7000)	30,000,000 (21,100)	28,000,000 (19,700)	

$$D_{T1} = \frac{5 * 4.83 \text{ kg} * (199 \text{ mm})^3}{384 * 19700 \text{ kg/mm}^2 * 213300 \text{ mm}^4}$$

$$D_{T1} = 11.79 * 10^{-5} \text{ mm}$$

$$D_{T2} = \frac{5 * 4.52 \text{ kg} * (199 \text{ mm})^3}{384 * 19700 \text{ kg/mm}^2 * 213300 \text{ mm}^4}$$

$$D_{T2} = 11.04 * 10^{-5} \text{ mm}$$

$$D_{T3} = \frac{5 * 9.5 \text{ kg} * (352 \text{ mm})^3}{384 * 19700 \text{ kg/mm}^2 * 213300 \text{ mm}^4}$$

$$D_{T3} = 128.39 * 10^{-5} \text{ mm}$$

Debido a que para un transportador estándar la deflexión máxima del eje es de 2.5 mm [3], y la deflexión del eje calculada en cada transportador es mucho menor a 2.5 mm, los ejes soportan sin problema la carga.

A continuación se procede a calcular la potencia del motor.

$$P_{motor} = \frac{P_{banda}}{100\% - \%Pérdidas} * 100\% \quad [3] \quad \text{Ecuación 2.15}$$

Donde:

$P_{banda}$ : Potencia necesaria para accionar la banda [w]

% Pérdidas: Porcentaje de pérdidas mecánicas [%]

La potencia necesaria para accionar la banda se la determina con la siguiente ecuación:

$$P_{banda} = \frac{ABP * B * v}{6.12} [3] \quad \text{Ecuación 2.16}$$

$$P_{banda T1} = \frac{11.2 \text{ kg/m} * 0.2032 \text{ m} * 36.11 \text{ m/min}}{6.12}$$

$$P_{banda T1} = 13.43 \text{ w}$$

$$P_{banda T2} = \frac{9.7 \text{ kg/m} * 0.2032 \text{ m} * 34.1 \text{ m/min}}{6.12}$$

$$P_{banda T2} = 11 \text{ w}$$

$$P_{banda T3} = \frac{18.6 \text{ kg/m} * 0.3048 \text{ m} * 14 \text{ m/min}}{6.12}$$

$$P_{banda T3} = 13 \text{ w}$$

El porcentaje de pérdidas se lo determina de acuerdo a la tabla 12, que para este caso se asume un 40% de pérdidas, obteniendo así la potencia que necesita el motor en cada uno de los transportadores.

**TABLA 12**  
**PÉRDIDAS DE EFICIENCIA MECÁNICA [3]**

ELEMENTOS DE MAQUINARIA	PROMEDIO DE PÉRDIDAS DE EFICIENCIA MECÁNICA
Cojinetes de manguito comunes	Del 2% al 5%
Rodamientos	1%
Reductores de engranajes:	
Engranajes helicoidales o rectos	
Reducción simple	2%
Reducción doble	4%
Reducción triple	5%
Engranajes de tornillo sin fin	
Reducción simple	5%
Reducción doble	Del 10% al 20%
Cadenas de rodillos	Del 3% al 5%
Bandas V	Del 2% al 4%
Sistemas de accionamiento hidráulico	(consulte al fabricante)

$$P_{motor} = \frac{P_{banda}}{100\% - \%Pérdidas} * 100\%$$

$$P_{motor T1} = \frac{13.43 w}{100\% - 40\%} * 100\%$$

$$P_{motor T1} = 22.38 w$$

$$P_{motor T2} = \frac{11 w}{100\% - 40\%} * 100\%$$

$$P_{motor T2} = 18.33 w$$

$$P_{motor T3} = \frac{13 \text{ w}}{100\% - 40\%} * 100\%$$

$$P_{motor T3} = 21.67 \text{ w}$$

La velocidad angular se la determina con la siguiente ecuación.

$$\omega = \frac{2*v}{PD} \quad \text{Ecuación 2.17}$$

Donde:

PD: Diámetro de paso del engranaje motriz

De acuerdo a la tabla 13 para un engranaje moldeado de 16 dientes, el diámetro de paso es de 79 mm, así que para cada transportador la velocidad angular es:

$$\omega_{T1} = \frac{2 * 36.11 \text{ m/min}}{0.079 \text{ m}}$$

$$\omega_{T1} = 914.18 \text{ rad/min}$$

$$\omega_{T1} = 145.5 \text{ RPM}$$

**TABLA 13**  
**DATOS PARA ENGRANAJES MOLDEADOS [3]**

Núm. de dientes (Acción poliédrica)	Diám. nom. de paso pulg.	Diám. nom. de paso mm	Diám. nom. externo pulg.	Diám. nom. externo mm	Ancho nom. del cubo pulg.	Ancho nom. del cubo mm	Dimensiones disponibles de agujeros			
							Unidades anglosajonas		Unidades métricas	
							pulg. redondas <sup>b</sup>	pulg. cuadradas	mm redondos <sup>b</sup>	mm cuadrados
16 (1,92%)	3,1 <sup>c</sup>	79 <sup>c</sup>	3,2	81	0,5	13		1,5		40
							1,0	25	1,0	
24 (0,88%)	4,8	117	4,8	121	1,0	25		1,5 2,5	30	40 60
32 (0,48%)	6,1	155	6,5	164	1,0	25		1,5		40

$$\omega_{T2} = \frac{2 * 34.1 \text{ m/min}}{0.079 \text{ m}}$$

$$\omega_{T2} = 863.29 \text{ rad/min}$$

$$\omega_{T2} = 137.4 \text{ RPM}$$

$$\omega_{T3} = \frac{2 * 14 \text{ m/min}}{0.079 \text{ m}}$$

$$\omega_{T3} = 354.43 \text{ rad/min}$$

$$\omega_{T3} = 56.41 \text{ RPM}$$

De la siguiente ecuación se despeja el torque y se procede a calcularlo.

$$P = \frac{\tau \cdot \omega}{9.55} \quad [4]$$

Ecuación 2.18

Donde:

$\tau$ : Torque necesario para accionar la banda

$$\tau = \frac{9.55 \cdot P}{\omega}$$

$$\tau_{T1} = \frac{9.55 \cdot P_{T1}}{\omega_{T1}}$$

$$\tau_{T1} = \frac{9.55 \cdot 22.38 \text{ w}}{145.5 \text{ RPM}}$$

$$\tau_{T1} = 1.47 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\tau_{T1} = 14.41 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\tau_{T2} = \frac{9.55 \cdot P_{T2}}{\omega_{T2}}$$

$$\tau_{T2} = \frac{9.55 \cdot 18.33 \text{ w}}{137.4 \text{ RPM}}$$

$$\tau_{T2} = 1.27 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\tau_{T2} = 12.5 \text{ kg} \cdot \text{m}$$



$$\tau_{T3} = \frac{9.55 * P_{T3}}{\omega_{T3}}$$

$$\tau_{T3} = \frac{9.55 * 21.67 \text{ w}}{56.41 \text{ RPM}}$$

$$\tau_{T3} = 3.67 \text{ N} * \text{m}$$

$$\tau_{T3} = 36 \text{ kg} * \text{m}$$

Debido a que en el mercado local es común encontrar motor reductores a partir de 0.55 kw, se selecciona para los transportadores T1 y T2 un motor reductor de 0.55 kw, 146 RPM de salida, ratio de 1/12, motor de 220V, 60 Hz, 3 fases; y para el transportador T3 un motor reductor de 0.75 kw, 58.3 RPM de salida, ratio de 1/30, motor de 220V, 60 Hz, 3 fases.

Una vez seleccionado los motores reductores, se procede a seleccionar las chumaceras para el eje motriz.

Para este caso se selecciona chumaceras sanitarias tipo brida de 4 agujeros para un eje de 30 mm de diámetro, en la marca System Plast, en donde el fabricante indica que para que sea adecuada la chumacera, la deflexión del eje debe ser menor a 2.5 mm, y como

en todos los transportadores este valor es mucho menor, no hay problema con usar este modelo de chumacera [2].

## 2.5 Diseño de la estructura del sistema transportador.

Para este caso los cálculos se realizan en la estructura del transportador T3 que es el de mayor dimensión y está sometido a una carga uniforme, según se indica en el diagrama de cuerpo libre, así se considera como una viga rectangular cada lado del transportador.

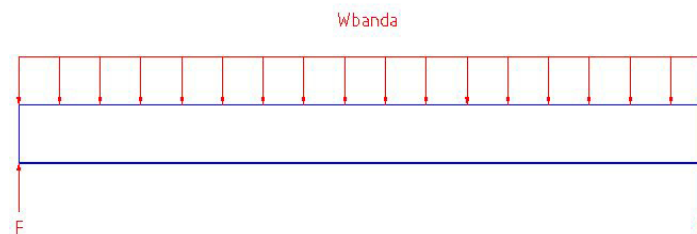


FIGURA 2.6 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE  
TRANSPORTADOR

Para determinar si cada lado de la viga resiste la carga se determina el factor de seguridad con la siguiente ecuación, considerando que está sometido a un esfuerzo cortante.

$$n = \frac{0.5 \cdot S_y}{\tau_{m\acute{a}x}} \quad [4] \quad \text{Ecuaci3n 2.20}$$

Donde:

$S_y$ : Resistencia de fluencia m3nima

$\tau_{m\acute{a}x}$ : Esfuerzo cortante m3ximo

Para el acero inoxidable el valor de  $S_y$  es  $242 \cdot 10^6$  Pa.

El esfuerzo cortante m3ximo se lo determina de la siguiente manera.

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{F}{A} \quad [4] \quad \text{Ecuaci3n 2.21}$$

Donde:

F: Fuerza que se ejerce sobre la viga

A: 3rea de la secci3n de la viga

Para una carga uniforme, la fuerza se calcula con la siguiente ecuaci3n:

$$F = \frac{w * L}{2} \quad [4] \quad \text{Ecuación 2.22}$$

$$F = \frac{182.47 N/m * 2.5 m}{2}$$

$$F = 228.09 N$$

Con ayuda del programa Autocad se determina que el área de la sección de la viga es 0.0007963 m<sup>2</sup>.

A continuación se calcula el esfuerzo cortante máximo y el factor de seguridad.

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{228.09 N}{0.0007963 m^2}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 286437 Pa$$

$$n = \frac{0.5 * 242 * 10^6 Pa}{286437 Pa}$$

$$n = 422$$

De acuerdo a este factor de seguridad, el transportador soporta sin problema la carga.

A continuación se procede a calcular el factor de seguridad de los pernos que unen las patas con la estructura del transportador tomando en cuenta que los pernos están sometidos a cortante puro.

$$\tau_{perno} = \frac{F_{perno}}{A_{perno}}$$

Donde:

$\tau_{perno}$ : Esfuerzo cortante en el perno

$F_{perno}$ : Fuerza aplicada a cada perno

$A_{perno}$ : Área de la sección transversal del perno

Para determinar la fuerza que se aplica a cada perno se considera los pesos de la estructura y del eje calculados por medio del autocad, y el peso del reductor suministrado por el fabricante.

*Peso de la estructura = 350 N*

*Peso del eje = 65.66 N*

*Peso del reductor = 147.15 N*

Así la fuerza aplicada a cada perno es:

$$F_{perno} = \frac{350 \text{ N} * 65.66 \text{ N} * 147.5 \text{ N}}{8}$$

$$F_{perno} = 70.35 \text{ N}$$

Para un perno M10 de acero inoxidable se considera un esfuerzo de fluencia de  $1100 * 10^6 \text{ Pa}$ , además el área transversal es:

$$A_{perno} = \frac{\pi * d^2}{4} \quad [4] \quad \text{Ecuación 2.23}$$

$$A_{perno} = \frac{\pi * (0.01 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_{perno} = 7.85 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

A continuación se determina el esfuerzo cortante máximo y el factor de seguridad de cada perno.

$$\tau_{perno} = \frac{70.35 \text{ N}}{7.85 * 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$\tau_{perno} = 896178 \text{ Pa}$$

$$n_{perno} = \frac{0.5 \cdot 1100 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{896178 \text{ Pa}}$$

$$n_{perno} = 617$$

Con este resultado se demuestra que los pernos soportan sin problema la carga.

## 2.6 Sistema de control.

El sistema de control consiste en un sensor capacitivo que detecta el paso de producto, un pistón neumático horizontal para empujar los helados del transportador T2 hacia el transportador T3, dos pistones neumáticos verticales que levantan la base con el pistón horizontal una vez que el vástago está totalmente extendido, y un controlador que recepta y envía las señales para operar cada uno de los elementos.

Este sistema puede operarse de modo manual y automático desde un panel de control.

En el modo manual se pueden operar independientemente el pistón horizontal, de los pistones verticales.

En el modo automático se puede seleccionar si se desea acumular 4 o 5 helados antes de ser enviados al transportador T3 y trabaja de la siguiente manera:

Los helados que ingresan al transportador T2 son detectados por el sensor capacitivo, el cual envía la señal al controlador que se encarga de realizar el conteo de los helados.

Una vez que el controlador cuente el cuarto o quinto helado, depende que se seleccionara, envía la señal a la electroválvula del pistón horizontal para empujar los helados hacia el transportador T3.

