



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

**"CONSTRUCCIÓN DE UNA TRANSPORTADORA  
DE TUBERÍA PLÁSTICA"**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Examen Complexivo

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentado por:

**Rafael Angel Caicedo Guillén**

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

# **AGRADECIMIENTO**

**A todas las personas que  
de una u otra forma  
contribuyeron en la  
realización de este trabajo  
de graduación y en  
especial al Ing. Ignacio  
Wiesner por su  
incondicional ayuda**

# **DEDICATORIA**

**A MIS PADRES**

**A MI ESPOSA**

**A MIS HIJOS**

**A MIS AMIGOS**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a **la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

.....  
RAFAEL ANGEL CAICEDO GUILLÉN

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

.....  
**Ing. Jorge Marcial Hernández**

.....  
**Ing. Mario Patiño Aroca**

.....  
**Ing. Francis Loayza Paredes**

# RESUMEN

Una fábrica de tuberías plásticas de pvc, cuenta con 5 líneas de producción, y solo dos de ellas están en capacidad de producir tubería corrugada (línea 4 y línea 5). Pero existe una sola maquina acampanadora para tubo corrugado que funciona con la línea 5. Desean acampanar los tubos corrugados que se producen en la línea 4, pero no cuentan un sistema de traslado de la tubería entre líneas, debiendo realizar esta tarea en forma manual con el concurso de un montacargas. Se requiere construir un sistema de bajo presupuesto, eficiente y confiable para que la Empresa mejore su productividad, elimine el uso de mano de obra, optimice el uso de equipos con mayor flexibilidad en su línea de producción. Para ejecutar el proyecto se realizaron varias reuniones a fin de recopilar las necesidades del cliente y conocer las condiciones de espacio físico, fuentes de energía disponible (eléctrica y neumática) y tiempos requeridos para desarrollar el proyecto. Se concluyó que la mejor alternativa era construir un transportador de plano inclinado con accionamientos neumáticos.

Este equipo se construyó con perfilería de hierro electro soldada y en módulos empernados, logrando un equipo sencillo y eficiente. Como resultado, la Empresa pudo eliminar el uso de mano de obra innecesaria, así como el uso de un montacargas con sus gastos operativos. Adicionalmente, se logró manejar un stock más diverso en medidas y tipos de tubería al poder ofrecer al mercado tubería lisa y corrugada al mismo tiempo, para cada una de las medidas que se fabrican.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE PLANOS	X
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción del proceso de producción	3
1.2 Línea de producción de tubos plásticos existentes	4
1.3 Proceso actual de traslado de tuberías	
1.4 Inconveniencias del método actual de trabajo	5
1.5 Costo de Operación Actual	5
CAPÍTULO 2	
2. SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	7
2.1 Dimensionamiento del transportador entre líneas de Producción	7
2.2 Características constructivas y cálculos realizados	9
2.3 Automatización del Sistema	12
2.4 Proceso de Fabricación Modular y Montaje en sitio	12

2.5 Equipos y Herramientas Utilizadas	15
CAPÍTULO 3	
3. EVALUACION DE LA SOLUCION PROPUESTA	16
3.1 Costos de fabricación y montaje	16
3.2 Ventajas Técnicas y Operación Conseguidas	17
CAPÍTULO 4	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	18
APENDICES	
BIBLIOGRAFÍA	






# ABREVIATURAS

Fig.	Figura
m	metro
cm	centímetro
mm	milímetro
F	Fuerza
kgf	kilogramo fuerza
P	Presión
A	Área
D	Diámetro
f	Fuerza de Fricción
psi	libra/pulgada cuadrada
SAE 1018	Acero de medio carbono (0.18%)
US \$	Dólares Americanos
Kgf/cm <sup>2</sup>	kilogramo fuerza/centímetro cuadrado
Ing.	Ingeniero
AC/DC	Corriente Alterna/Corriente Directa
COMB	Combustible
\$ CIL 15KG	Costo en dólares de cilindro de gas de 15 kilos
Hrs	Horas
Oper	Operador

SUELD	Sueldo
lit	Litro
hp	Potencia (caballos de fuerza)
FACT M.O.	Factor de Costo Real de Mano de Obra
M.O.	Mano de Obra de Operarios
CM	Costo de Mantenimiento y Reparaciones
VEU	Vida Económicamente Útil
Va	Valor de Adquisición

# SIMBOLOGÍA

SW1	Microswitch del Sistema de Recepción y Volteo
SW2	Microswitch del Sistema de Descarga (mesa transportadora)
Acc1	Bobina de Accionamiento del Sistema de Recepción y Volteo
Acc2	Bobina de Accionamiento del Sistema de Descarga
LED	Luz Piloto
Off/On	Selector de Encendido y Apagado
L1	Línea de Corriente
	Diámetro
	Tubo Metálico Rectangular
	Tubo Metálico Cuadrado

# INTRODUCCION

A medida que la tecnología y los mercados avanzan en forma cada vez más vertiginosa, se requiere que las empresas permanezcan en un continuo proceso de mejoramiento con miras a alcanzar un nivel más alto de productividad que les permitan aspirar a una mayor participación de mercado, dentro de un marco de eficiencia y calidad, asegurando el mayor grado de satisfacción de los clientes, empleados y colaboradores, y finalmente una retorno atractivo para los accionistas, que le permitan a la Empresa lograr y mantener un posicionamiento de liderazgo en el mercado. Dado que la Empresa cuenta con certificaciones ISO 9001, e ISO 14001, y aspira participar del mercado con productos certificados de alta calidad bajo procesos eficientes, justificando fuertes inversiones en equipos y sistemas de alta calidad y tecnología, no se puede aceptar la idea de incluir dentro de sus procesos automatizados y eficientes, labores manuales que disminuyen los niveles de productividad que requiere la Empresa. El objetivo general que se plantea es alcanzar el mayor nivel de productividad que se ve afectada por:

a) Costos innecesarios por uso de un montacargas, y b) Costo excesivo de Mano de Obra debido a la operación manual. Se requiere entonces una propuesta que permita conseguir los siguientes objetivos específicos:

1. Lograr una producción continua
2. Eliminar el costo de Mano de Obra en el traslado de los tubos
3. Eliminar los costos de operación del Montacargas
4. Tener mayor flexibilidad en el uso de equipos, intercambiando equipos entre líneas de producción
5. Mejorar la respuesta al cliente con stock oportuno

# CAPITULO 1

## 1. DEFINICION DEL PROBLEMA

La empresa tiene como actividad principal la fabricación de tuberías plásticas para diferentes aplicaciones, teniendo en su catálogo de productos las siguientes líneas según su aplicación:

### 1. Vivienda y Edificaciones

Comprende tubos de PVC livianos principalmente para aplicación en líneas de desagüe y ventilación

### 2. Infraestructura

En esta clasificación se encuentra la tubería de presión con sello elastomérico, para redes de distribución, conducción, riego, tratamiento.

### 3. Agrícola

Tubería para Sistemas a Presión con sellado por Cemento Solvente. Encuentra aplicación en sistemas de distribución en centros poblados, riego por gravedad i/o presurizado, Plantas de Tratamiento, captación de aguas subterráneas y distribución.

### 4. Alcantarillado Pluvial-Sanitario

En esta clasificación se encuentra la tubería corrugada o de pared estructurada, caracterizada por tener una pared interior lisa y una exterior corrugada (estructurada). Utilizada ampliamente en: a) Cableado Eléctrico y Telefónico, y b) Alcantarillado Pluvial y Sanitario

## 1.1. Descripción del proceso de producción

**Flujo del proceso de producción de tubería de pvc.** La producción de tubería de PVC es un proceso continuo que comprende diversos pasos indicados en el siguiente diagrama de flujo del proceso:

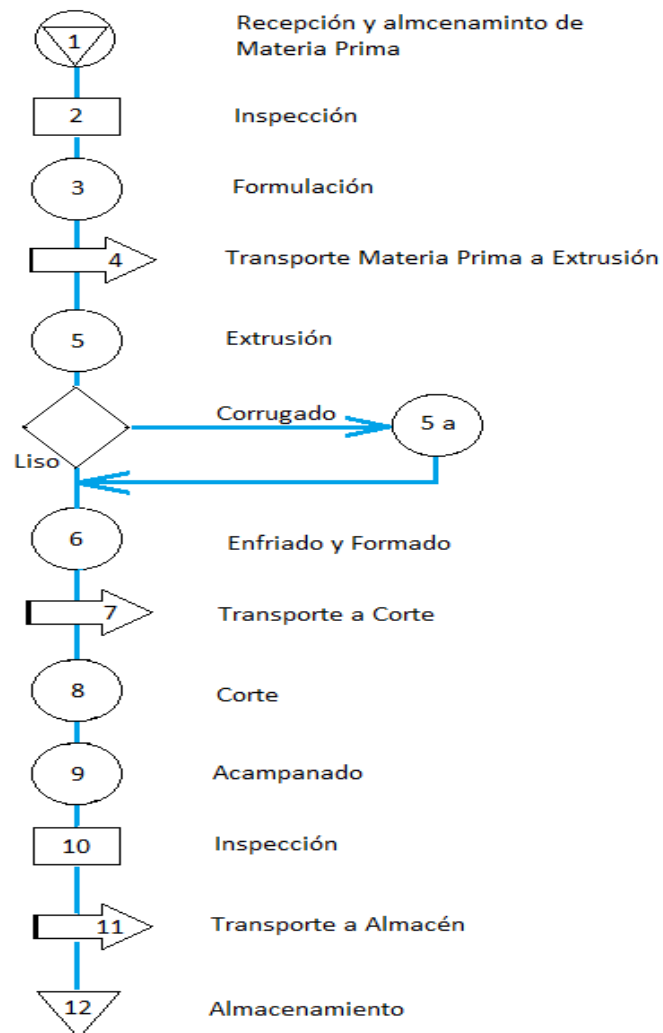


Fig. 1.– Diagrama de **Flujo del Proceso de Producción de tuberías de PVC**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (Instituto Nacional del Emprendedor, 2014)

## 1.2. Línea de producción de tubos plástico existente

La Empresa cuenta con una planta automatizada de proceso continuo con 5 líneas de producción dispuestas según se indica en la Figura 2.

