

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

“Montaje y Puesta en Marcha de la Planta Piloto de Procesamiento de  
Plásticos y Laboratorio para Análisis y Evaluación de Plásticos en la ESPOL”

**PROYECTO DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIEROS MECÁNICOS**

Presentada por:

**Pamela Lorena Lamán Anchundia**

**Álvaro Geovanny Verdezoto Domínguez**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2009**

## DEDICATORIA

A mis queridos padres que con mucho cariño y esfuerzo me brindaron las herramientas para conquistar un logro más en mi vida. A mis hermanos por su alegría e incentivos a lo largo de mi vida. A mi familia. A César por su tiempo y apoyo incondicional. A mis profesores por su empuje brindados a lo largo de la carrera. A mis amigos.

*Pamela*

A Dios. A mis padres. A mis hermanos. A mi tía. A mis amigos.

*Álvaro*

## **AGRADECIMIENTO**

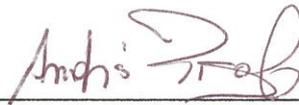
A Dios, por habernos bendecido con la sabiduría y fortaleza para culminar con éxito todos nuestros proyectos planteados en la vida. A nuestros padres, quienes con su apoyo incondicional y ejemplo de vida, supieron motivarnos hasta alcanzar nuestras metas. A los ingenieros Ernesto Martínez, Andrés Rigáil Director del Proyecto, Alfredo Torres, por su colaboración en la realización del mismo.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

Ing. Francisco Andrade S.  
DECANO FIMCP  
PRESIDENTE



---

Ing. Andrés Rigail C.  
DIRECTOR DEL PROYECTO

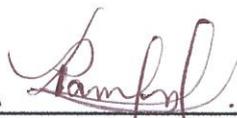


---

Ing. Ernesto Martínez L.  
VOCAL PRINCIPAL

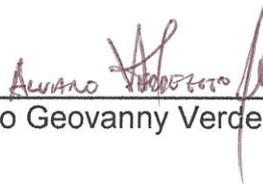
## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de grado, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”



---

Pamela Lorena Laman Anchundia



---

Alvaro Geovanny Verdezoto Domínguez

## RESUMEN

La industria plástica tiene un papel muy importante en el desarrollo de la sociedad. En los últimos años las tendencias económicas mundiales debidas a la globalización nos indican que la industria ecuatoriana de plásticos tiene que desarrollar productos con valor agregado y de esta manera poder competir con industrias plásticas a nivel mundial.

La mayoría del personal que labora en estas empresas no tiene una formación técnica, sus conocimientos son básicos y por tanto no son eficientes en sus puestos de trabajo; debido a esto nace la idea de crear una institución que forme y capacite profesionales para estos sectores.

Con la creación de la carrera “tecnología de plásticos” se beneficiaron todos los actores de las cadenas productivas donde los plásticos tienen un rol importante en la industria ecuatoriana tales como la industria del camarón, industria alimenticia, industria de la construcción, en otras hasta los consumidores finales.

Se pudo identificar los principales actores interesados en la ejecución de este proyecto a ASEPLAS, el cual es el ente asociativo de la industria de plásticos, la ESPOL como formador de profesionales de excelencia y la sociedad ecuatoriana como consumidores de los productos plásticos.

Debido a estos antecedentes surgió la necesidad de crear una planta piloto y laboratorio de procesamiento de plásticos, donde se pudo analizar y evaluar los plásticos para mejorar la competitividad de las industrias locales a través de entrenamiento, proyectos de innovación tecnológica, transferencia de tecnología, conocimiento de las últimas tendencias.

El presente proyecto muestra el montaje y puesta en marcha de la planta de producción y el laboratorio de plásticos de la ESPOL, los cuales se encuentran ubicados en el taller de producción de la ESPOL, frente a las instalaciones de la FIMCP.

Se inicia con el análisis del problema y las necesidades del proyecto. Luego se realizó la planificación del proyecto a través de un programa de trabajo donde consta la distribución de las máquinas y equipos tanto del laboratorio como de la planta, de acuerdo al área y espacio seleccionados.