Luego que los helados son enviados al transportador T3, el controlador activa las electroválvulas de los pistones verticales para elevar la base del pistón horizontal y así este no interfiera con el paso del resto de los helados.

Una vez que los cilindros verticales están totalmente extendidos, el controlador primero hace que retorne el vástago del cilindro



horizontal, para luego contraer el vástago de los cilindros verticales, reiniciando así el conteo de los helados.

Por seguridad este sistema cuenta con un paro de emergencia que lo detiene en el caso que se presente algún problema.

Los planos del sistema de control se encuentran en los anexos.

## **2.7 Sistema eléctrico.**

El sistema eléctrico consiste en la alimentación de fuerza de los motores, sus elementos de protección y los variadores de frecuencia.

En este caso la alimentación de fuerza de cada transportador es 220V, 60 Hz, 3 fases.

El uso de un variador de frecuencia por cada motor es para poder regular la velocidad deseada en los transportadores y evitar arranques bruscos.

Los planos del sistema eléctrico de cada transportador se encuentran en los anexos.

## **2.8 Cronograma de construcción y montaje.**

Para realizar el cronograma de construcción y montaje, se toma en cuenta los tiempos de importación de equipos, los tiempos de pruebas en taller y los tiempos de pruebas en fábrica luego de instalar los equipos, teniendo así una duración aproximada de 3 meses para ejecutar el trabajo.

Para el caso de que los motores reductores y las bandas Intralox se los adquieran localmente, los tiempos disminuyen considerablemente.

El cronograma de construcción se presenta en los anexos.

# **CAPÍTULO 3**

## **3. ANÁLISIS DE COSTOS.**

En este capítulo se efectúa el análisis de costos de materiales, tabla 14; costos de mano de obra, tabla 15; y costos de equipos, tabla 16; necesarios para la construcción y montaje de los transportadores.

### **3.1 Costos de materiales.**

En la tabla 14 se indica el costo de los materiales necesarios para la construcción de la estructura de los transportadores.

**TABLA 14**  
**COSTOS DE MATERIALES**

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO (USD)</b>	<b>COSTO TOTAL (USD)</b>
Plancha de acero inoxidable AISI 304 de 1220x2440x3 mm	2	\$ 300,00	\$ 600,00
Plancha de acero inoxidable AISI 304 de 610x1220x6 mm	1	\$ 600,00	\$ 600,00
Eje cuadrado de acero inoxidable de 40 mm de sección y 550 mm de longitud	1	\$ 500,00	\$ 500,00
Eje cuadrado de acero inoxidable de 40 mm de sección y 400 mm de longitud	2	\$ 350,00	\$ 700,00
Tubo cuadrado de acero inoxidable de 1.5" de sección y 6 m de longitud	2	\$ 50,00	\$ 100,00
Guías de desgaste tipo presilla de UHMW metros	6	\$ 50,00	\$ 300,00
Guías de desgaste tipo presilla con soporte de UHMW metros	11	\$ 70,00	\$ 770,00
Perno de acero inoxidable M10x50mm	24	\$ 0,75	\$ 18,00
Patas regulables de acero inoxidable de 4" de base	12	\$ 50,00	\$ 600,00
Varilla de acero inoxidable de 5/8" de diámetro y 204 mm de longitud	18	\$ 15,00	\$ 270,00
Varilla de acero inoxidable de 5/8" de diámetro y 305 mm de longitud	11	\$ 20,00	\$ 220,00
Rodillos de transferencia de teflón de 30 mm de diámetro y 204 mm de longitud	4	\$ 30,00	\$ 120,00
Rodillos de transferencia de teflón de 30 mm de diámetro y 305 mm de longitud	2	\$ 50,00	\$ 100,00
Rodillo de retorno de teflón de 2" de diámetro y 204 mm de longitud	6	\$ 70,00	\$ 420,00
Rodillo de retorno de teflón de 2" de diámetro y 305 mm de longitud	4	\$ 85,00	\$ 340,00
Rodillos de carga de teflón de 4" de diámetro y 204 mm de longitud	4	\$ 120,00	\$ 480,00

Rodillos de carga de teflón de 4" de diámetro y 305 mm de longitud	2	\$ 140,00	\$ 280,00
Fungibles	1	\$ 400,00	\$ 400,00
<b>TOTAL</b>			\$ 6.818,00

### 3.2 Costos de mano de obra.

En el costo de mano de obra se considera tanto los trabajos en taller como los de instalación de los equipos en fábrica.

**TABLA 15**  
**COSTOS DE MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Construcción de transportador T1 y T2	2	\$ 300,00	\$ 600,00
Construcción de transportador T3	1	\$ 500,00	\$ 500,00
Construcción tableros eléctricos e instalación de elementos	4	\$ 300,00	\$ 1.200,00
Programación de controlador	1	\$ 600,00	\$ 600,00
Instalación mecánica de transportadores en fábrica	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Instalación eléctrica de transportadores en fábrica	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
Supervisión y dirección técnica	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
<b>TOTAL</b>			\$ 6.900,00

### 3.3 Costos de los equipos.

En la tabla 16 se muestra los costos de los equipos.

**TABLA 16**  
**COSTOS DE EQUIPOS**

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO (USD)</b>	<b>COSTO TOTAL (USD)</b>
Banda Intralox serie 1000 Flat top metros	13	\$ 100,00	\$ 1.300,00
Engranaje Intralox serie 1000 de 16 dientes para eje cuadrado de 40 mm de sección	7	\$ 30,00	\$ 210,00
Chumacera sanitaria de pared de 4 agujeros marca Sistem Plast para eje de 30 mm de diámetro	6	\$ 150,00	\$ 900,00
Motor reductor ortogonal Sumitomo de 0.55 kw, 220V, 60 Hz, 3 fases	2	\$ 1.500,00	\$ 3.000,00
Motor reductor ortogonal Sumitomo de 0.75 kw, 220V, 60 Hz, 3 fases	1	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00
Variador de frecuencia marca Danfoss para motor de 0.55 kw	2	\$ 400,00	\$ 800,00
Variador de frecuencia marca Danfoss para motor de 0.75 kw	1	\$ 600,00	\$ 600,00
Reles, guardamotores, pulsadores, sensor y otros elementos eléctricos	1	\$ 600,00	\$ 600,00
Controlador Siemens	1	\$ 500,00	\$ 500,00
Cilindro Festo DSNU 25-160 PPS-A	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Cilindro Festo DSNU 25-50 PPS-A	2	\$ 80,00	\$ 160,00
Elementos neumáticos	1	\$ 300,00	\$ 300,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 10.320,00</b>

### **3.4 Análisis de costos**

Según los resultados el costo total de materiales, equipos y mano de obra es de \$24038.00, en donde se incluye el costo de supervisión y dirección técnica, comparando este valor con un costo estimado de \$100000.00 por un robot estibador, se tiene un ahorro considerable.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Una vez efectuado el análisis de costos en el capítulo anterior se proceden con las conclusiones y recomendaciones.

### 4.1 Conclusiones.

1. De acuerdo al análisis de costos realizado en el capítulo anterior, el costo de la construcción e instalación del sistema de transportadores para helado sánduche es menor que al de una máquina importada, así es factible su construcción ya que se cuenta con todos los materiales, equipos y mano de obra capacitada para lograrlo.



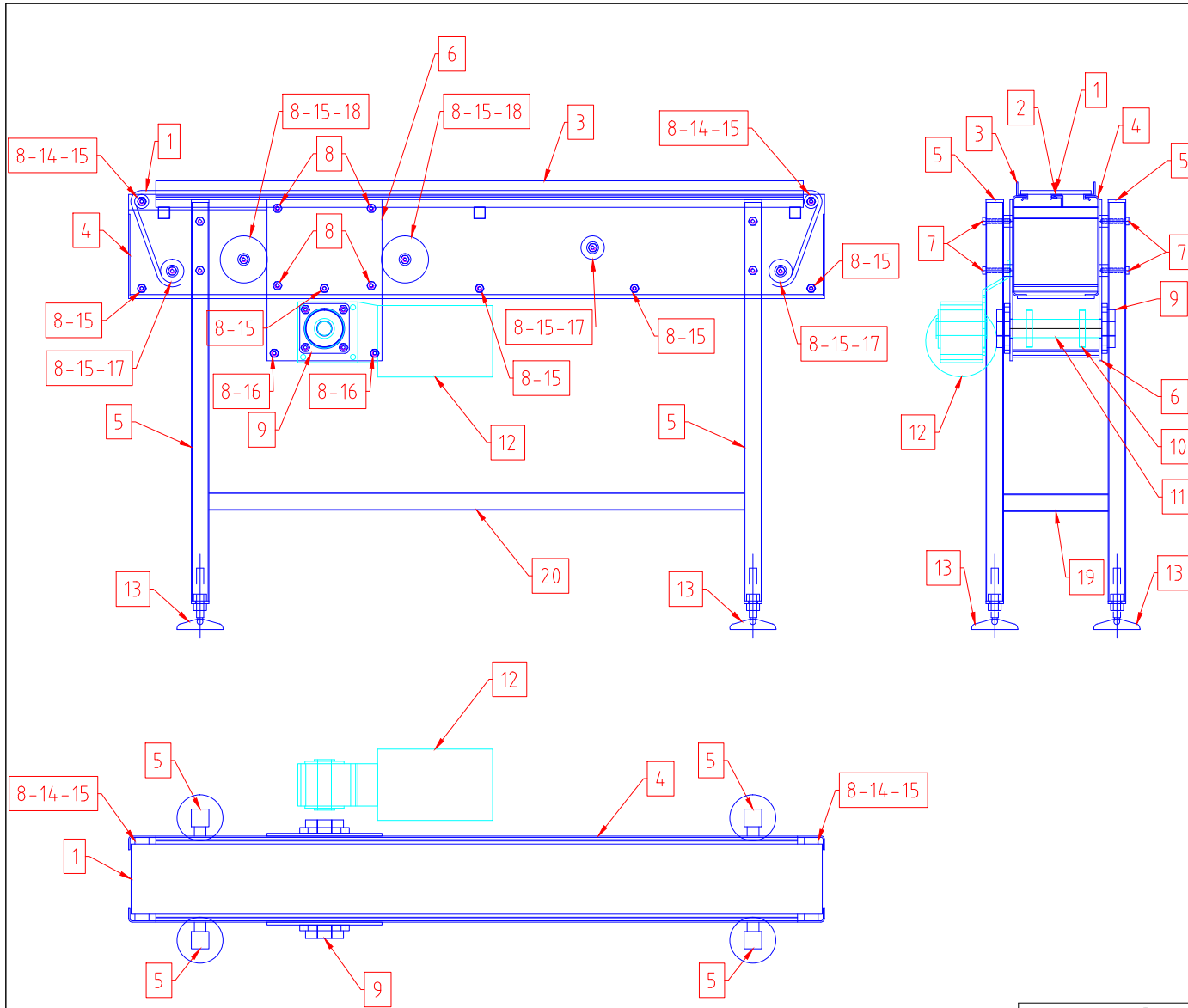
2. Además el área de construcción de maquinaria se ve beneficiado por realizar este trabajo ya que genera nuevas oportunidades de trabajo.
  
3. Con la implementación del sistema de transportadores se aumentó la productividad de la línea por persona, se mejoró el layout del área y se abarato los costos de producción, cumpliendo de esta manera con todos los objetivos propuestos.

#### **4.2 Recomendaciones.**

1. En lo posible tratar de usar materiales y equipos que estén disponibles en el mercado local para abaratar costos de fabricación y disminuir los tiempos de construcción de los equipos.
  
2. Realizar inspecciones periódicas de los equipos sobre todo a las piezas que están sometidas a desgaste como son las bandas y rodillos de transferencia.
  