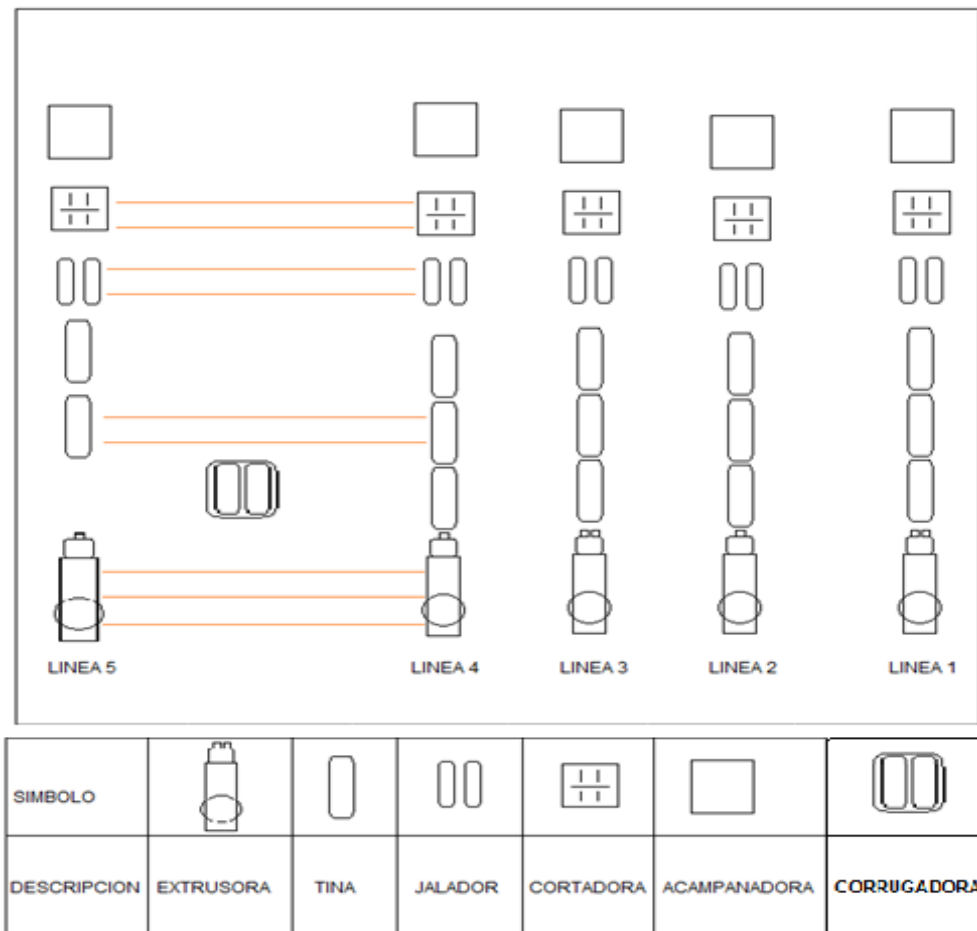


Fig. 2.- Distribución de equipos en Planta

Las líneas que nos interesan para nuestro análisis son las líneas 4 y 5. Para acampanar los tubos de la línea 4 se requiere trasladar los tubos hasta la línea 5 a fin de completar el proceso, ya que las acampanadoras de las líneas 1 a 4 sólo acampanan tubos lisos. La acampanadora de la línea 5 es la única que puede trabajar con tubos lisos y corrugados y para

hacer tubería corrugada todos los equipos de las líneas 4 ò 5 deben alinearse con la corrugadora, la cual permanece fija.

### 1.3. Proceso actual de traslado de tuberías

**Descripción del Proceso.-** Actualmente se utilizan 2 operadores para recoger el tubo que sale de la línea de producción 4 y depositarlo en las uñas de un montacargas que lo traslada hasta la línea 5, para desde ahí los dos operadores tomarla nuevamente y depositarla en la alimentación de dicha acampanadora.

**1.4. Inconveniencias del método actual de trabajo.-** Al no realizar el acampanado mediante un proceso de producción continuo, se está ocupando hasta 3 personas dedicadas a esta maniobra, con los consiguientes costos de mano de obra, y operación del montacargas. Adicionalmente, se producen retrasos en la producción.

### 1.5. Costo de Operación Actual

Los costos más importantes de esta operación corresponden al uso del montacargas y la mano de obra utilizada, según indicamos a continuación:

#### A - COSTO HORARIO DE OPERACIÓN DEL MONTACARGAS

A1)	MANTENIMIENTO Y REPARACION	CM =	$\frac{80\%Va}{VEU Hrs}$	= 2,24
-----	-------------------------------	------	--------------------------	--------



A2)	COMBUSTIBLE	COMB =	$\frac{\$ \text{ CIL 15KG}}{\text{Hrs de Trabajo DIA}}$	= 7,00
A3)	OPERADOR ESPECIALIZADO	Oper =	$\frac{\text{SUELD * FACT M.O}}{\text{Hrs de Trabajo MES}}$	= 9,00

**SUBTOTAL - A = 23.82**

**Tabla 1- Costo de Operación del Montacargas (US\$/hr)**

**B. COSTO MANO DE OBRA MANIPULAR TUBOS (DOS OPERARIOS)**

B)	COSTO M.O. MANIPULAR TUBOS	M.O. =	$\frac{\text{SUELD*2*FACT M.O}}{\text{Hrs de Trabajo MES}}$	= 18,00
----	-------------------------------	--------	---	---------

**SUBTOTAL - B = 18,00**

**Tabla 2- Costo de Operación del Montacargas (US\$/hr)**

**COSTO HORARIO TOTAL DE TRASLADO MANUAL DE LA TUBERÍA**

<u>DESCRIPCION</u>	<u>VALOR US \$/Hr</u>
A) COSTO DE OPERACIÓN DEL MONTACARGAS	23.82
B) COSTO M. OBRA DE MANIPULAR TUBOS	18.00
<b><u>TOTAL COSTO</u></b>	<b><u>41.82 US \$/Hr</u></b>

**Tabla 3.- Costo Horario Total de la Operación Manual**

# CAPITULO 2

## 2. SOLUCION DEL PROBLEMA

La Máquina Transportadora de Tubos a fabricar deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- Mantener una línea de fabricación continua
- Ser automática
- Construcción sencilla y rápida
- Eficiente y confiable
- Mínimo costo de mantenimiento
- Bajo costo de fabricación

Se decidió entonces construir un transportador por gravedad (plano inclinado), así nos evitamos instalar motoredutores, sistemas de transmisión (cadenas y piñones), ejes y rodamientos, además de variadores de frecuencia, bandas y rodillos, disminuyendo el costo de fabricación.

### 2.1. Dimensionamiento del transportador entre líneas de producción.

Los factores que determinan las medidas exteriores del transportador son las siguientes:

- Alturas.- La altura a la salida de los tubos de la línea 4 es 1.20 metros sobre el suelo, mientras que la descarga del transportador no debe ser menor a la altura de la línea de la

acampanadora de la línea 5 que se encuentra a 1.15 m sobre el suelo.

- Recorrido del Tubo.- Corresponde a la separación entre las líneas 4 y 5, que es aproximadamente 5 metros. Este será el ancho del equipo.
- Largo del Equipo.- Será la misma longitud de los tubos a producir que son de 6 metros.
- Gradiente de la mesa.- La mesa de desplazamiento de los tubos deberá tener una gradiente mínima que permita el desplazamiento de los tubos a la menor velocidad posible.

Para que el equipo pueda cumplir las funciones que se requieren, debe tener los siguientes elementos principales:

- Sistema de Recepción y Volteo.- Cumplirá la función de recibir el tubo que sale de la línea 4 de producción, levantarlo y depositarlo sobre la mesa de transportación.
- Mesa de Transportación.- Su función es brindar una superficie de rodadura a los tubos para que éstos se desplacen desde la línea 4 hasta la línea 5.
- Sistema de Descarga.- Tiene como finalidad recibir el tubo al final de su recorrido y elevarlo para depositarlo en la entrada de la acampanadora de la línea 5.

## 2.2. Características constructivas y Cálculos realizados.

- **Determinación del ángulo de inclinación.**

Se armó un plano inclinado provisional para realizar pruebas de rodadura de los tubos, y se determinó que la gradiente adecuada era de 30 centímetros en 4 metros de recorrido.

- **Selección de los Cilindros Neumáticos**

Los diámetros de tubería que se van a manejar en la línea de producción van desde 110mm hasta 400mm de diámetro. Se considerará el tubo de 400mm por ser el más pesado (42 kg).

El **cálculo teórico** de la fuerza ejercida por el cilindro neumático se determina mediante la relación:

$F = P \times A - f$  siendo,

F = Fuerza ejercida por el cilindro neumático kgf

P = Presión de operación (kgf/cm<sup>2</sup>)

A = Area del pistón (cm<sup>2</sup>)

$$A = \pi D^2 / 4$$

D = diámetro nominal del cilindro (cm)

f = Fuerza de fricción del conjunto

En el caso de un cilindro de doble efecto, el cálculo de la fuerza de retorno debe considerar que el área efectiva corresponde al área del pistón menos el área del eje del émbolo.

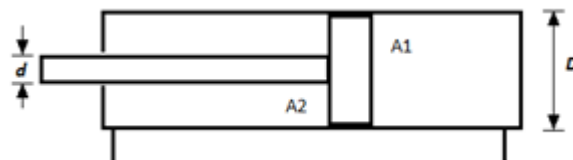


Fig.3.- Diagrama de un cilindro de doble efecto

La fuerza mínima del cilindro neumático para estar en equilibrio con el peso del tubo y del peso mismo de los elementos levantar sería:

$$F = F1 + F2$$

$$F1 = \text{Peso del Tubo} = 42 \text{ kgf}$$

$$F2 = \text{Peso mecanismo de levante del tubo} = 6 \text{ kg}$$

Se considera  $P = 80 \text{ psi}$  y  $f = 0$  (despreciable).

Aplicando estos valores en la fórmula y despejando el diámetro, obtenemos un valor de  $d = 3.26 \text{ cm}$ . Pero este diámetro nos da únicamente el punto de equilibrio entre la fuerza de empuje de un cilindro neumático vs. el peso del tubo y el mecanismo. Se decidió instalar 3 cilindros neumáticos para garantizar:

- a) Que el tubo sea levantado uniformemente sin pandearse.
- b) Tener la fuerza suficiente para vencer la inercia de levantamiento del tubo, incluyendo el peso del mecanismo de levantamiento.
- c) Tener algún grado de libertad para que en el supuesto caso que se dañe un cilindro, el equipo pueda seguir trabajando sin detenerse mientras se soluciona el problema.

Este mismo criterio se aplica tanto en la unidad de recepción y volteo como en la unidad de descarga.