Este trabajo incluye analizar los procesos, determinar las características y descripción de las máquinas y equipos y su ubicación en el área seleccionada; también se analiza cada equipo para su correcta instalación mediante un cronograma de trabajo. También se realiza una descripción de los trabajos eléctricos e instalación del circuito de tuberías para los sistemas de enfriamiento y de aire comprimido. Después se explica el montaje y puesta en marcha de la inyectora y la extrusora de películas así como su correcta operación.

Luego se realiza un análisis de costos de las máquinas y costos de construcción y montaje de la planta así como el presupuesto del proyecto. Se incluyen todos los datos bibliográficos y anexos del proyecto, como también las conclusiones y recomendaciones del proyecto realizado.

Al finalizar la elaboración del proyecto se han presentado los trabajos realizados desde la adquisición de las máquinas hasta la puesta en operación de las mismas con lo cual podemos concluir que lo programado se ejecutó en su totalidad existiendo desviaciones tanto en la parte relativa al tiempo y el presupuesto considerando que surgieron actividades no consideradas inicialmente.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	V
ABREVIATURAS.....	IX
SIMBOLOGÍA.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	1
 <b>CAPÍTULO 1</b>	
1. ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Identificación de la necesidad.....	3
1.2. Compresión estructural del proyecto.....	5
 <b>CAPÍTULO 2</b>	
2. PLANIFICACIÓN DEL LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS.....	8
2.1. Selección de procesos de la planta.....	8

2.1.1. Inyección.....	9
2.1.2. Extrusión de películas.....	13
2.1.3. Reciclaje.....	19
2.2. Selección de procesos del laboratorio.....	22
2.2.1. Ensayo de tracción.....	23
2.2.2. Medición del índice de fluidez.....	25
2.2.3. Ensayo de temperatura de reblandecimiento VICAT.....	29
2.2.4. Ensayo de impacto IZOD.....	31
2.2.5. Ensayos reológicos para caracterización de materiales.....	33
2.3. Distribución de planta y laboratorio.....	35
2.3.1. Selección y descripción de máquina inyectora.....	35
2.3.2. Selección y descripción de máquina extrusora.....	39
2.3.3. Selección y descripción de equipos de laboratorio.....	42
2.4. Selección del área para la ubicación de la planta y laboratorio..	46
2.4.1. Ubicación del área de la planta y laboratorio.....	46
2.4.2. Máquinas y equipos en la planta y laboratorio.....	47
2.5. Cronograma general del proyecto.....	48

### **CAPÍTULO 3**

3. EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	49
3.1. Desarrollo del programa de trabajo.....	49
3.2. Lista de materiales utilizados.....	51

3.3. Lista de equipos empleados.....	53
3.4. Descripción de los trabajos realizados.....	55
3.5. Instalaciones eléctricas.....	56
3.6. Sistema de enfriamiento de agua.....	59
3.7. Sistema de aire comprimido.....	63
3.8. Ingreso de las máquinas y equipos a la planta.....	76

#### **CAPÍTULO 4**

4. MONTAJE DE LA PLANTA.....	80
4.1. Consideraciones previas al montaje de las máquinas.....	80
4.2. Montaje de máquina inyectora y extrusora de películas.....	81
4.3. Nivelación.....	97
4.4. Descarga del aceite.....	99

#### **CAPÍTULO 5**

5. PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS DE LAS MÁQUINAS.....	102
5.1. Puesta en marcha de inyectora, extrusora de películas y máquinas de laboratorio.....	102
5.2. Encendida de máquinas.....	103
5.3. Ajuste presión/velocidad.....	105
5.4. Protección hidráulica.....	106
5.5. Montaje de molde, llenado de tolva y producción.....	107

5.6. Pruebas realizadas y producto terminado.....	115
---	-----

## **CAPÍTULO 6**

6. ANÁLISIS DE COSTOS.....	121
6.1. Análisis de costos de las máquinas.....	121
6.2. Análisis de costos del montaje y construcción de la planta.....	123
6.3. Presupuesto.....	128