3. Instalar guardas en todas las partes en movimiento de los equipos para evitar accidentes.

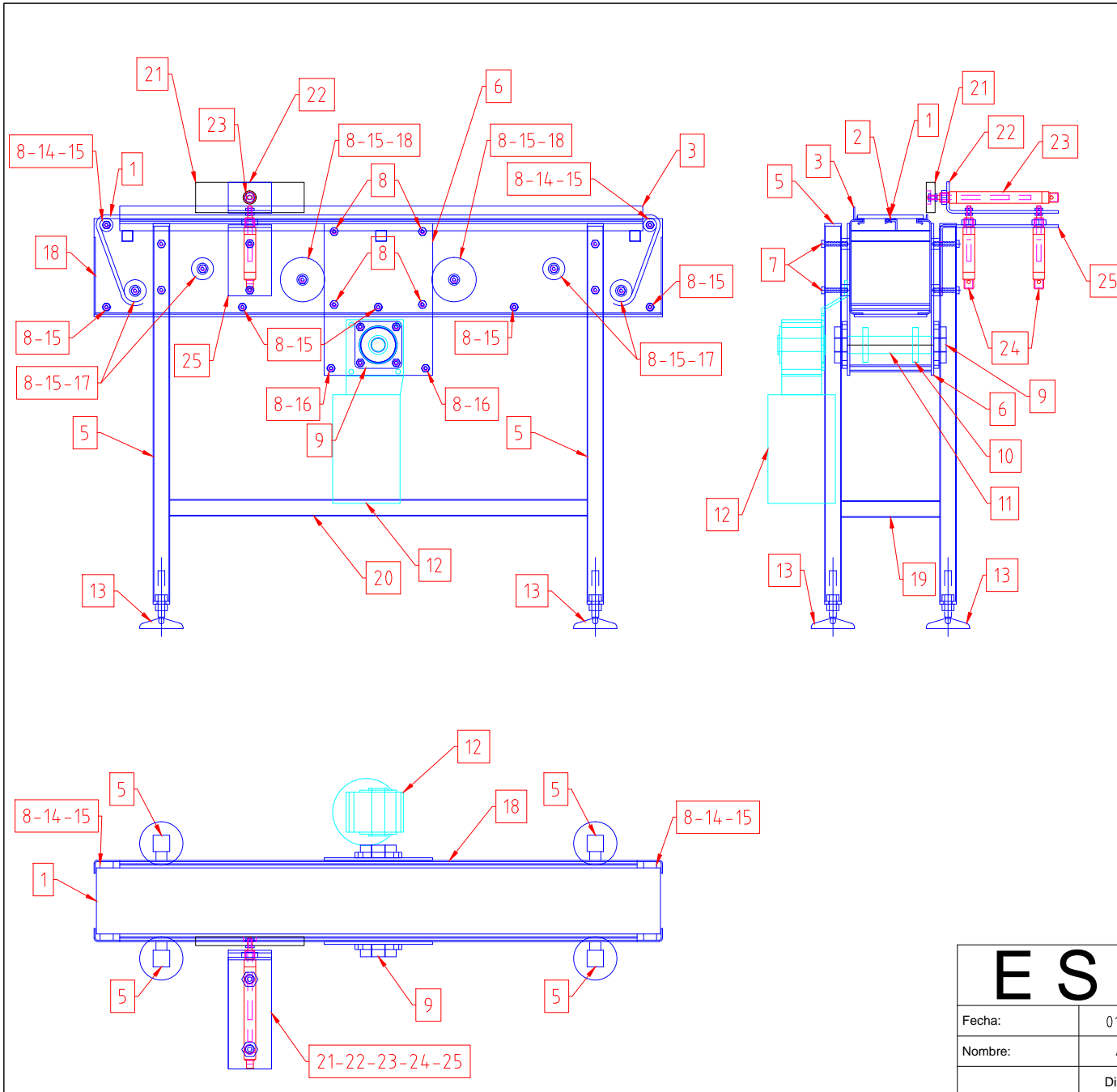
# APÉNDICES

# PLANOS



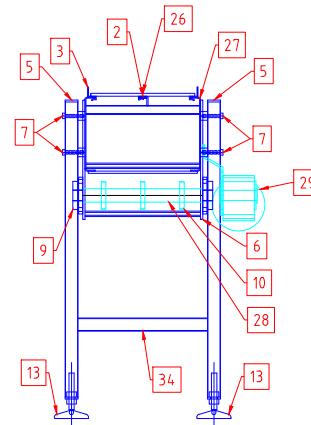
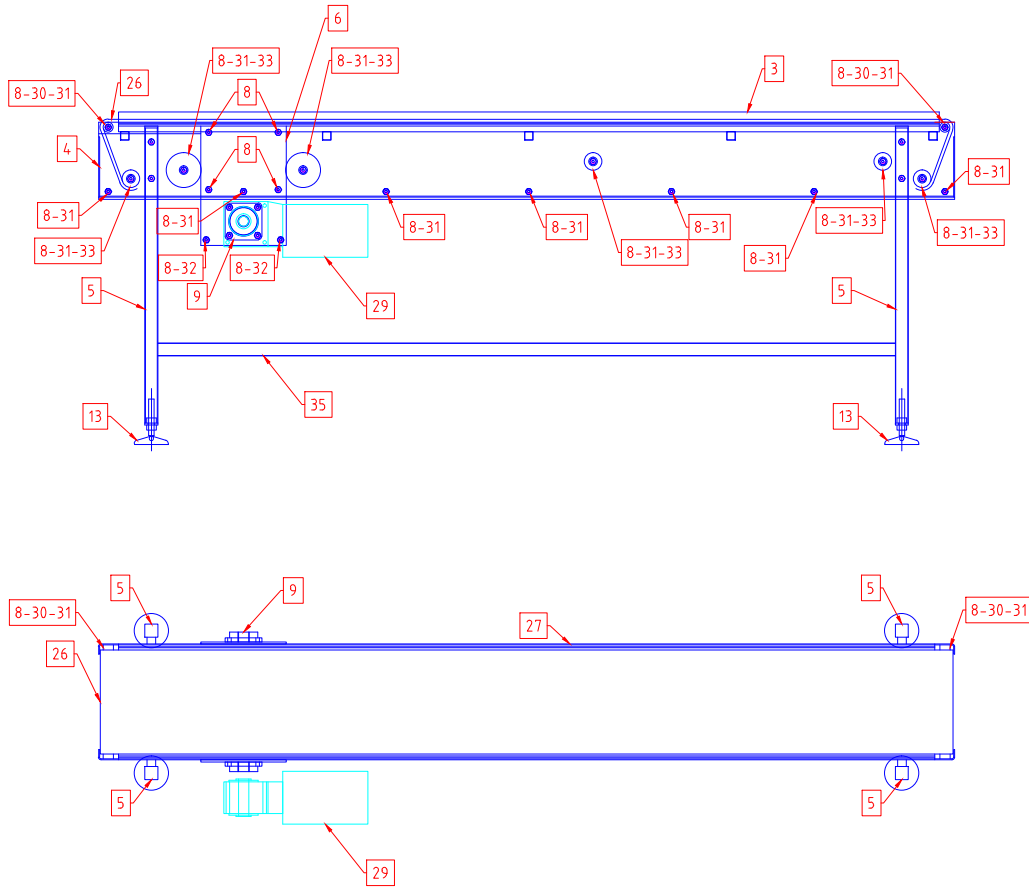
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Banda Intralox serie 1000 flat top de 8" de ancho	4 m
2	Guía de desgaste tipo presilla de UHMW	1.4 m
3	Guía de desgaste tipo presilla con soporte de UHMW	2.8 m
4	Estructura de acero inoxidable de transportador T1	1
5	Pata soporte de transportador	4
6	Placa soporte de sistema motriz	1
7	Perno M10 x 50 mm	8
8	Perno M10 x 25 mm	44
9	Chumacera System Plast UCFQ de cuatro agujeros para eje de Ø 30 mm	2
10	Engranaje serie 1000 de 16 dientes	2
11	Eje motriz de transportador T1	1
12	Motor reductor de 0.55 w	1
13	Base regulable de Ø4" de acero inoxidable	4
14	Rodillo de transferencia de acetil de Ø30 mm y 180 mm de longitud con agujero pasante de Ø16 mm	2
15	Varilla de acero inoxidable de Ø5/8" y 181 mm de longitud con rosca interna M10 de 25 mm de profundidad en ambos extremos	12
16	Varilla de acero inoxidable de Ø5/8" y 187 mm de longitud con rosca interna M10 de 25 mm de profundidad en ambos extremos	2
17	Rodillo de retorno de polietileno de Ø50 mm y 180 mm de longitud con agujero pasante de Ø16 mm	3
18	Rodillo de carga de polietileno de Ø100 mm y 180 mm de longitud con agujero passante de Ø16 mm	2
19	Tubo cuadrado de acero inoxidable de 1.5" de sección y 227.2 mm de longitud	2
20	Tubo cuadrado de acero inoxidable de 1.5" de sección y 1162 mm de longitud	2

<h1>ESPOL</h1>			Facultad: <b>FIMCP</b>	
			Carrera: <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema: Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título: Ensamble de transportador T1	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala: 1:14	Plano: 1



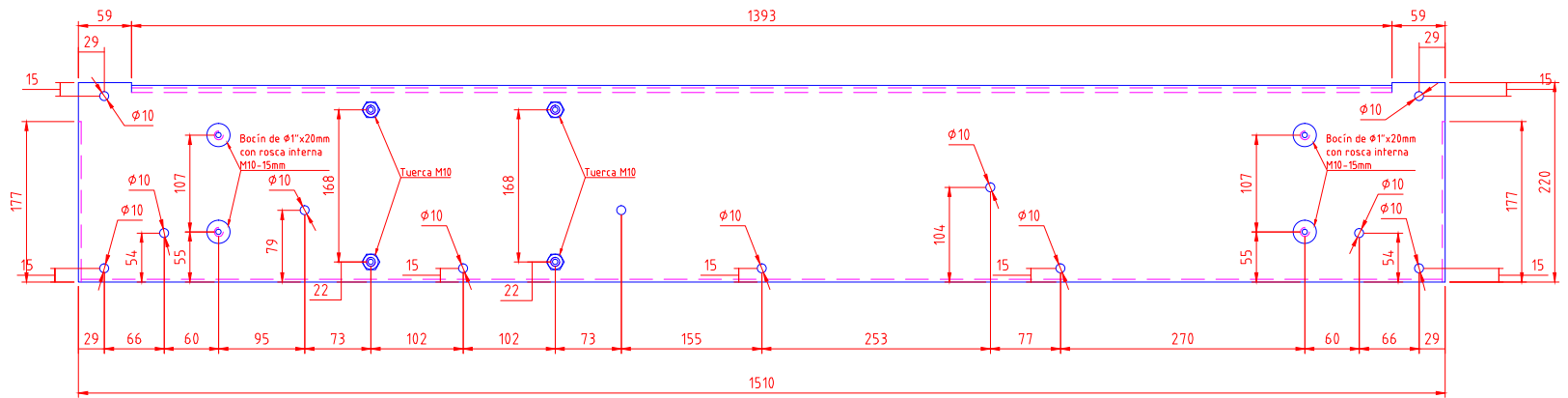
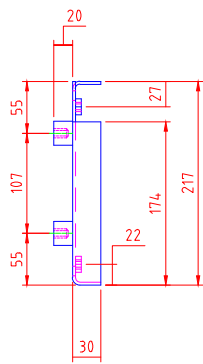
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Banda Intralox serie 1000 flat top de 8" de ancho	4 m
2	Guía de desgaste tipo presilla de UHMW	1.4 m
3	Guía de desgaste tipo presilla con soporte de UHMW	2.8 m
18	Estructura de acero inoxidable de transportador T2	1
5	Pata soporte de transportador	4
6	Placa soporte de sistema motriz	1
7	Perno M10 x 50 mm	8
8	Perno M10 x 25 mm	44
9	Chumacera System Plast UCFQ de cuatro agujeros para eje de Ø 30 mm	2
10	Engranaje serie 1000 de 16 dientes	2
11	Eje motriz de transportador T12	1
12	Motor reductor de 0.55 w	1
13	Base regulable de Ø4" de acero inoxidable	4
14	Rodillo de transferencia de acetil de Ø30 mm y 180 mm de longitud con agujero pasante de Ø16 mm	2
15	Varilla de acero inoxidable de Ø5/8" y 181 mm de longitud con rosca interna M10 de 25 mm de profundidad en ambos extremos	12
16	Varilla de acero inoxidable de Ø5/8" y 187 mm de longitud con rosca interna M10 de 25 mm de profundidad en ambos extremos	2
17	Rodillo de retorno de polietileno de Ø50 mm y 180 mm de longitud con agujero pasante de Ø16 mm	3
18	Rodillo de carga de polietileno de Ø100 mm y 180 mm de longitud con agujero pasante de Ø16 mm	2
19	Tubo cuadrado de acero inoxidable de 1.5" de sección y 227.2 mm de longitud	2
20	Tubo cuadrado de acero inoxidable de 1.5" de sección y 1162 mm de longitud	2
21	Placa de empujador de helados de acetil	1
22	Base de cilindro neumático horizontal	1
23	Cilindro neumático horizontal Festo DSNU-25-160-PPS-A	1
24	Cilindro neumático vertical Festo DSNU-25-50-PPS-A	2
25	Base de cilindros neumáticos verticales	1

<h1>ESPOL</h1>			Facultad: <b>FIMCP</b>	
			Carrera: <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema: Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título: Ensamble de transportador T2	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala: 1:14	Plano: 2