Nuestro proveedor local distribuye cilindros neumáticos de la marca **CHELIC PNEUMATIC**, y en la tabla correspondiente para selección de los cilindros neumáticos se procede determinar como presión de cálculo (en la tabla),  $5 \text{ kgf/cm}^2$ , y recorriendo hacia la derecha en la línea correspondiente a A1

(presión de empuje) hasta un valor de 48 kgf ( $F_1+F_2$ ), el valor inmediato superior que encontramos es de 62.8 kgf, al cual le corresponde un cilindro de diámetro nominal 40 mm, con un eje de pistón de 16 mm.

Antes de comprar los cilindros se realizaron mediciones en los sistemas de volteo y descarga mediante simulaciones, para finalmente seleccionar los siguientes cilindros:

<u>SISTEMA</u>	<u>DIAMETRO CARRERA</u>	
Sistema de Volteo	40 mm	250 mm
Sistema de Descarga	40 mm	400 mm

Los cilindros de doble efecto seleccionados corresponden a la serie CHELIC CN-040



**Fig. 4.- Cilindro CN-040<sup>2</sup>**



**Fig. 5.- Cilindro del Sistema de Volteo**

---

<sup>2</sup> (Chelic Pneumatic Equipment)

### 2.3. Automatización del Sistema

Para que el sistema funcione de manera continua, y sincronizada con los demás equipos de la línea de producción, se requiere que sus movimientos sean automatizados, mediante la instalación de sensores de fin de carrera para generar las señales. Para ello se contrató al Ing. Eléctrico Diego Jaramillo

### 2.4. Proceso de Fabricación Modular y Montaje en sitio

La máquina comprenderá los siguiente elementos:

**Unidad de Recepción y Volteo.-** Se instaló una cubierta de acero inoxidable de espesor 1.5 mm, para proveer una superficie de deslizamiento del tubo plástico a lo largo de esta Unidad. Es la sección de la máquina que recibe el tubo de la línea de producción, y tiene por función voltearlo y depositarlo sobre la mesa de traslado. Un microswitch de fin de carrera acciona el pistón neumático de volteo.

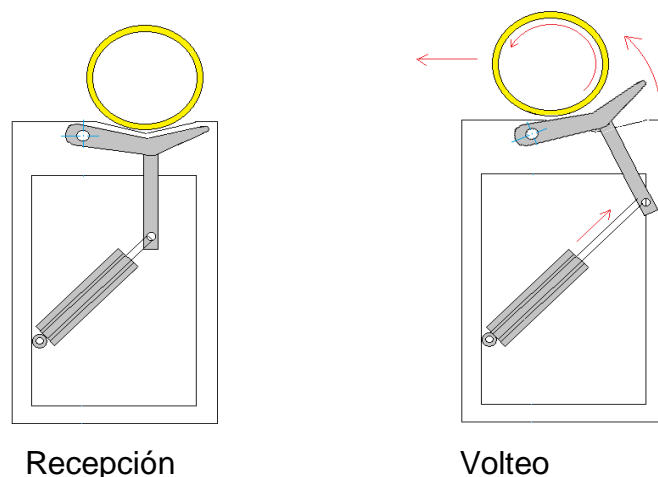


Fig.6.- Mecanismo de Recepción y Volteo

**Mesa de Traslado.-** Este es el tramo del equipo en el cual los tubos se desplazan por si solos mediante la acción de la gravedad, por el plano inclinado (Figura 7).

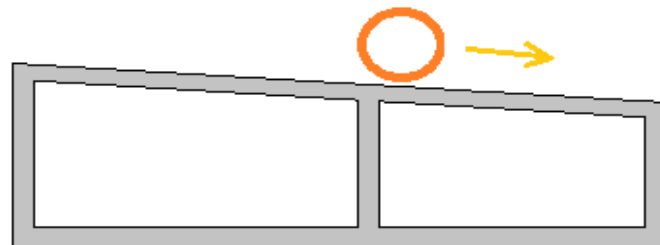


Fig. 7.- Mesa de Traslado

**Unidad de descarga.-** Tiene como función recibir el tubo al final del plano inclinado, levantarlo y depositarlo en la guía de entrada a la máquina acampanadora (Fig. 8).

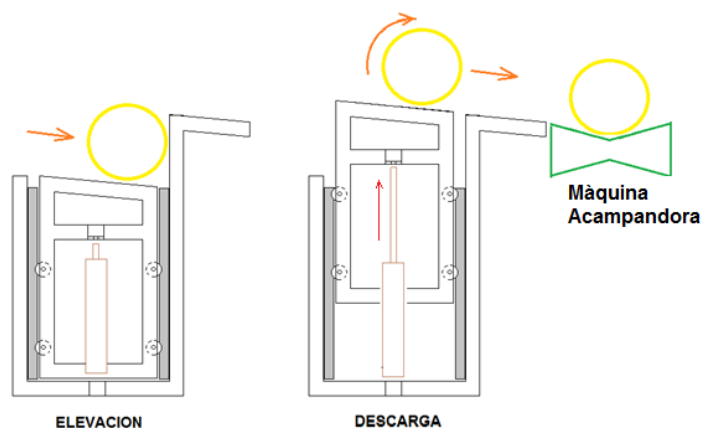


Fig. 8.- Mecanismo de Descarga

Se instalaron reguladores de caudal para calibrar la velocidad de desplazamiento de todos los cilindros.

Debido al tamaño de todo el conjunto, se consideró la dificultad que tendríamos para sacar la máquina del taller, trasladarla y



finalmente ingresarla a la planta del cliente. Por esta razón se decidió fabricarla en 4 partes según se indica en la Fig. 9.

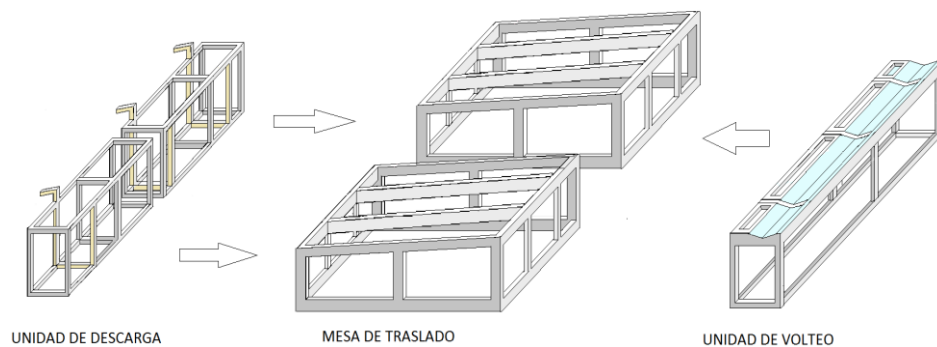


Fig 9. Diagrama estructural de la máquina  
(Construcción Modular)

Para el proceso de fabricación se procedió primeramente a armar y acoplar estructuralmente todos los elementos, nivelar y unirlos mediante puntos de soldadura para evitar cualquier falla de alineación y acople. Una vez que todos los elementos quedaron alineados y nivelados, se procedió a rematar con soldadura 6011 todas las juntas. Casi toda la estructura se construyó con tubo metálico de 50x50x2 mm y 150x50x2 en el marco de la mesa.

Después de rematar la soldadura se verificó nuevamente la alineación y nivelación del conjunto completamente acoplado para entonces proceder a perforar los tubos metálicos de la estructura y poder unir todos los elementos con pernos. Todos los pernos utilizados fueron de diámetro 5/8" UNC grado 2, galvanizados electrolíticamente, con tuerca y doble anillo plano.

Terminada la construcción del equipo se realizaron en taller pruebas de funcionamiento para calibrar cilindros neumáticos y demás elementos del sistema.

Para el acabado del mismo se procedió a remoción de escorias con gratas, cepillos y lijas, para luego realizar la limpieza con desengrasante y decapado químico. En el recubrimiento se aplicaron 2 capas de pintura acrílica automotriz en color blanco.

## **2.5. Equipos y herramientas utilizadas.**

Para la fabricación de todo el sistema se utilizaron:

- 2 Soldadoras AC/DC de 250 Amp
- 2 Amoladoras de 7",
- 1 Amoladora de 4-1/2"
- 1 Tronzadora de Disco de 14"
- 1 Taladro Manual
- 1 Taladro de Pedestal de 1 hp
- 1 Compresor de 2hp, 20 lit con pistola para pintar

Herramientas Varias: Arcos de Sierra, Combos y martillos, Llaves de Boca Corona, Cincel, Brochas, Nivel, Flexómetros, brocas, etc.

## CAPITULO 3

### 3. EVALUACION DE LA SOLUCION PROPUESTA

#### 3.1. Costos de fabricación y montaje

Los costos se pueden resumir de la siguiente manera:

<u>DESCRIPCION</u>	<u>VALOR</u> <u>US \$</u>
<b>Materiales Estructurales</b>	1,699.23
<b>Sistema Neumático</b>	1,362.61
<b>Sistema Eléctrico</b>	750.00
<b>Mano de Obra</b>	2,100.00
<b><u>Varios</u></b>	200.00
<b><u>(Servicio de Corte, transporte, etc)</u></b>	
<b><u>Total Costo Fabricación y Montaje</u></b>	<u>6,111.84</u>
<b>Precio de Venta (costo al cliente)</b>	12,950.00

Tabla 4.- Costos de Fabricación y Montaje

### 3.2 Ventajas técnicas y operación conseguidas

**Producción continua.-** Con la inclusión de la Transportadora en la línea de producción se logró producir tubería corrugada en forma totalmente continua y automática sin cortes de producción.

**Flexibilidad en las líneas de producción.-** Se logró mayor flexibilidad en el uso de equipos entre líneas de producción, ya que la Corrugadora de la línea 5 puede ser usada en la línea 4 y el tubo producido puede ser trasladado a la acampanadora de la línea 5 para completar su proceso.

**Eliminación de Mano de Obra.-** En la actualidad ya no se utiliza mano de obra para manipular los tubos, eliminando el costo por dicho concepto.

**Eliminación de uso de Montacargas.-** Con la eliminación del montacargas para esta operación se logró además ahorrar el costo de operación del montacargas y la mano de obra correspondiente que en total son de 41.82 dólares la hora.

**Mejor manejo de Stocks.-** Producir en forma automatizada y continua, permitió responder más rápidamente a los pedidos urgentes y evitar reducir pérdidas de facturación al mínimo.

# CAPITULO 4

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al haber realizado este proyecto con éxito, se logró cumplir con el gran objetivo planteado al inicio, es decir mejorar la productividad a través de los objetivos específicos planteados.