## **CAPÍTULO 7**

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	141
--	-----

## **APÉNDICES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## ABREVIATURAS

\$/hora	Dólares por hora
°C/hora	Grados centígrados por hora
Amp	Amperio
A/A	Aire acondicionado
AC	Corriente alterna
ASEPLAS	Asociación Ecuatoriana de Plásticos
ASTM	American Society for Testing Materials
awg	American wire gauge
Btu/h	Btu por hora
C. Total	Costo total
C. Unit.	Costo unitario
Cal/g °C	Caloría por gramo grado centígrado
Cant.	Cantidad
cfm	Pies cúbico por minuto
cm	Centímetros
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
Co.	Compañía
CTT	Centro de Transferencia de Tecnologías
equiv.	Equivalente
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
galv.	Galvanizado
GLB.	Global
gr	Gramos
HP	Caballos de fuerza
HT	Heat transfer

Hz	Hertz
Ing.	Ingeniero
ISO	International Standard Organization
Kcal/h	Kilocalorías por hora
Kg.	Kilogramos
Kg/cm <sup>2</sup>	Kilogramos por centímetros cuadrado
Kg/h	Kilogramos por hora
KW	Kilowatts
lb/pie <sup>3</sup>	Libras por pie cúbico
lbs/pie <sup>2</sup>	Libras por pie cuadrado
LCD	Liquid cristal display
LLDPE	Polietileno de baja densidad lineal
Long.	Longitud
m	Metro
m/min	Metros por minuto
m/s	Metros por segundo
M <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
m <sup>3</sup> /s	Metros cúbicos por segundo
mA	Miliamperios
máx.	Máximo
ML.	Metros lineales
mm	Milímetros
mm/m	milímetros por metro
°C	Grados centígrados
PEAD (HDPE)	Polietileno de alta densidad
PEBD (LDPE)	Polietileno de baja densidad
pies/min	Pies por minuto
pies/seg	Pies por segundo
pies <sup>3</sup>	Pies cúbicos
PS	Poliestireno
psi	Pounds per square inch (libras por pulgada cuadrada)
pulg.	Pulgadas
PVC	Policloruro de vinilo
R	Grados Rankine
S.A.	Sociedad anónima

sch.	Cédula
TON	Tonelada
UND.	Unidades
V. Total	Valor total
V. Unit.	Valor unitario
W	Watts

## SIMBOLOGÍA

\$	Dólares
$\mu$	Viscosidad
A	Área
D	Diámetro
f	Coeficiente de pérdida de carga
FAD	Aire libre entregado
g	Gravedad
H	Pérdida de carga
k	Coeficiente de rugosidad
L	Longitud
N	Newton
$\emptyset$	Diámetro
P	Presión
$P_a$	Presión actual absoluta
$P_{at}$	Presión atmosférica
$P_i$	Presión inicial
$P_f$	Presión final
$P_s$	Presión estándar absoluta
Q	Caudal
$Q_a$	Caudal de flujo en condiciones actuales
Re	Número de Reynolds
$T_a$	Temperatura actual ambiente
$T_s$	Temperatura estándar
V	Voltaje

$v$	Velocidad del fluido
$V_t$	Volumen de tanque
$z$	Altura de tubería
$\Delta P$	Variación de presión
$\rho$	Densidad

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 2.1	Esquema básico de máquina de inyección.....	11
Figura 2.2	Ciclo de inyección.....	12
Figura 2.3	Línea de peletizado.....	21
Figura 2.4	Dimensiones de la probeta para el ensayo de tracción.....	24
Figura 2.5	Gráfica esfuerzo vs deformación.....	25
Figura 2.6	Equipo de medición de índice de fluidez.....	26
Figura 2.7	Máquina para ensayo VICAT.....	30
Figura 2.8	Dimensiones de la probeta para el ensayo IZOD.....	31
Figura 2.9	Máquina para ensayo IZOD.....	32
Figura 2.10	Equipo Brabender Plastograph.....	35
Figura 2.11	Máquina inyectora.....	36
Figura 2.12	Máquina inyectora.....	38
Figura 2.13	Máquina extrusora.....	40
Figura 3.1	Chiller chuting.....	61
Figura 3.2	Tubería de sistema de enfriamiento de agua.....	62
Figura 3.3	Cuello de cisne de sistema de aire comprimido.....	76
Figura 3.4	Levantada de montacargas de 5 ton.....	77
Figura 3.5	Ingreso y ubicación de extrusora F-50.....	78
Figura 3.6	Llegada e ingreso de inyectora Lien Yu.....	78
Figura 3.7	Ubicación de inyectora Lien Yu.....	79
Figura 3.8	Ingreso de chiller chuting.....	79
Figura 4.1	Aplicación de montacargas a la inyectora.....	83
Figura 4.2	Aplicación de montacargas a la extrusora.....	84
Figura 4.3	Levantada de extrusora.....	85
Figura 4.4	Movimiento del panel de control.....	86
Figura 4.5	Montaje de rodillos de tiro.....	86
Figura 4.6	Instalación de mangueras al anillo de aire.....	87
Figura 4.7	Alineamiento de rodillo de agarre con la extrusora y el dado.....	88
Figura 4.8	Montaje de plataforma para operación.....	89
Figura 4.9	Montaje de pasamanos en plataforma y escalera.....	89