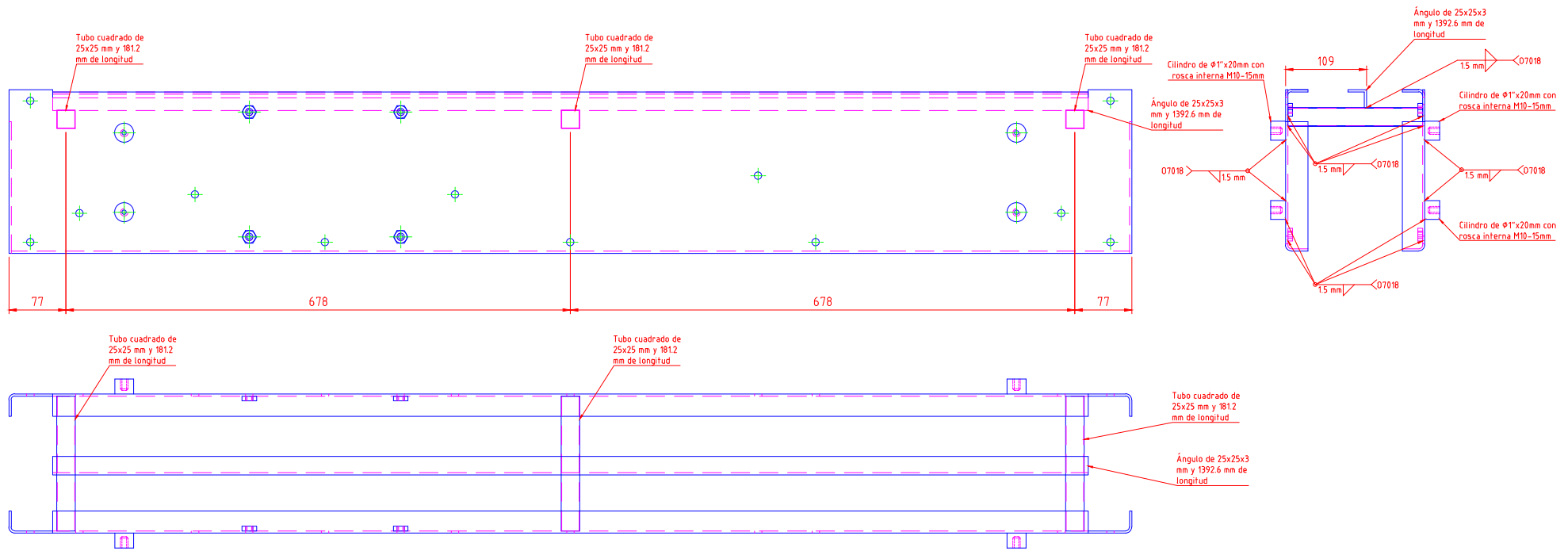
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
26	Banda Intralox serie 1000 flat top de 12" de ancho	6 m
2	Guía de desgaste tipo presilla de UHMW	2.5 m
3	Guía de desgaste tipo presilla con soporte de UHMW	5 m
27	Estructura de acero inoxidable de transportador T3	1
5	Pata soporte de transportador	4
6	Placa soporte de sistema motriz	1
7	Perno M10 x 50 mm	8
8	Perno M10 x 25 mm	50
9	Chumacera System Plast UCFQ de cuatro agujeros para eje de Ø 30 mm	2
10	Engranaje serie 1000 de 16 dientes	3
28	Eje motriz de transportador T3	1
29	Motor reductor de 0.75 w	1
13	Base regulable de Ø4" de acero inoxidable	4
30	Rodillo de transferencia de acetil de Ø30 mm y 333 mm de longitud con agujero pasante de Ø16 mm	2
31	Varilla de acero inoxidable de Ø5/8" y 333.6 mm de longitud con rosca interna M10 de 25 mm de profundidad en ambos extremos	15
32	Varilla de acero inoxidable de Ø5/8" y 339.6 mm de longitud con rosca interna M10 de 25 mm de profundidad en ambos extremos	2
33	Rodillo de retorno de polietileno de Ø50 mm y 333 mm de longitud con agujero pasante de Ø16 mm	4
33	Rodillo de carga de polietileno de Ø100 mm y 333 mm de longitud con agujero pasante de Ø16 mm	2
34	Tubo cuadrado de acero inoxidable de 1.5" de sección y 379.6 mm de longitud	2
35	Tubo cuadrado de acero inoxidable de 1.5" de sección y 2162 mm de longitud	2

<h1>ESPOL</h1>			Facultad: <b>FIMCP</b>	
			Carrera: <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema: Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título: Ensamble de transportador T3	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala: 1:22	Plano: 3



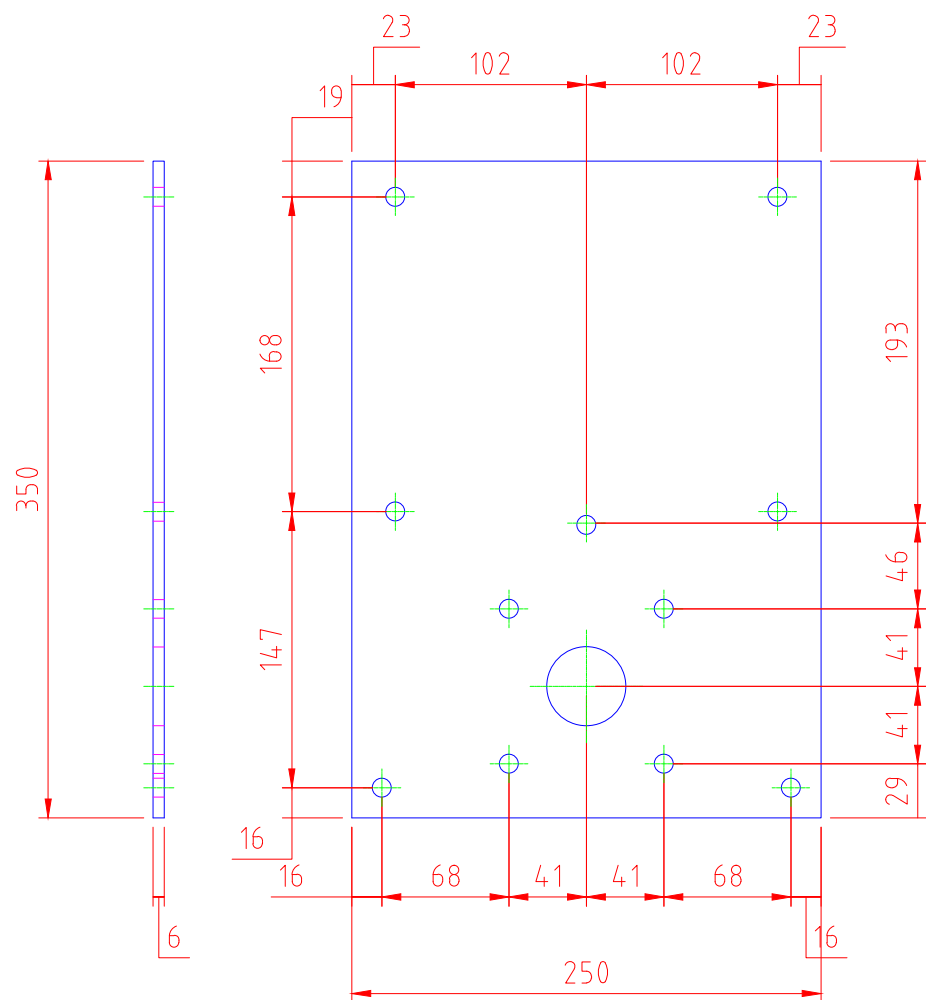
Placa de acero inoxidable AISI 304 de 3mm de espesor

<h1>ESPOL</h1>			Facultad: <b>FIMCP</b>	
			Carrera: <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema: Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título: Paredes de estructura de transportador T1	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala: 1:8	Plano: 4



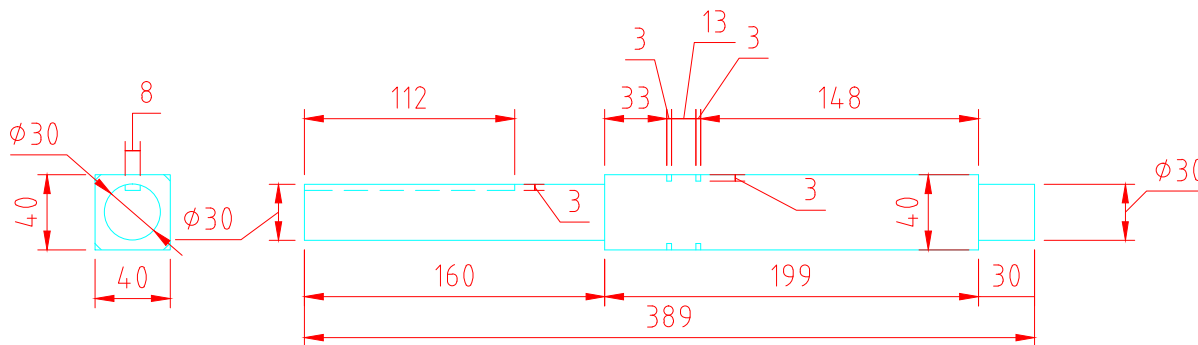
<h1>ESPOL</h1>			Facultad:	<b>FIMCP</b>	
			Carrera:	<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema:	Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título:	Ensamble de estructura de transportador T1	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala:	1:8	Plano: 5



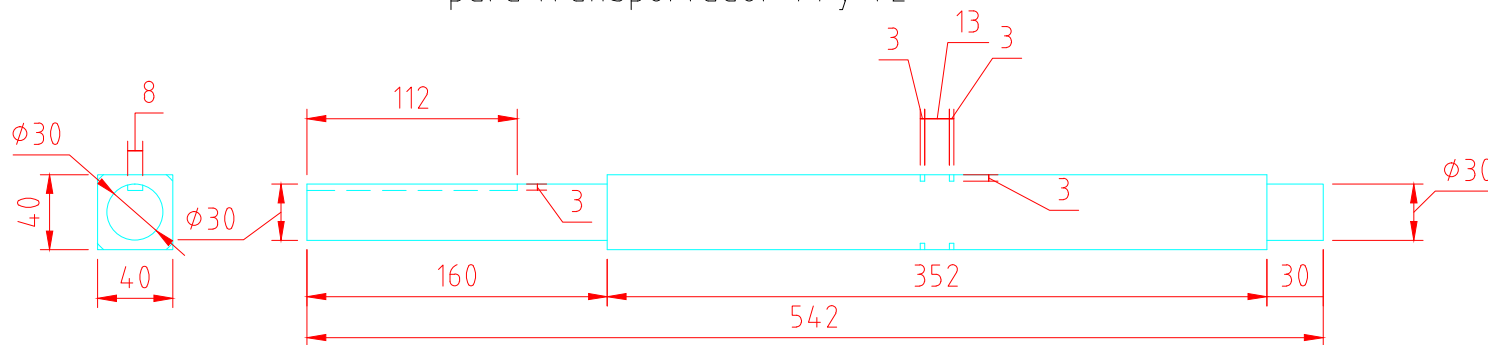


Placa de acero inoxidable  
AISI 304 de 6 mm de espesor

<b>ESPOL</b>			Facultad: <b>FIMCP</b>	
			Carrera: <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema: Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título: Placa soporte de sistema motriz	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala: 1:4	Plano: 6

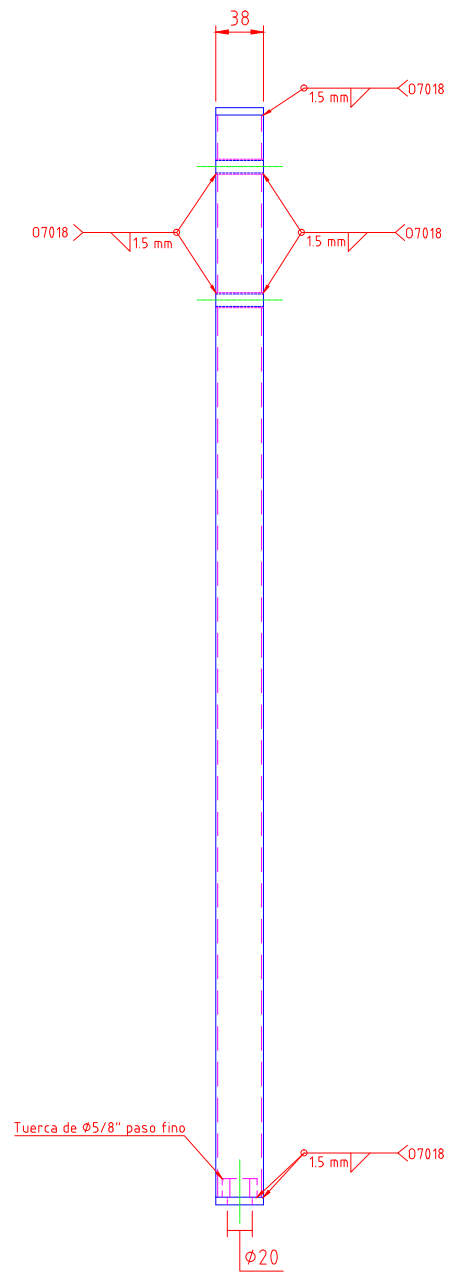
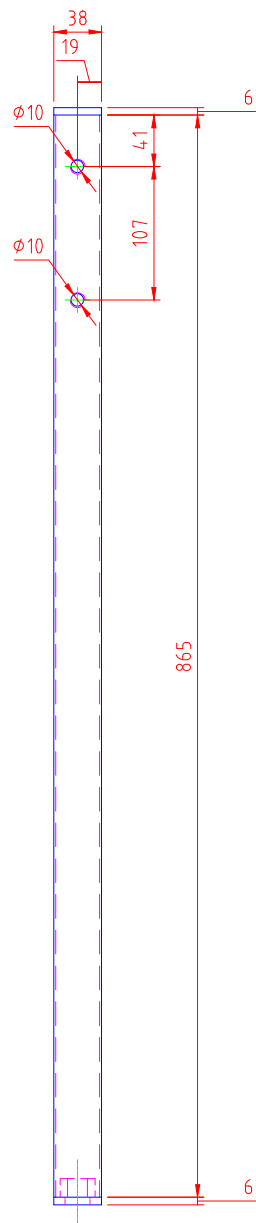