1. Lograr una producción continua mediante un proceso automatizado
2. Eliminar el costo de Mano de Obra en el traslado de los tubos
3. Eliminar los costos de operación del Montacargas de la línea de producción
4. Tener mayor flexibilidad en el uso de equipos, intercambiando equipos entre líneas de producción
5. Mejorar la respuesta al cliente con stock oportuno

En la parte de funcionamiento del equipo se detectó una sola novedad, y es que en algunas ocasiones con los tubos grandes se sentía un golpe del mismo al chocar contra el tope de la máquina al final de su recorrido de la mesa de traslado. Para atenuar esta situación se recomienda instalar topes de caucho.

Los procesos de producción continua requieren una meticulosa observación de tiempos y funciones de cada una de las máquinas para cada etapa del proceso, a fin de lograr una adecuada sincronización entre ellas para evitar las interrupciones en el flujo de la línea de producción y conseguir la máxima eficiencia de todos sus elementos. Pero para lograr este objetivo requiere no solo de conocimientos teóricos, sino de un gran respaldo de experiencia, medios y equipos para solucionar los problemas que se presentan en la práctica profesional.

# APÈNDICES

## APENDICE A

### Tabla de Selección de Cilindros Neumáticos

Theoretic force and various pressure conversion table

CHELIC PNEUMATIC

■ The calculation method of cylinder force

$$F = P \times A - f$$

F : Cylinder force (kgf)

A : Piston area (cm<sup>2</sup>)

P : Operating pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)

f : Frictional force (kgf)

■ Cylinder theoretic force



Unit :Kgf.

Bore size (mm)	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125		
Rod size (mm)	4	6	6	8	10	12	16	20	20	25	25	36		
Piston area (cm <sup>2</sup> )	A <sub>1</sub>	0.8	1.1	2.0	3.1	4.9	8.0	12.5	19.6	31.2	50.2	78.5	122.7	
	A <sub>2</sub>	0.6	0.9	1.7	2.6	4.1	6.9	10.6	16.5	28.0	45.3	73.6	112.5	
Operating air Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	1	A <sub>1</sub>	0.8	1.1	2.0	3.1	4.9	8.0	12.6	19.6	31.2	50.2	78.5	122.7
		A <sub>2</sub>	0.6	0.9	1.7	2.6	4.1	6.9	10.6	16.5	28.0	45.3	73.6	112.5
	2	A <sub>1</sub>	1.6	2.3	4.0	6.3	9.8	16.1	25.1	39.3	62.3	100.5	157.0	245.4
		A <sub>2</sub>	1.2	1.7	3.5	5.3	8.2	13.8	21.1	33.0	56.0	90.7	147.2	225
	3	A <sub>1</sub>	2.4	3.4	6.0	9.4	14.7	24.1	37.7	58.9	93.5	150.7	235.5	368.1
		A <sub>2</sub>	1.8	2.5	5.2	7.9	12.4	20.7	31.7	49.5	84.0	136.0	220.8	337.5
	4	A <sub>1</sub>	3.2	4.5	8.0	12.6	19.6	32.2	50.2	78.5	124.6	201.0	314.0	490.8
		A <sub>2</sub>	2.4	3.4	6.9	10.6	16.5	27.6	42.2	65.9	112.1	181.3	294.4	450
	5	A <sub>1</sub>	4.0	5.7	10.1	15.7	24.5	40.2	62.8	98.1	155.8	251.2	392.5	613.5
		A <sub>2</sub>	3	4.2	8.7	13.2	20.6	34.5	52.8	82.4	140.1	226.7	368.0	562.5
	6	A <sub>1</sub>	4.7	6.8	12.1	18.9	29.4	48.2	75.4	117.8	186.9	301.4	471.0	736.2
		A <sub>2</sub>	3.6	5.1	10.4	15.8	24.7	41.5	63.3	98.9	168.1	272.0	441.6	675
	7	A <sub>1</sub>	5.5	7.9	14.1	22.0	34.3	56.3	87.9	137.4	218.1	351.7	549.5	858.9
		A <sub>2</sub>	4.2	5.9	12.1	18.5	28.9	48.4	73.9	115.4	196.1	317.3	515.2	787.5
	8	A <sub>1</sub>	6.3	9.0	16.1	25.1	39.3	63.3	100.5	157.0	249.3	401.9	628.0	981.6
		A <sub>2</sub>	4.8	6.8	13.8	21.1	33.0	53.3	84.4	131.9	224.1	362.7	588.8	900
	9	A <sub>1</sub>	7.1	10.2	18.1	28.3	44.2	72.3	113.0	176.6	280.4	452.2	706.5	1104.3
		A <sub>2</sub>	5.4	7.6	15.5	23.8	37.1	62.2	95.0	148.4	252.1	408.0	662.4	1012.5

Note : The above data for reference only . When come to actual practice , frictional force and the mechanical efficiency have to be taken into consideration .

■ Pressure conversion table

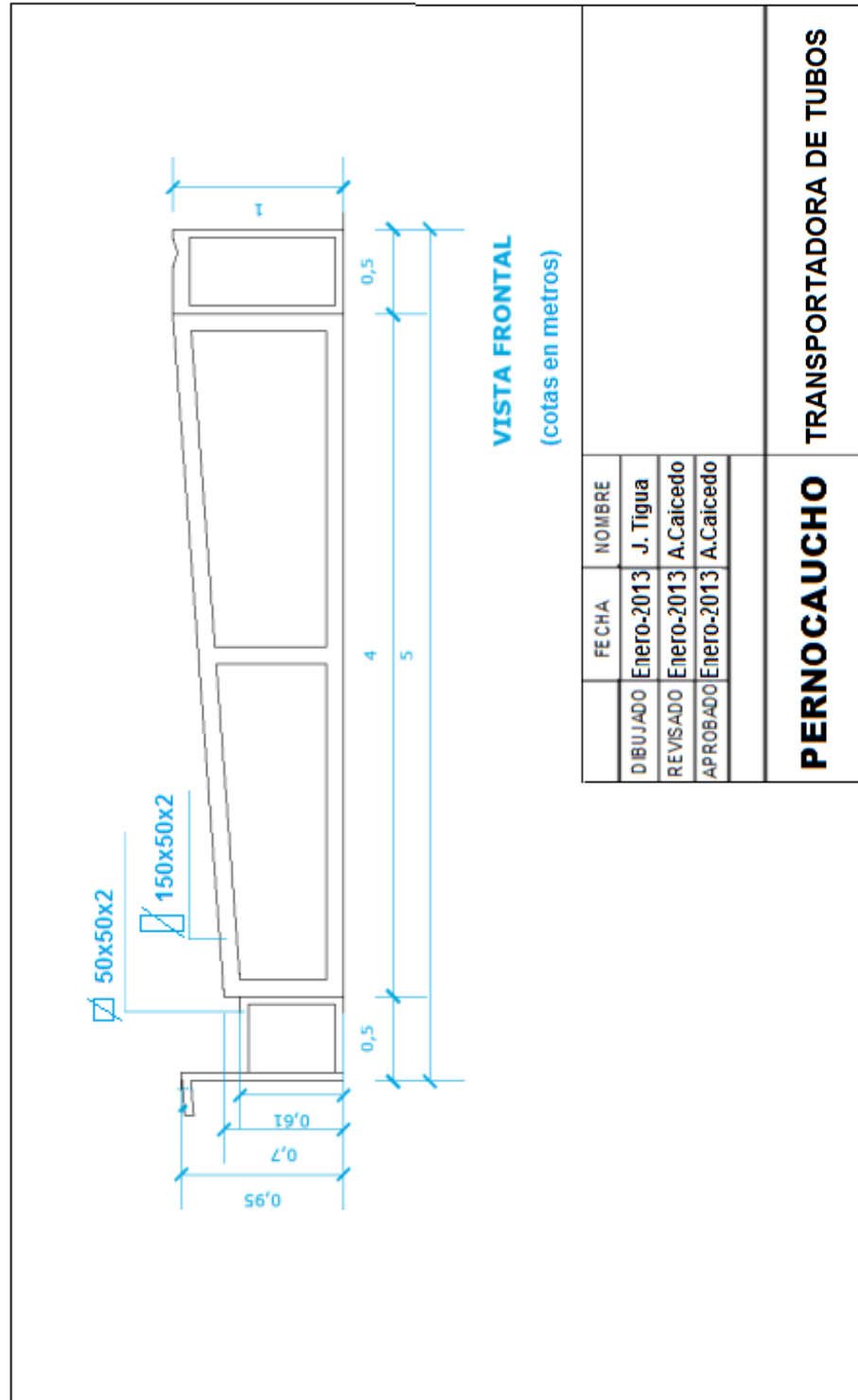
Unit	Pa	kPa	MPa	bar	mbar	kgf/cm <sup>2</sup>	cmH <sub>2</sub> O	mmH <sub>2</sub> O	mmHg	p.s.i.
Pa	1	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-2</sup>	10.2×10 <sup>-6</sup>	10.2×10 <sup>-3</sup>	101.97×10 <sup>-3</sup>	7.5×10 <sup>-3</sup>	0.15×10 <sup>-3</sup>
kPa	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10	10.2×10 <sup>-3</sup>	10.2	101.97	7.5	0.15
MPa	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	1	10	10 <sup>4</sup>	10.2	10.2×10 <sup>3</sup>	101.97×10 <sup>3</sup>	7.5×10 <sup>3</sup>	0.15×10 <sup>3</sup>
bar	10 <sup>5</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>-1</sup>	1	10 <sup>3</sup>	1.02	1.02×10 <sup>3</sup>	10.2×10 <sup>3</sup>	750.06	14.5
mbar	10 <sup>2</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-4</sup>	10	1	1.02×10 <sup>-3</sup>	1.02	10.2	0.75	14.5×10 <sup>-3</sup>
kgf/cm <sup>2</sup>	98066.5	98.07	98.07×10 <sup>-3</sup>	0.98	980.67	1	1000	10000	735.56	14.22
cmH <sub>2</sub> O	98.0665	98.07×10 <sup>-3</sup>	98.07×10 <sup>-6</sup>	0.98×10 <sup>-3</sup>	0.98	10 <sup>-3</sup>	1	10	0.74	14.22×10 <sup>-3</sup>
mmH <sub>2</sub> O	9.80665	9.807×10 <sup>-3</sup>	9.807×10 <sup>-6</sup>	98.07×10 <sup>-6</sup>	98.07×10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	0.1	1	73.56×10 <sup>-3</sup>	1.42×10 <sup>-3</sup>
mmHg	133.32	133.32×10 <sup>-3</sup>	133.32×10 <sup>-6</sup>	1.33×10 <sup>-3</sup>	1.33	1.36×10 <sup>-3</sup>	1.36	13.6	1	19.34×10 <sup>-3</sup>
p.s.i.	6894.76	6.89	6.89×10 <sup>-3</sup>	68.95×10 <sup>-3</sup>	68.95	70.31×10 <sup>-3</sup>	70.31	703.07	51.71	1