Figura 4.10	Montaje de cargador de materia prima de la máquina extrusora.....	90
Figura 4.11	Soportes instalados.....	92
Figura 4.12	Montaje de tolva de secado.....	93
Figura 4.13	Montaje de cargador de materia prima.....	93
Figura 4.14	Conexión de tubo de aspiración.....	94
Figura 4.15	Instalación eléctrica.....	96
Figura 4.16	Alineación y ajuste de la inyectora.....	97
Figura 4.17	Alineación y ajuste de la extrusora.....	98
Figura 4.18	Nivelación de inyectora.....	98
Figura 4.19	Nivelación de la extrusora.....	99
Figura 4.20	Bomba de aceite y aceite para inyectora.....	101
Figura 5.1	Montaje de molde de la máquina inyectora.....	107
Figura 5.2	Suministro de materia prima inyectora.....	108
Figura 5.3	Montaje molde de extrusión.....	109
Figura 5.4	Suministro de materia prima extrusora.....	111
Figura 5.5	Formación de burbuja de aire.....	112
Figura 5.6	Paso del plástico por los rodillos.....	113
Figura 5.7	Máquina extrusora en operación.....	115
Figura 5.8	Producto semielaborado de inyectora.....	116
Figura 5.9	Producto terminado de inyectora.....	116
Figura 5.10	Embobinado del producto.....	117
Figura 5.11	Medición del índice de fluidez.....	118
Figura 5.12	Ensayo de impacto IZOD.....	119
Figura 5.13	Ensayo reológico.....	120

## ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Índice de fluidez utilizado de acuerdo al proceso.....	27
Tabla 2	Condiciones de trabajo para algunos materiales plásticos...	28
Tabla 3	Matriz de decisiones para la selección del área de la planta.....	46
Tabla 4	Lista de materiales.....	51
Tabla 5	Lista de equipos empleados.....	53
Tabla 6	Requerimiento total de aire del sistema.....	63
Tabla 7	Accesorios utilizados en anillo principal.....	65
Tabla 8	Longitud equivalente de accesorios de $\varnothing \frac{3}{4}$ ".....	67
Tabla 9	Longitud equivalente de accesorios de $\varnothing \frac{3}{4}$ " para bajantes.	72
Tabla 10	Descripción de la carga del montacargas.....	83
Tabla 11	Costos de las máquinas y equipos del laboratorio de procesamiento de plásticos.....	122
Tabla 12	Costo total de accesorios para el sistema de enfriamiento..	123
Tabla 13	Costo total de accesorios para el sistema de aire comprimido.....	125
Tabla 14	Costo de mano de obra.....	126
Tabla 15	Detalle de la mano de obra del montaje de las máquinas...	127
Tabla 16	Equipos para unidades de procesamiento del área de producción.....	128
Tabla 17	Equipos para laboratorio de ensayo analítico, termomecánicos y reología.....	129
Tabla 18	Presupuesto de obra civil.....	130
Tabla 19	Presupuesto de instalación eléctrica.....	134

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Vista de planta de sistema de agua helada
Plano 2	Plano isométrico de tuberías de sistema de agua helada
Plano 3	Vista de planta sistema de aire comprimido
Plano 4	Plano isométrico de tuberías de sistema de aire comprimido
Plano 5	PID de sistema de agua helada y aire comprimido

## **INTRODUCCIÓN**

La Asociación Ecuatoriana de Plásticos ASEPLAS, organismo que reúne el 90% de la industria plástica del Ecuador y que además es el nexo entre la industria plástica y la ESPOL, advirtió del deficiente estado tecnológico, de selección y capacitación de personal, de investigación, de auditoría de calidad, entre otros, en el que se encuentra la industria plástica; por lo que encontró la necesidad de realizar un convenio con la ESPOL con el propósito de establecer bases de una cooperación recíproca para la promoción y realización de estudios, investigaciones y actividades de interés mutuo.