Eje de transmisión de acero inoxidable  
para transportador T1 y T2

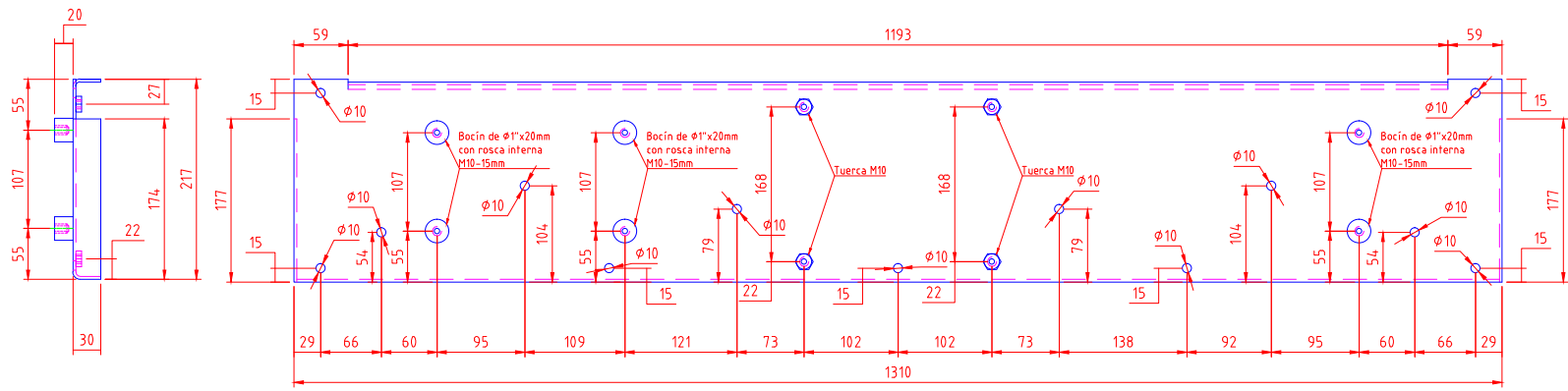


Eje de transmisión de acero inoxidable  
para transportador T3

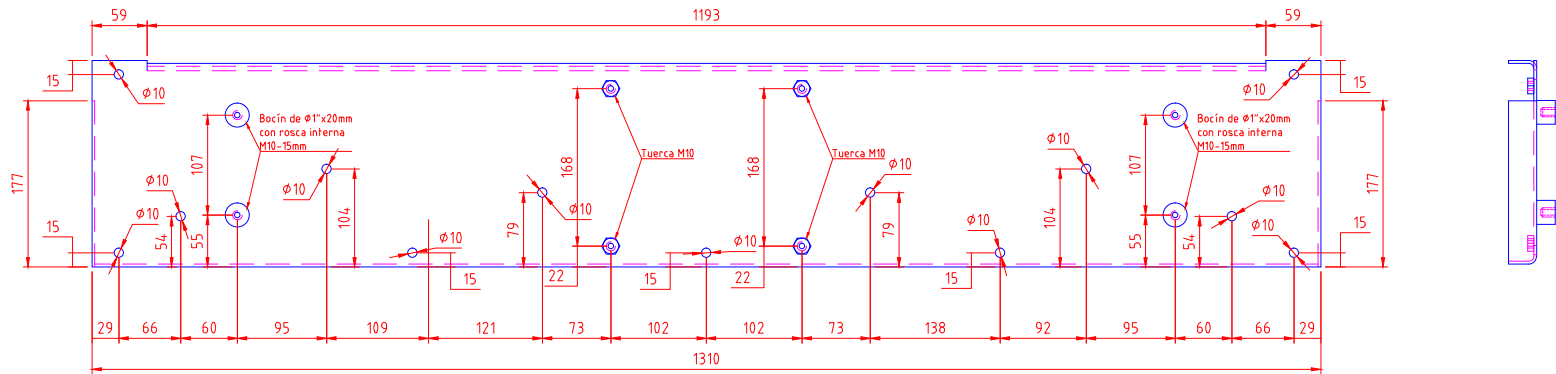
<b>ESPOL</b>			Facultad:	<b>FIMCP</b>	
			Carrera:	<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema:	Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título:	Ejes de transmisión	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala:	1:4	Plano: 7



<h1>ESPOL</h1>			Facultad: FIMCP	
			Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema: Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título: Patas soporte de transportador	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala: 1:5	Plano: 8

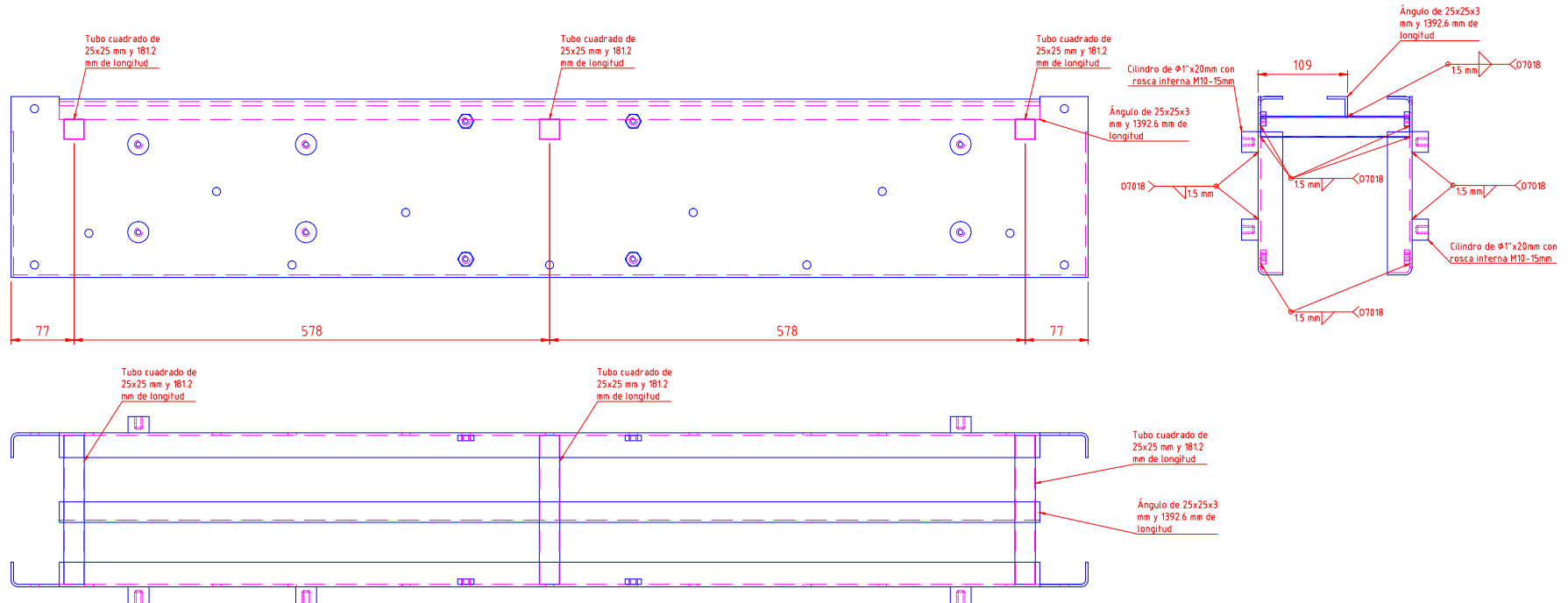


Placa lado derecho de acero inoxidable AISI 304 de 3mm de espesor

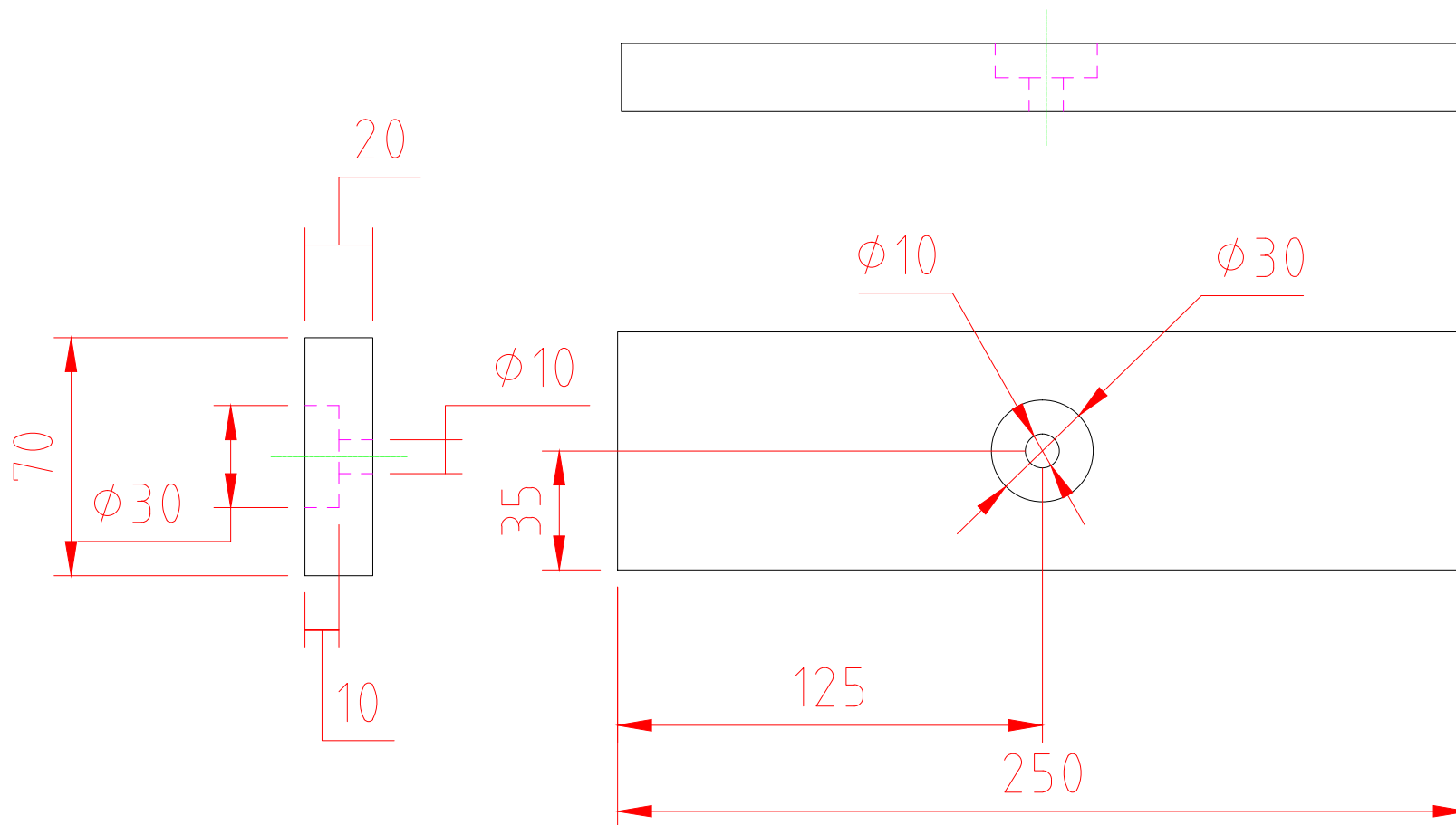


Placa lado izquierdo de acero inoxidable AISI 304 de 3mm de espesor

<h1>ESPOL</h1>			Facultad: <b>FIMCP</b>	
			Carrera: <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema: Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título: Paredes de estructura de transportador T2	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala: 1:8	Plano: 9

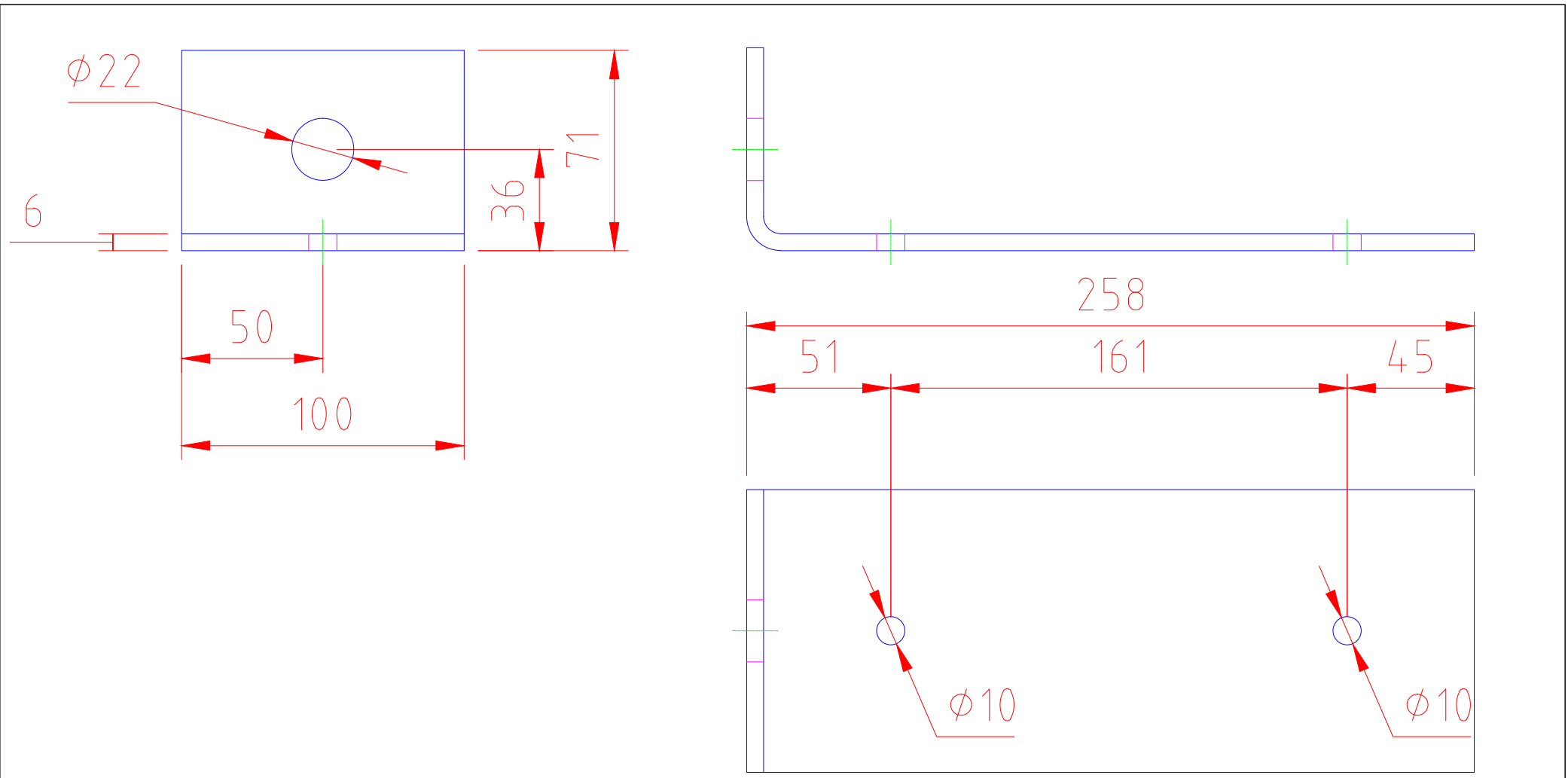


<h1>ESPOL</h1>			Facultad: <b>FIMCP</b>	
			Carrera: <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema: Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título: Ensamble de estructura de transportador T2	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala: 1:8	Plano: 10