■ Conversion table of major force unit conversion of international standard unit and metric system unit

Name	Internation unit → Metric system unit	Metric system unit → Internation unit
Air pressure	1 MPa = 10.2 kgf/cm <sup>2</sup>	1 kgf/cm <sup>2</sup> = 0.098 MPa
Load	1 N = 0.102 kgf	1 kgf = 9.8 N
Torque	1 N · m = 0.102 kgf · m	1 kgf · m = 9.8 N · m
Vacuum pressure	-1 kPa = 7.5 mmHg	-1 mmHg = 0.133 kPa
Inertia force	1 kg · m <sup>2</sup> = 10.2 kgf · cm · S	1 kgf · cm · S = 0.098 kg · m <sup>2</sup>

## APENDICE B

### Transportadora de Tubos.- Vista Frontal



FECHA	NOMBRE
DIBUJADO Enero-2013	J. Tigua
REVISADO Enero-2013	A.Caicedo
APROBADO Enero-2013	A.Caicedo

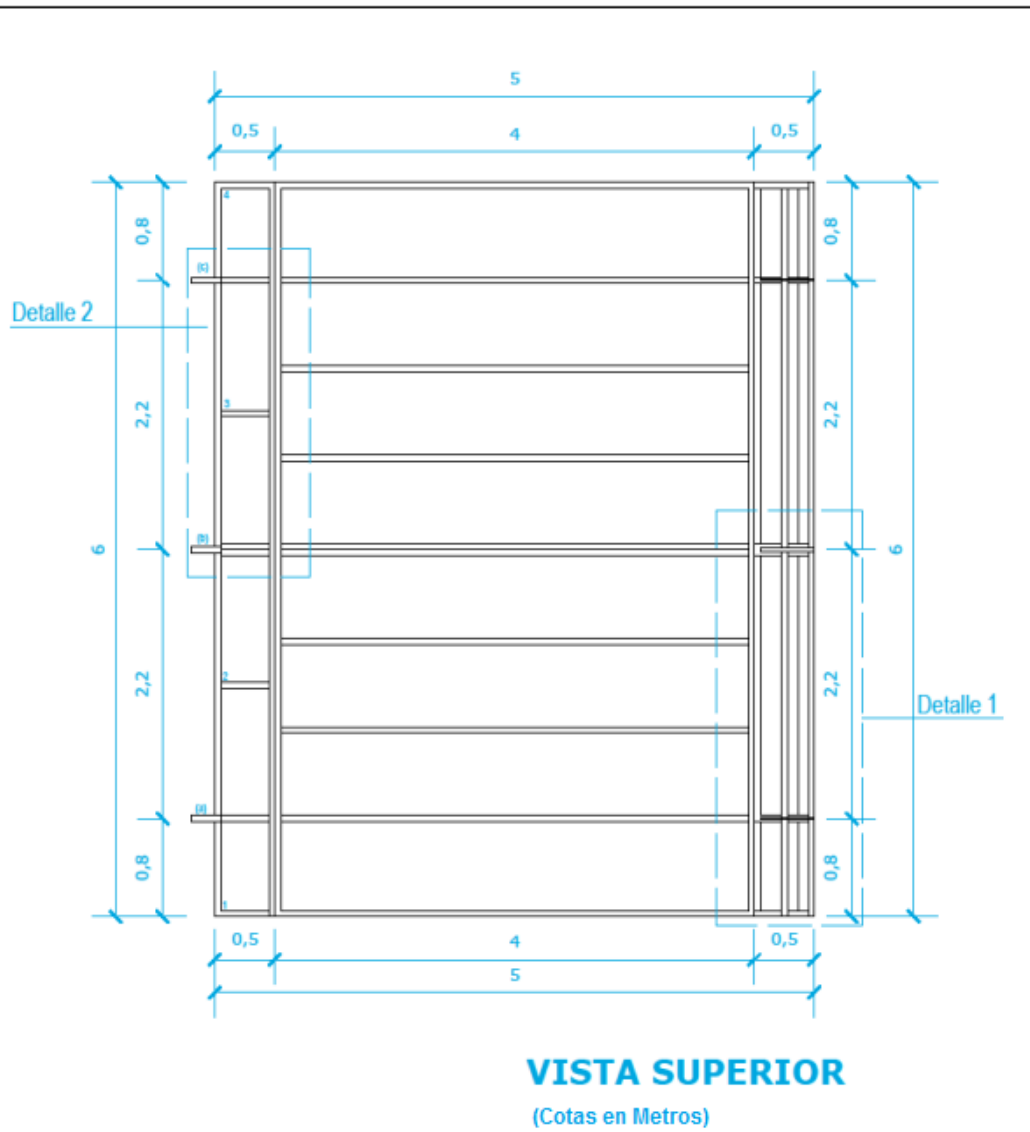
**PERNOCAUCHO**

**TRANSPORTADORA DE TUBOS**



APENDICE C

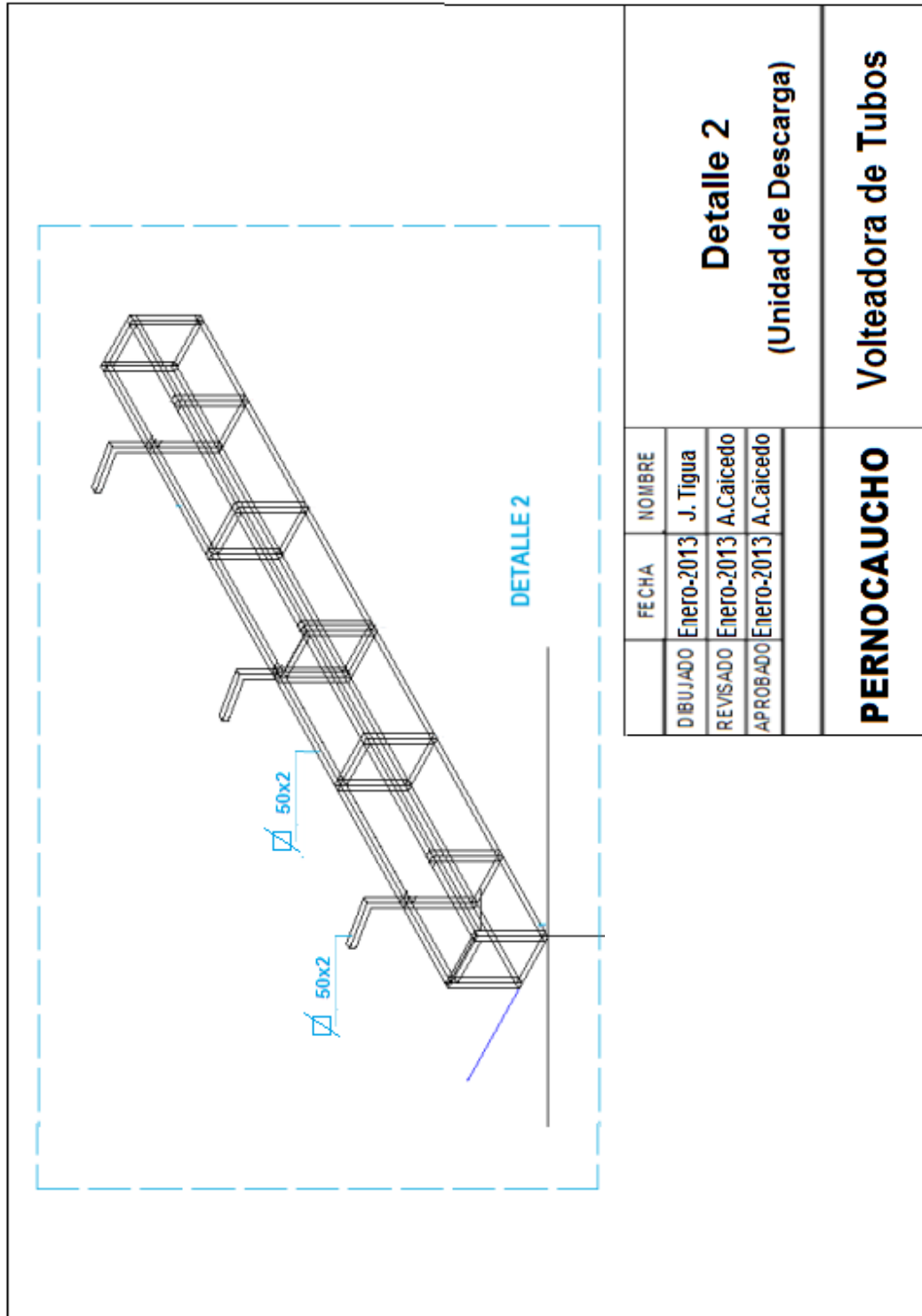
Transportadora de Tubos.- Vista Superior



	FECHA	NOMBRE	
DIBUJADO	Enero-2013	J. Tigua	
REVISADO	Enero-2013	A.Caicedo	
APROBADO	Enero-2013	A.Caicedo	
<b>PERNOCAUCHO</b>			<b>Transportadora de Tubos</b>

APENDICE D

Unidad de Descarga.- Detalle 2



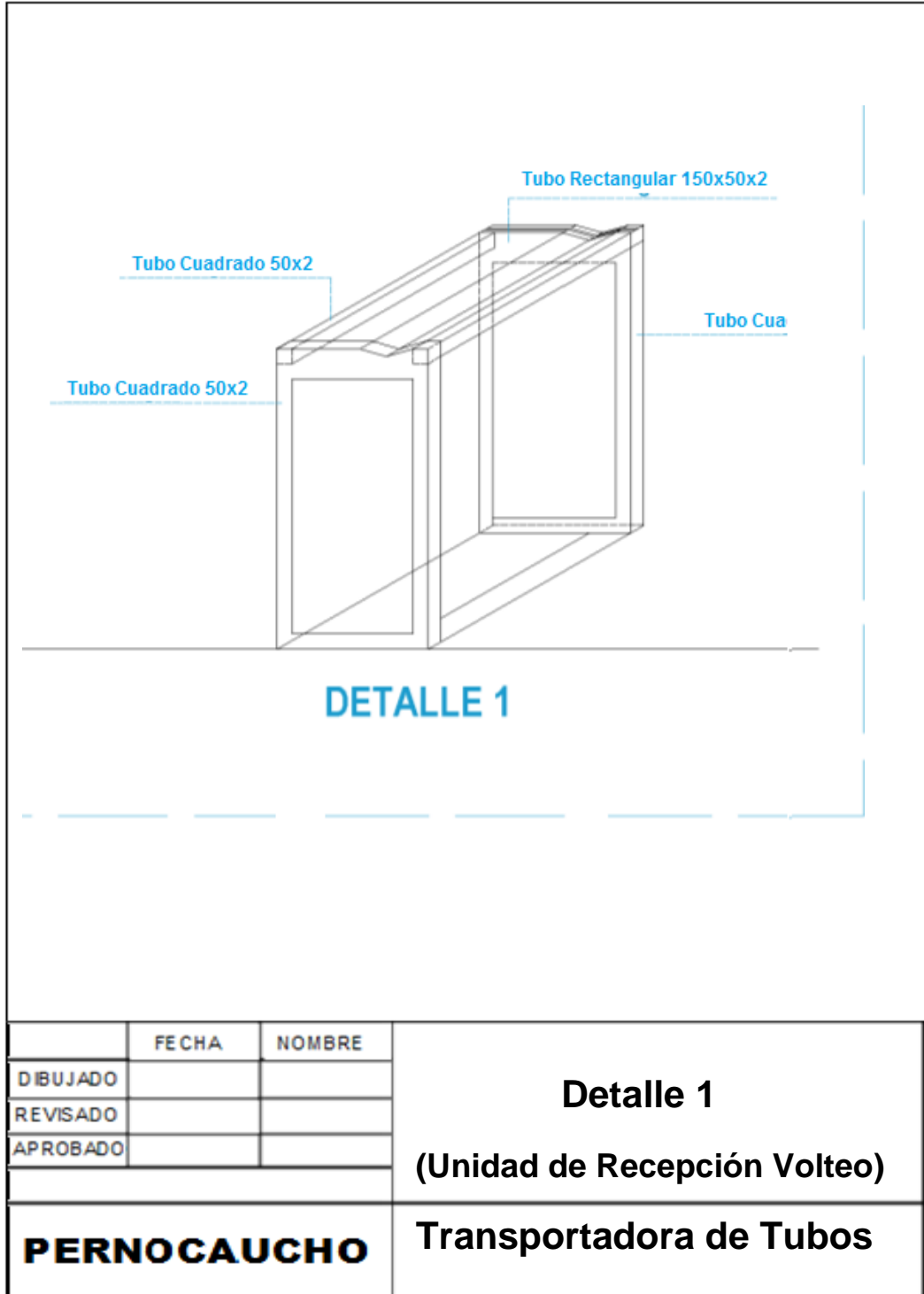
	FECHA	NOMBRE
DIBUJADO	Enero-2013	J. Tigua
REVISADO	Enero-2013	A.Caicedo
APROBADO	Enero-2013	A.Caicedo

**Detalle 2**  
(Unidad de Descarga)

<b>PERNOCAUCHO</b>	<b>Volteadora de Tubos</b>
--------------------	----------------------------

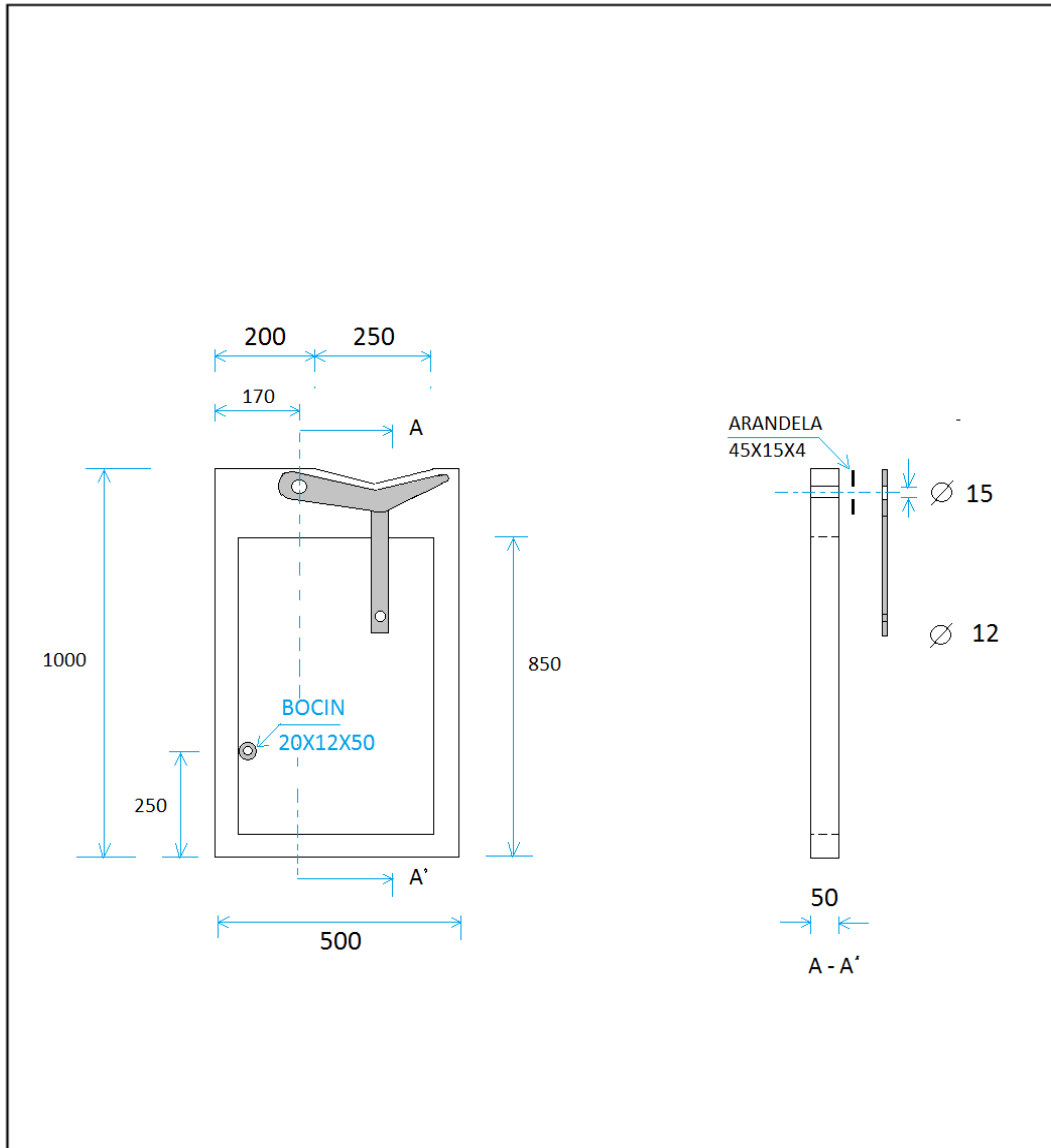
APENDICE E

Unidad de Recepción Volteo.- Detalle 1



APENDICE F

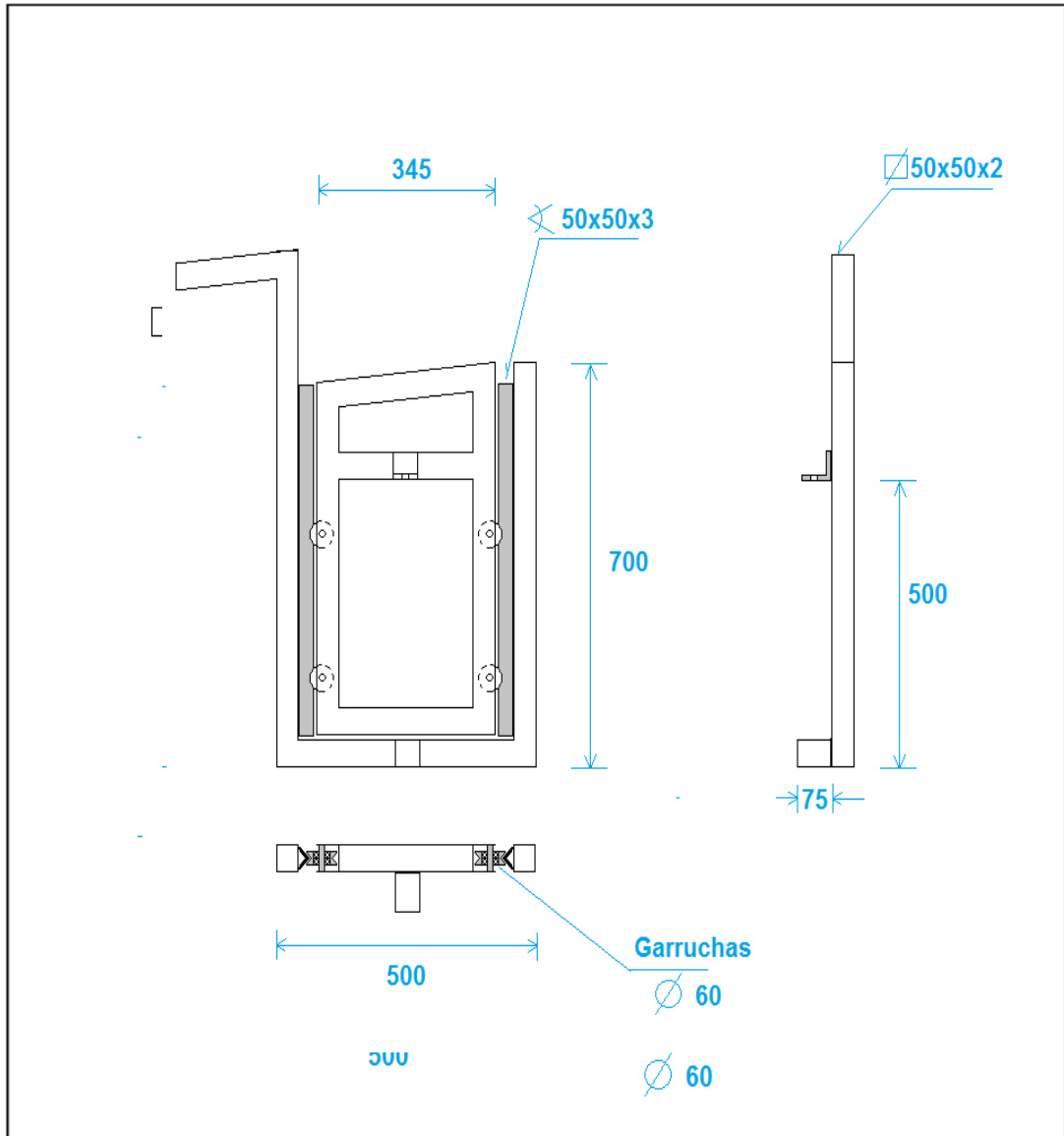
Unidad de Recepción Volteo



	FECHA	NOMBRE	<b>SISTEMA DE VOLTEO</b>
DIBUJADO	Enero-2013	J. Tigua	
REVISADO	Enero-2013	A.Caicedo	
APROBADO	Enero-2013	A.Caicedo	
<b>PERNOCAUCHO</b>			<b>Transportadora de Tubos</b>