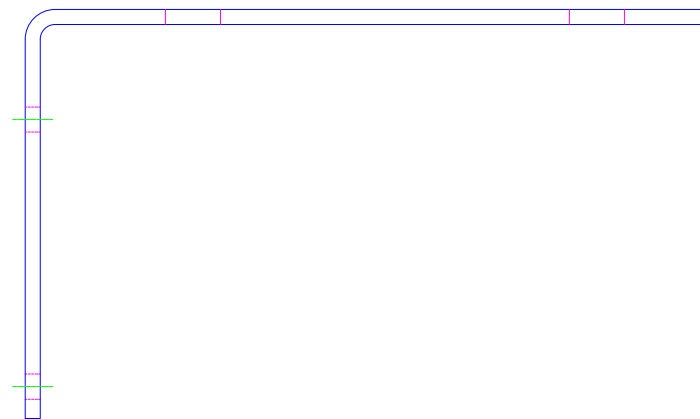
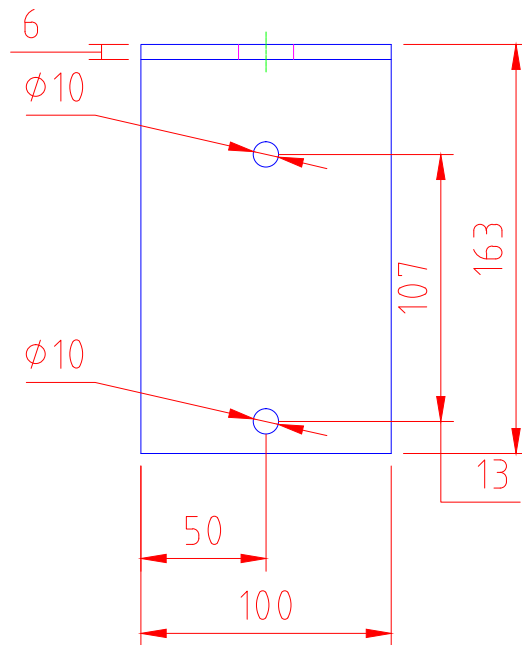
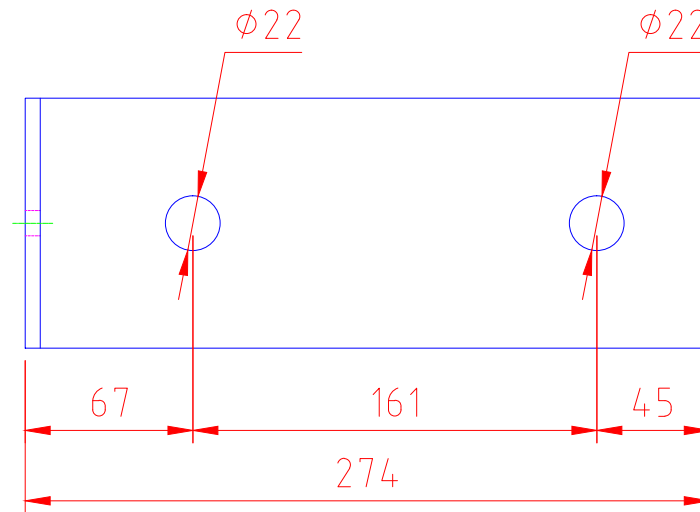
Placa de acetato de 20 mm de espesor

<b>ESPOL</b>			Facultad:	<b>FIMCP</b>	
			Carrera:	<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema:	Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título:	Placa de empujador de helados	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala:	1:2	Plano: 11



Placa de acero inoxidable AISI 304 de 6 mm de espesor

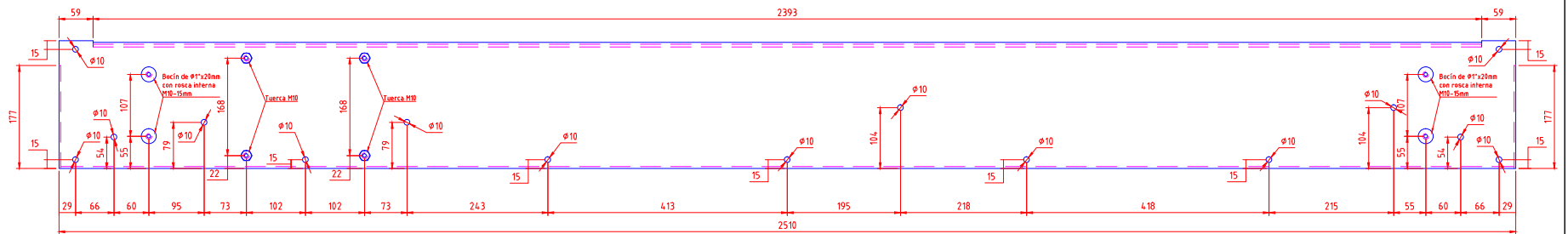
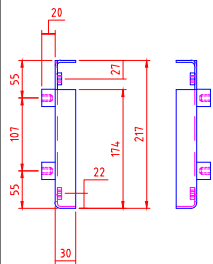
<b>ESPOL</b>			Facultad:	<b>FIMCP</b>	
			Carrera:	<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema:	Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título:	Base de cilindro horizontal	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala:	1:2	Plano: 12



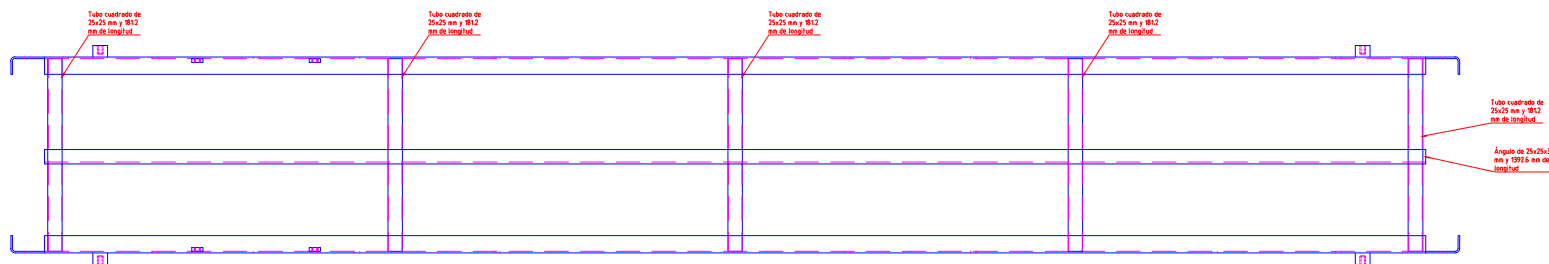
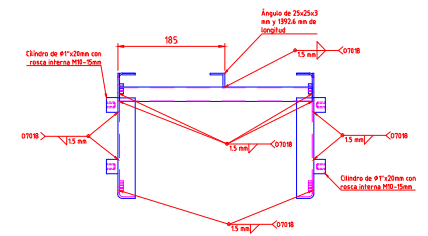
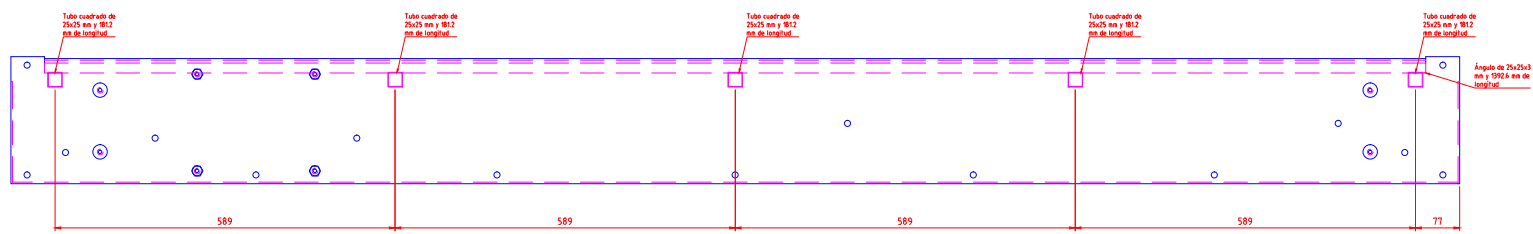
Placa de acero inoxidable AISI 304 de 6 mm de espesor

<b>ESPOL</b>			Facultad:	<b>FIMCP</b>	
			Carrera:	<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema:	Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título:	Base de cilindros verticales	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala:	1:3	Plano: 13

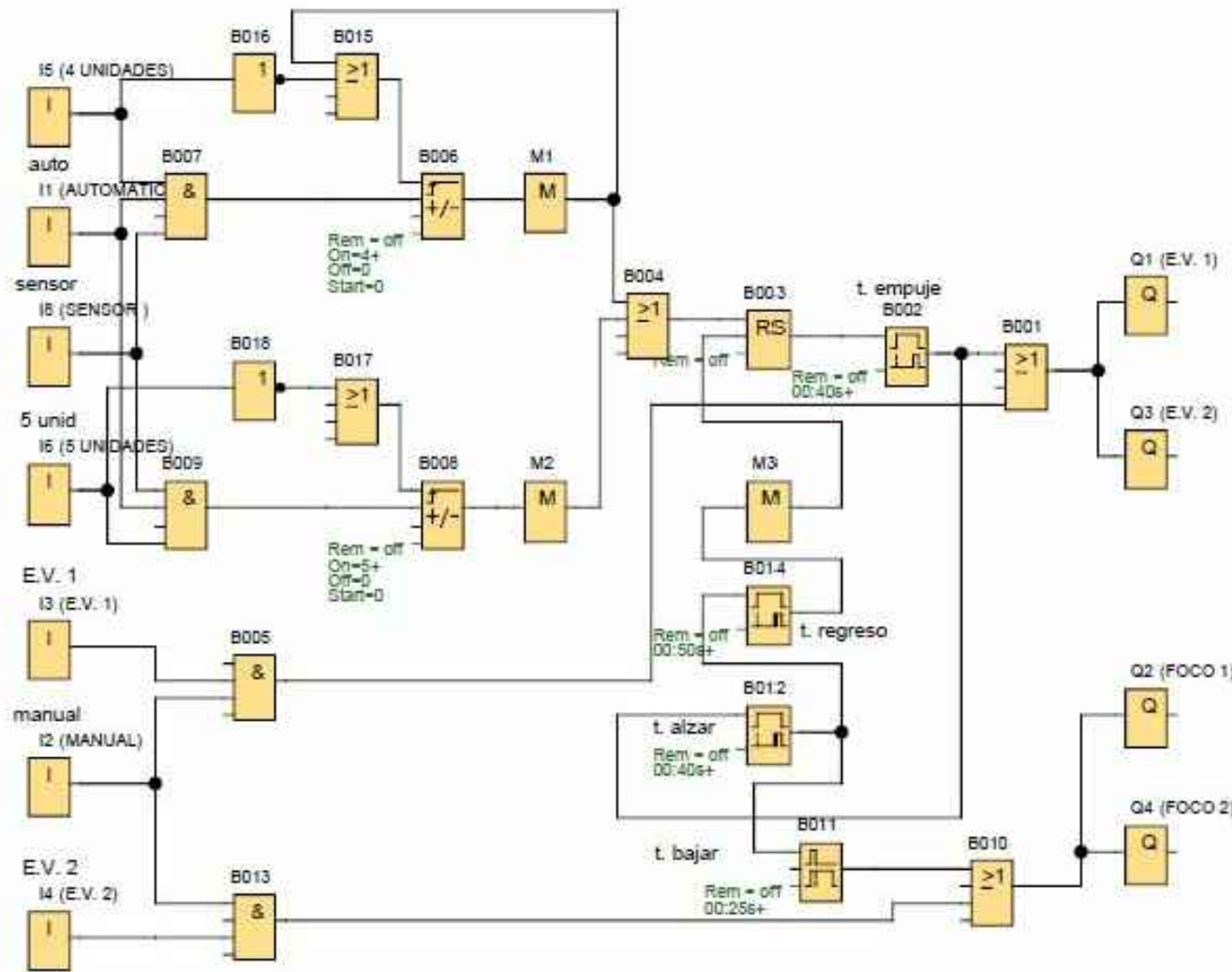




<h1>ESPOL</h1>		Facultad: <b>FIMCP</b>	
		Carrera: <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema: Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título: Paredes de estructura de transportador T3
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala: 1:11      Plano: 14