APENDICE G

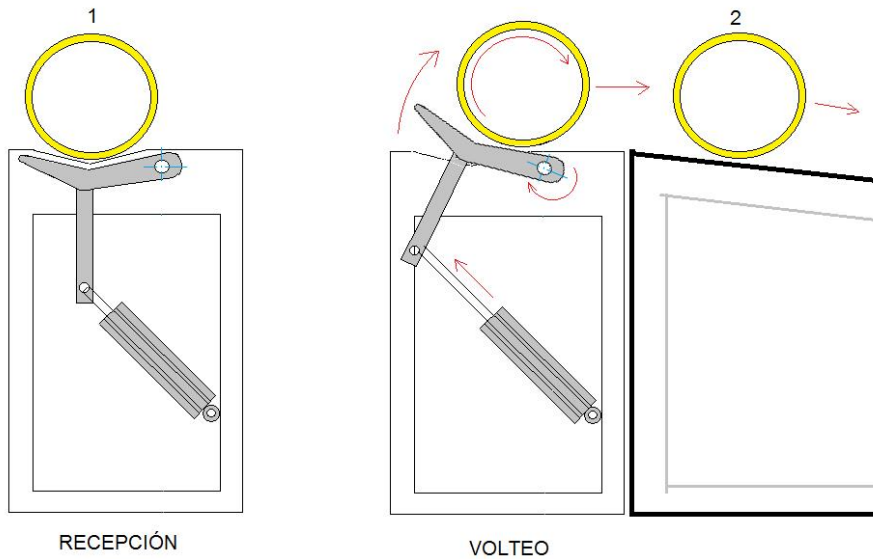
Unidad de Descarga



	FECHA	NOMBRE	UNIDAD DE DESCARGA
DIBUJADO	Enero-2013	J. Tigua	
REVISADO	Enero-2013	A.Caicedo	
APROBADO	Enero-2013	A.Caicedo	
<b>PERNOCAUCHO</b>			<b>Transportadora de Tubos</b>

APENDICE H

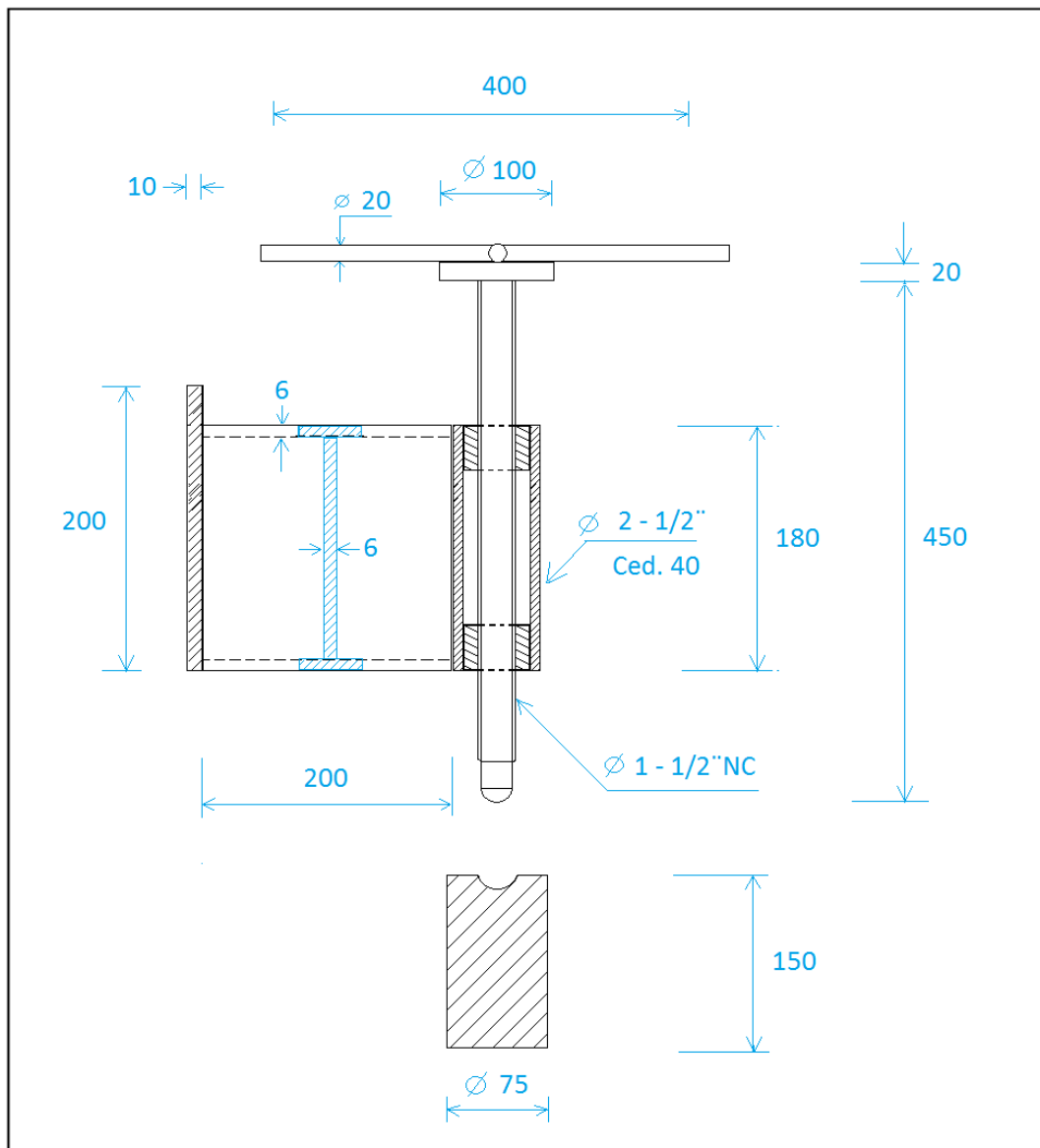
Unidad de Recepción y Volteo.- Representación de Movimientos



**UNIDAD DE RECEPCIÓN Y VOLTEO**  
**REPRESENTACIÓN DE MOVIMIENTOS**

APENDICE I

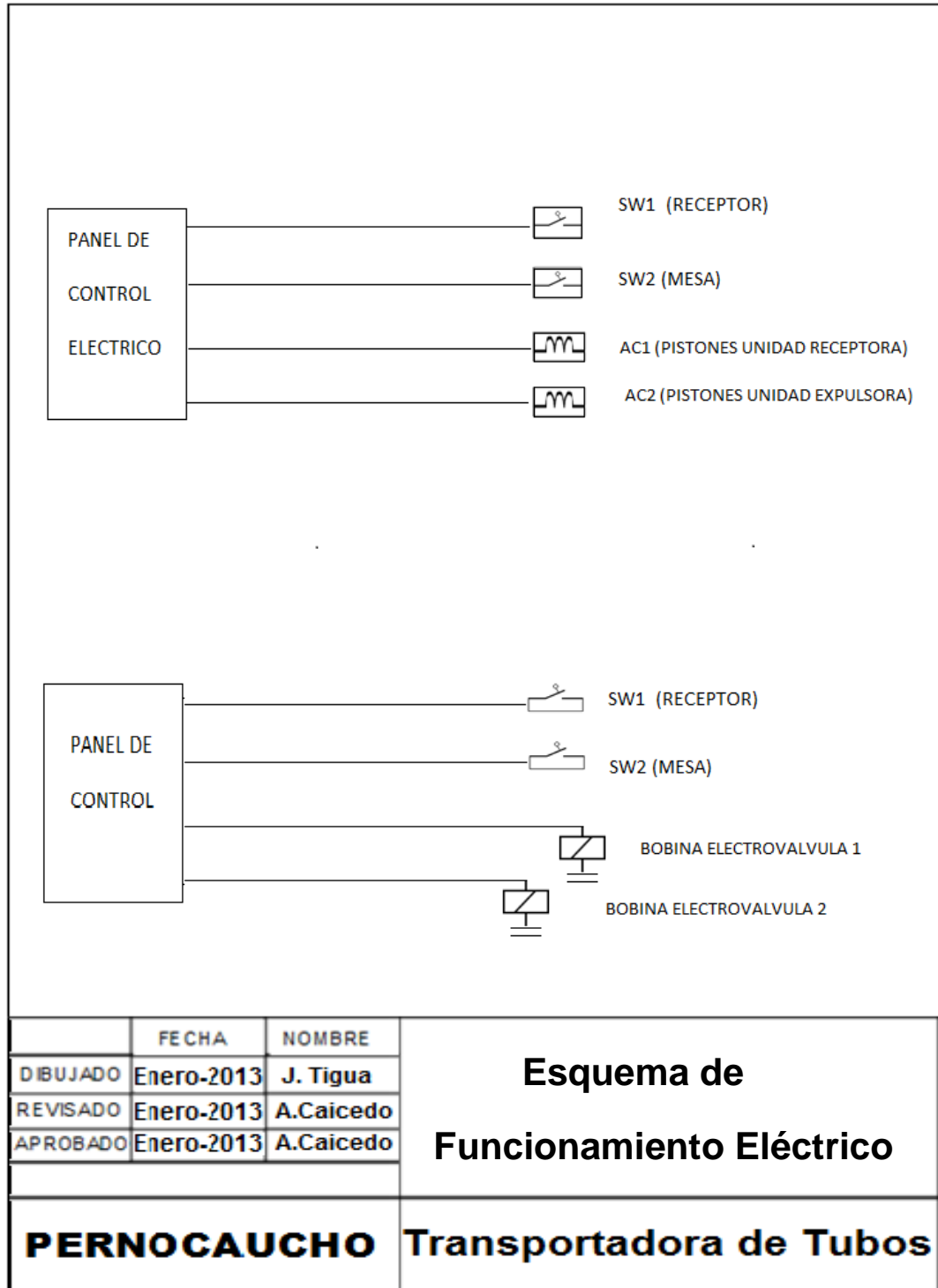
Sistema de Regulación de la Pata



	FECHA	NOMBRE	<b>Sistema de Regulación De la Pata</b>
DIBUJADO	Enero-2013	J. Tigua	
REVISADO	Enero-2013	A.Caicedo	
APROBADO	Enero-2013	A.Caicedo	
<b>PERNOCAUCHO</b>			<b>Transportadora de Tubos</b>