<h1>ESPOL</h1>			Facultad: <b>FIMCP</b>	
			Carrera: <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema: Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título: Ensamble de estructura de transportador T3	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala: 1:13	Plano: 15



NÚMERO DE BLOQUE	PARÁMETRO
B002 (Retardo a la conexión): t. empuje	Rem = off 00:40s+
B003 (Relé autoenclavador):	Rem = off
B006 (Contador adelante/atrás):	Rem = off On = 4+ Off = 0 Start = 0
B008 (Contador adelante/atrás):	Rem = off On = 5+ Off = 0 Start = 0
B011 (Retardo a la desconexión): t. bajar	Rem = off 00:25s+
B012 (Retardo a la conexión): t. alzar	Rem = off 00:40s+
B014 (Retardo a la conexión): t. regreso	Rem = off 00:50s+

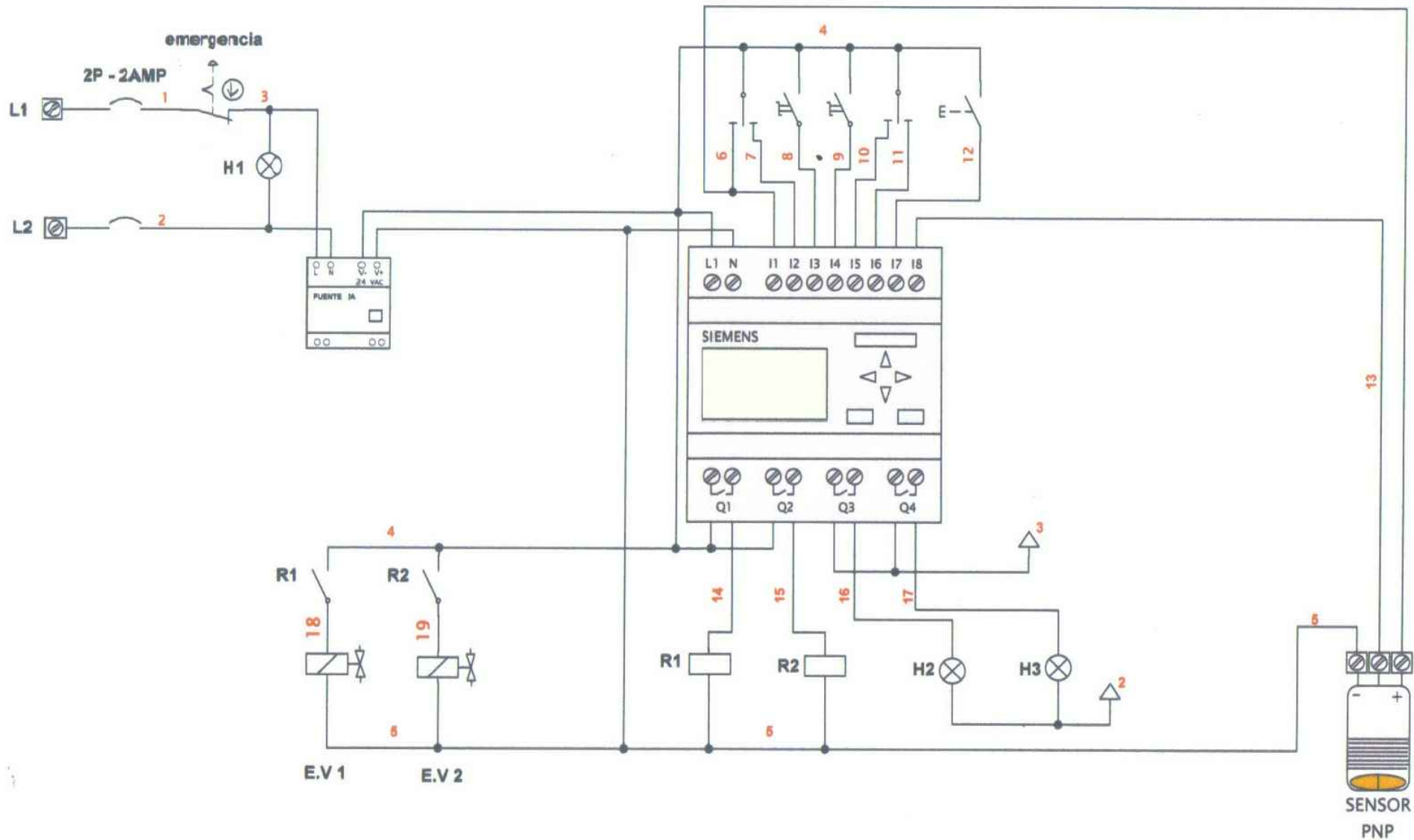
  

CONECTOR	ROTULACIÓN
I1	AUTOMÁTICO
I2	MANUAL
I3	E.V. 1
I4	E.V. 2
I5	4 UNIDADES
I6	5 UNIDADES
I7	PULSADOR
I8	SENSOR
Q1	E.V. 1
Q2	FOCO 1
Q3	E.V. 2
Q4	FOCO 2

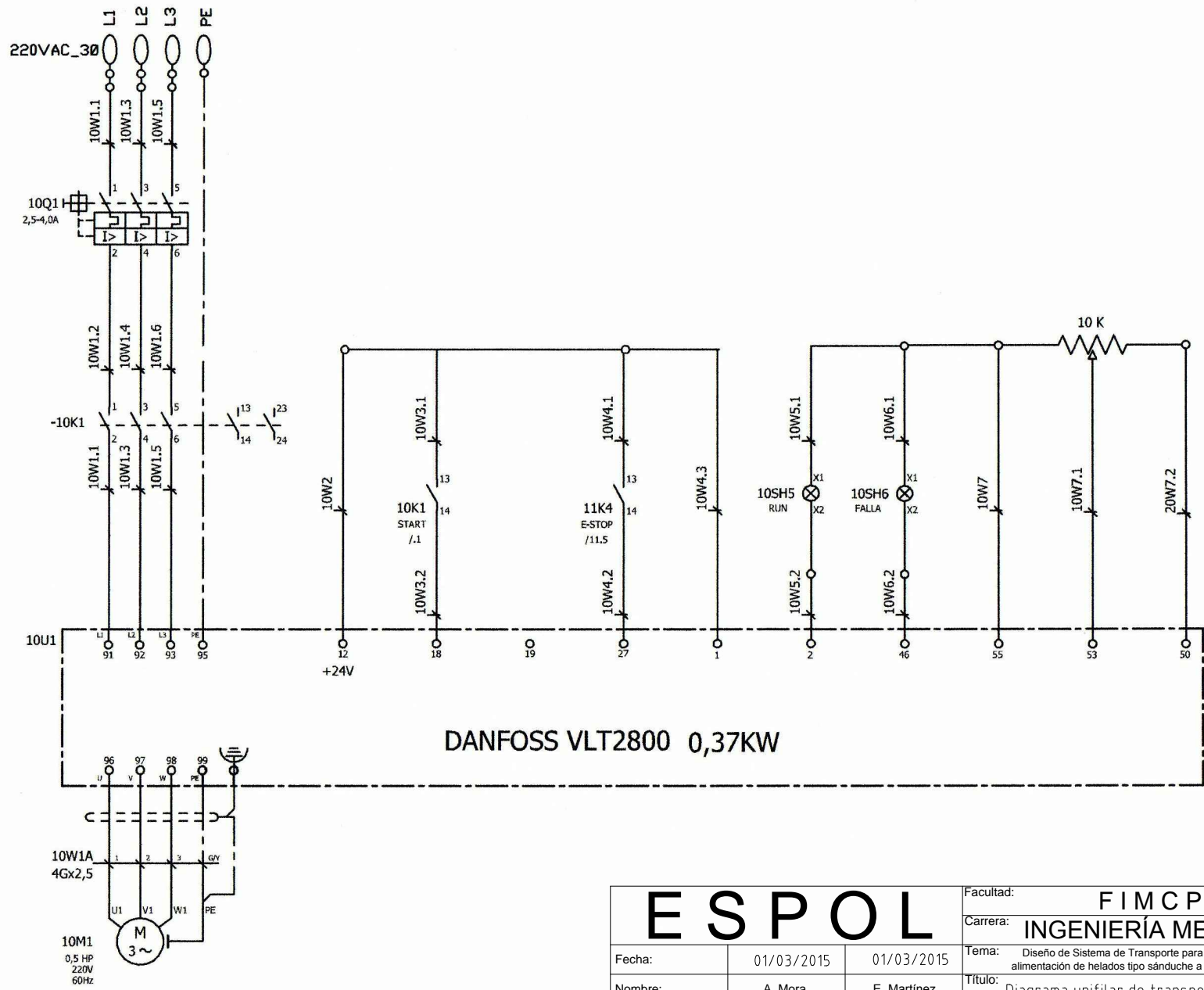
# ESPOL

Facultad: **FIMCP**  
 Carrera: **INGENIERÍA MECÁNICA**

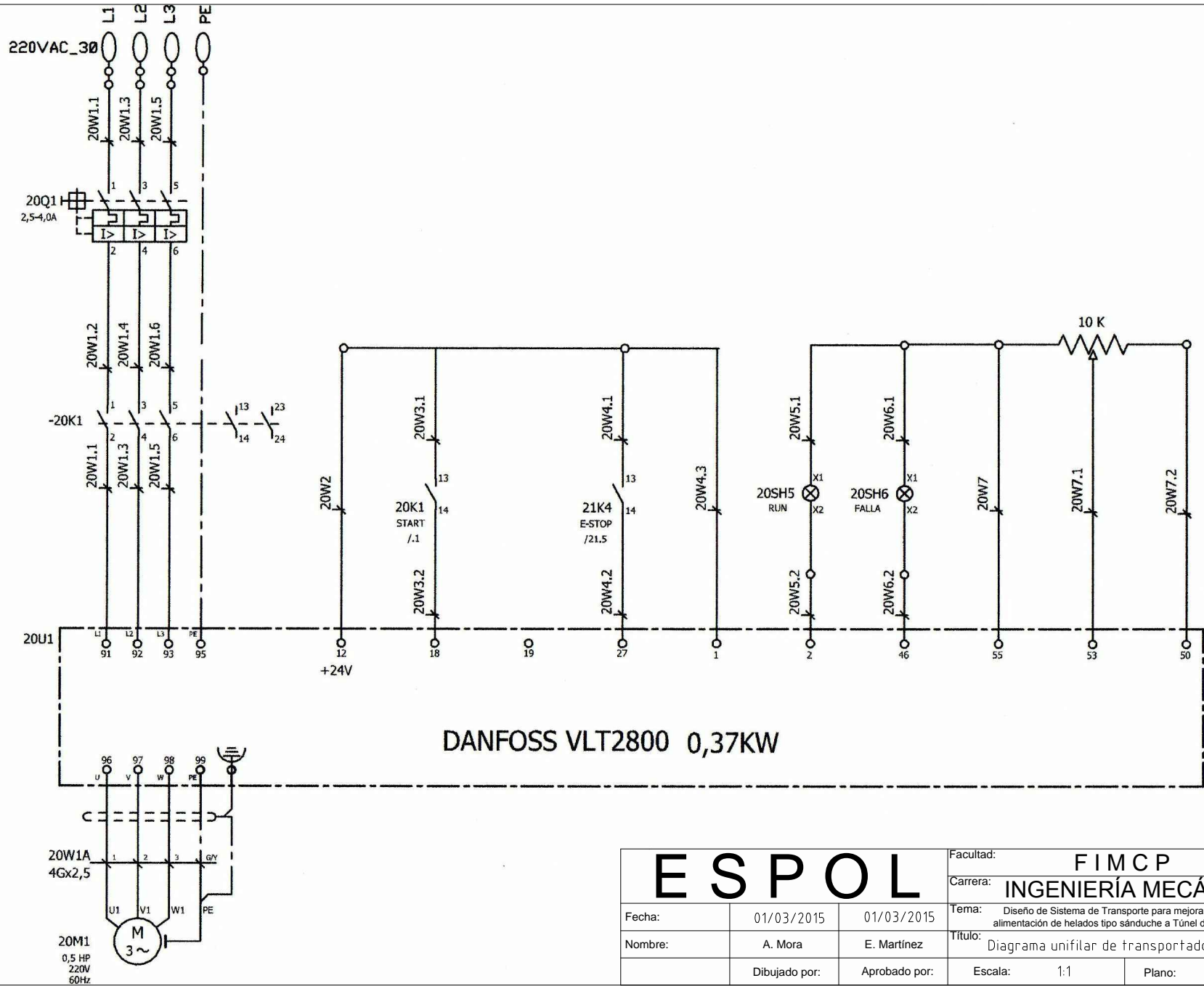
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema:	Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título:	Lógica del programa de sistema de control	
Dibujado por:	Aprobado por:	Escala:	1:1	Plano:	16



<h1>ESPOL</h1>			Facultad:	FIMCP	
			Carrera:	INGENIERÍA MECÁNICA	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema:	Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título:	Diagrama unifilar de sistema de control	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala:	1:1	Plano: 17



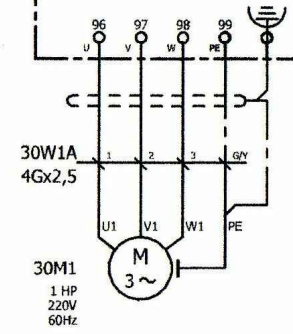
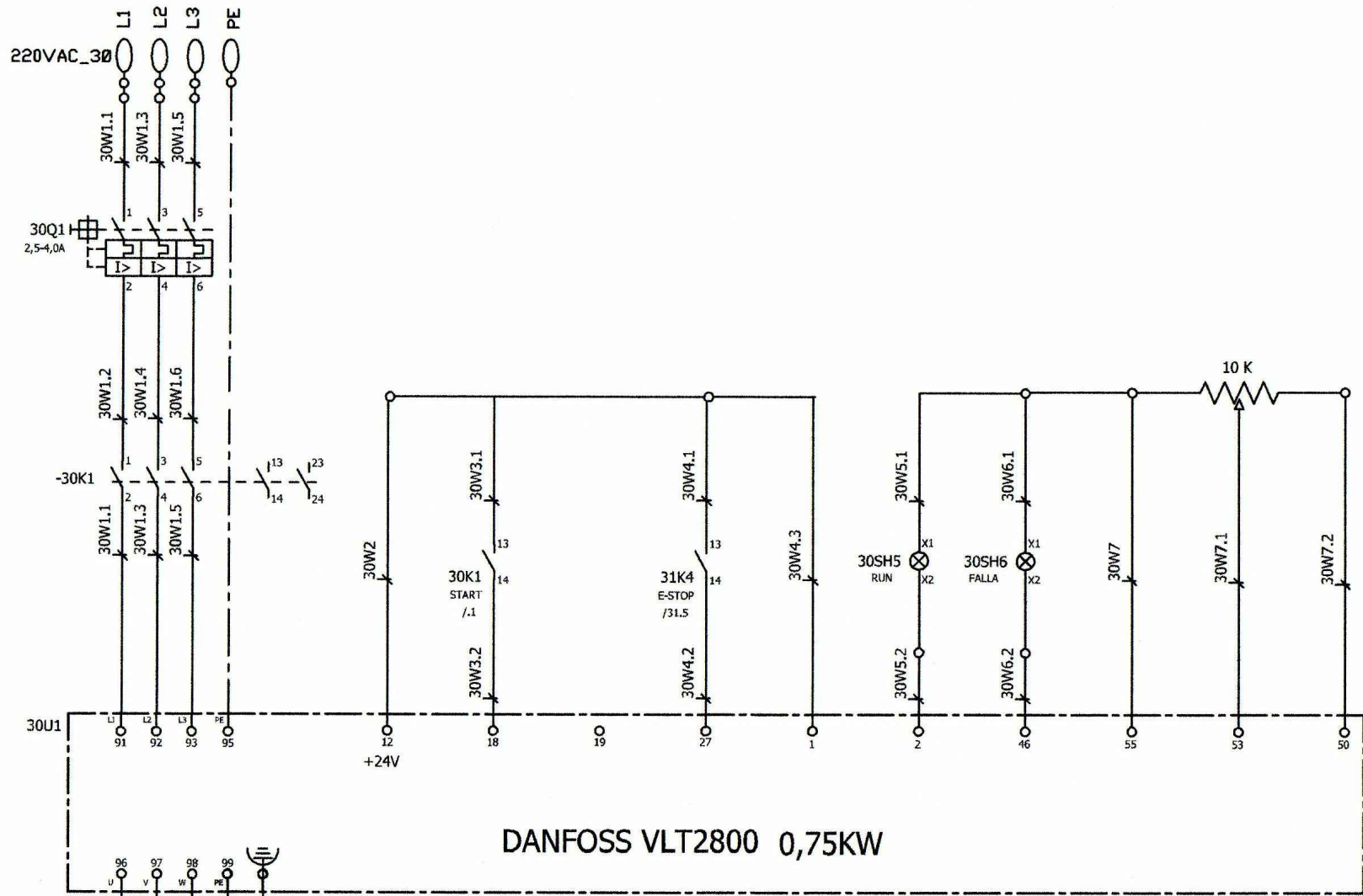
<h1>ESPOL</h1>			Facultad: FIMCP	
			Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema: Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título: Diagrama unifilar de transportador T1	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala: 1:1	Plano: 18



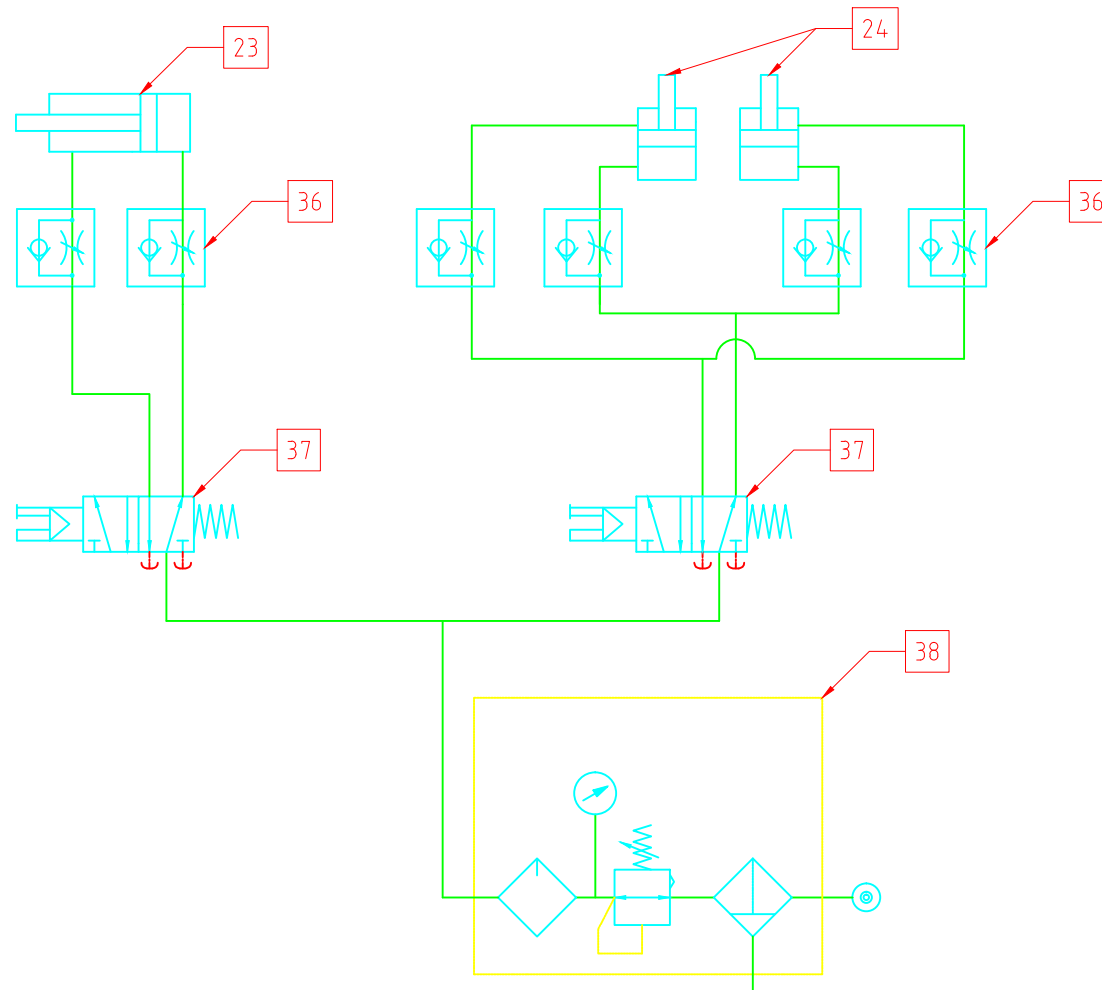
DANFOSS VLT2800 0,37KW

# ESPOL

Facultad:		FIMCP	
Carrera:		INGENIERÍA MECÁNICA	
Fecha:		01/03/2015	01/03/2015
Nombre:		A. Mora	E. Martínez
Tema:		Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Título:		Diagrama unifilar de transportador T2	
Dibujado por:		Aprobado por:	Escala: 1:1
			Plano: 19



<h1>ESPOL</h1>		Facultad: FIMCP	
		Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema: Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título: Diagrama unifilar de transportador T3
Dibujado por:	Aprobado por:	Escala: 1:1	Plano: 20

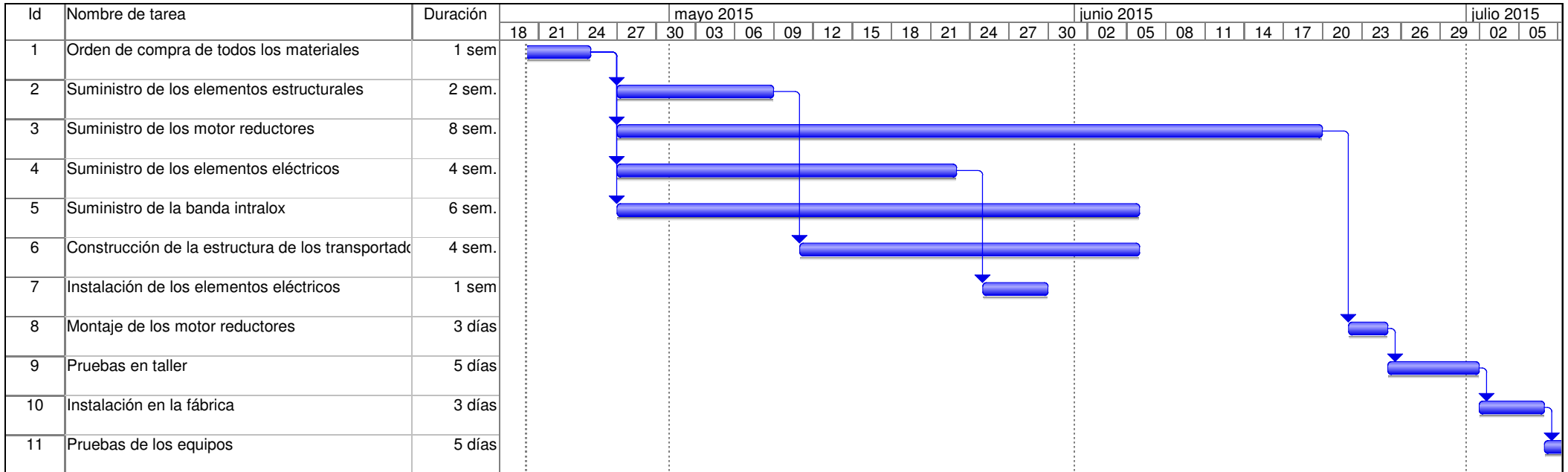


ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
23	Cilindro neumático horizontal Festo DSNU-25-160-PPS-A	1
24	Cilindro neumático vertical Festo DSNU-25-50-PPS-A	2
36	Válvula reguladora de caudal unidireccional	6
37	Electro válvula de 5 vías y 2 posiciones	2
38	Unidad de mantenimiento con separador de humedad, regulador de presión, manómetro y unidad de lubricación	1

<h1>ESPOL</h1>			Facultad:	<b>FIMCP</b>	
			Carrera:	<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
Fecha:	01/03/2015	01/03/2015	Tema:	Diseño de Sistema de Transporte para mejorar proceso de alimentación de helados tipo sánduche a Túnel de Enfriamiento	
Nombre:	A. Mora	E. Martínez	Título:	Diagrama neumático de botador de helados	
	Dibujado por:	Aprobado por:	Escala:	1:1	Plano: 21



# **CRONOGRAMA**



Proyecto: Cronograma de transportad Fecha: lun 20/04/15	Tarea		Hito		Tareas externas	
	División		Resumen		Hito externo	
	Progreso		Resumen del proyecto		Fecha límite	

## BIBLIOGRAFÍA

1. Beer Ferdinand P. y Johnston Jr. E. Russell, Mecánica vectorial para ingenieros, Dinámica, Sexta Edición, Editorial Mc. Graw Hill
2. <http://www.systemplastsmartguide.com/US/app.php?RelId=6.3.0.15&bookcode=usg14flx&Lang=enu>
3. Intralox, Manual de ingeniería de las bandas transportadoras, 2015, páginas 24, 25, 31, 32, 149, 153, 154, 377, 387, 419
4. Shigley Joseph Edgard y Mischke Charles R., Diseño en ingeniería mecánica, Quinta edición, Editorial Mc. Graw Hill
5. Suzuki Tukutaru, TPM in Process Industries, Julio 2008