APENDICE J

Esquema de Funcionamiento Eléctrico

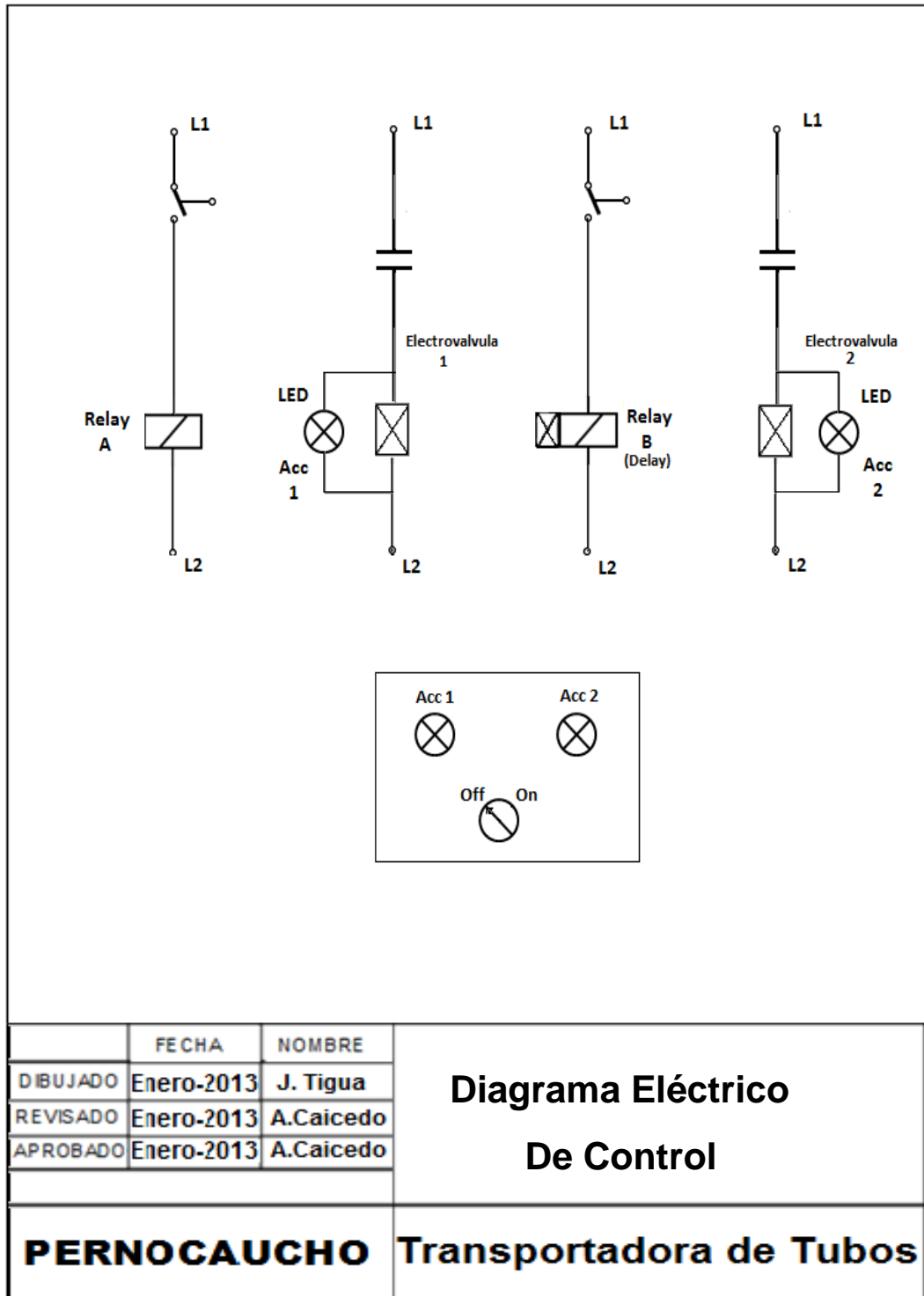


	FECHA	NOMBRE	<b>Esquema de Funcionamiento Eléctrico</b>
DIBUJADO	Enero-2013	J. Tigua	
REVISADO	Enero-2013	A.Caicedo	
APROBADO	Enero-2013	A.Caicedo	
<b>PERNOCAUCHO</b>			<b>Transportadora de Tubos</b>



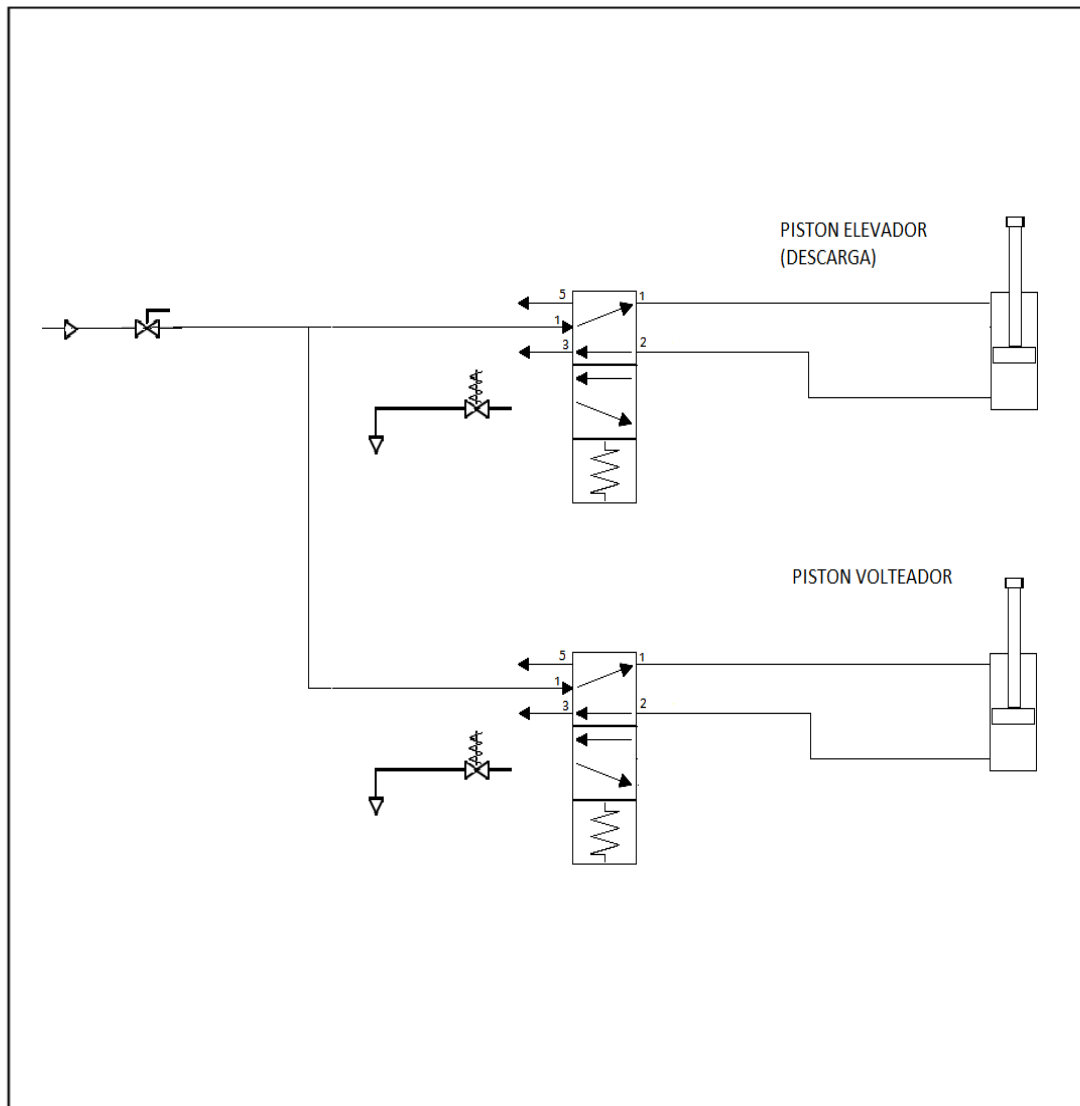
APENDICE K

Diagrama Eléctrico de Control



APENDICE L

Diagrama del Sistema Neumático



	FECHA	NOMBRE	<b>Diagrama del Sistema Neumático</b>
DIBUJADO	Enero-2013	J. Tigua	
REVISADO	Enero-2013	A.Caicedo	
APROBADO	Enero-2013	A.Caicedo	
<b>PERNOCAUCHO</b>			<b>Transportadora de Tubos</b>

## APENDICE M

### Imágenes de la Transportadora en Funcionamiento



**Transportadora de Tubos en Funcionamiento**



**Transportadora de Tubos  
(Vista Frontal)**

# BIBLIOGRAFÍA

1. Chelic Pneumatic Equipment. (s.f.). *Chelic Pneumatic Equipment*. Recuperado el 23 de 02 de 2015, de <http://www.chelic.com/eng/products/AC/DN.php>
2. Gómez, F. (03 de 10 de 2014). Normativa para tuberías plásticas. Valencia, España.
3. Instituto Nacional del Emprendedor. (22 de 02 de 2014). *Contacto Pyme*. Recuperado el 02 de 12 de 2014, de FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO Y ESCALAS DE PRODUCCION:  
<http://www.contactopyme.gob.mx/guiasempresariales/guias.asp?s=14&guia=104&giro=10&ins=985>
4. Instituto Nacional del Emprendedor. (22 de 02 de 2014). FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO Y ESCALAS DE PRODUCCION. Méjico D.F., Méjico.
5. International Standarization Organization. (2004). *ISO*. Recuperado el 15 de 11 de 2014, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-2:v1:en>
6. ISO. (2008). *ISO*. Recuperado el 20 de 11 de 2014, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-4:v2:en>
7. ProMateriales . (2003). Tuberías de materiales plásticos. Madrid, España.
8. CHELIC PNEUMATIC EQUIPMENTS CATALOG