Desde el convenio se han ejecutado varias acciones en el desarrollo del mismo tales como cursos, seminarios, conferencias, pasantías de estudiantes, proyectos de investigación, eventos académicos, entre otros.

El presente proyecto es la cristalización de un plan conjunto entre ASEPLAS y ESPOL para apoyar la innovación tecnológica de la industria ecuatoriana de plásticos.

# Capítulo 1

## 1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA.

El personal que labora en las empresas dedicadas al procesamiento del plástico son personas que han adquirido entrenamiento y experiencia de forma empírica a lo largo de los años de trabajo en la industria.

En el Ecuador, la industria plástica es una industria joven, con escaso personal especializado, con procesos similares en muchas de ellas, que generan excesivo desperdicio y en muchos casos, con producto terminado sin control de calidad, en especial en industrias pequeñas, debido a la falta de innovación tecnológica y de contar con un lugar que forme y capacite trabajadores e investigadores y así mejorar la competitividad del producto ecuatoriano en mercados internacionales atribuyendo valor agregado a nuevos productos, mediante la mejora en procesos existentes, generando menor desperdicio que se traduce en mayor eficiencia y mejor utilidad.

## **1.1 Identificación de la necesidad.-**

En la actualidad, ASEPLAS posee una comisión de capacitación la cual se encarga de desarrollar programas de capacitación para la industria de plásticos ecuatoriana. Sin embargo, debido a la diversidad de industrias, nivel tecnológico diferenciado en las mismas, se requieren de programas específicos con respecto a la capacitación e investigación. Estos programas en la actualidad son generales y dificulta un mayor progreso de las pequeñas industrias de plásticos, principalmente.

ASEPLAS y ESPOL dentro del convenio desde 1994 han venido realizando esfuerzos en conjunto para impulsar la capacitación y en los últimos años, la investigación de una manera generalizada. Básicamente, la razón por lo cual no se ha profundizado en estos esfuerzos ha sido la falta de equipamiento tecnológico para el procesamiento de plásticos.

Se espera que con un laboratorio se pueda mejorar el nivel de productividad de las industrias; sin embargo, la industria plástica es una industria dinámica y de alto nivel de competitividad por lo que requiere un centro de plásticos que aglutine las necesidades de la industria a través de:

a) Programas de investigación, desarrollo, innovación y transferencia de tecnologías.

b) Programas de entrenamiento para introducción de nuevas tecnologías en la industria plástica.

c) Servicios tecnológicos en el área de plásticos que contribuyan al fortalecimiento de la industria, de la universidad y de la sociedad.

## 1.2 Comprensión estructural del Proyecto

### Lo existente:

- ASEPLAS dispone sus oficinas principales y su laboratorio de ensayos plásticos en la FIMCP (ESPOL).
- La FIMCP incluye en su carrera de Ingeniería Mecánica materias relacionadas a los materiales plásticos y su procesamiento.
- ESPOL y ASEPLAS trabajan en pequeños proyectos de investigación.
- ESPOL trabaja junto con ASEPLAS en el desarrollo de programas de capacitación.
- ASEPLAS presta su laboratorio para la formación de estudiantes de la FIMCP en el área de los plásticos.
- La industria no dispone de un lugar que le permita conocer y adaptar nuevas tecnologías en plásticos a sus procesos productivos.
- No existe un centro de entrenamiento de nivel avanzado.

**Lo deseado:**

- Equipar el centro con maquinaria para procesamiento de plásticos y laboratorio de alta tecnología.
- Crear un comité de consejería de la Industria que participe activamente respecto a la operación del centro.
- ESPOL y ASEPLAS trabajan en proyectos con participación de la mayoría de las industrias.
- ESPOL trabaja con ASEPLAS en programas de entrenamiento avanzado y gerencial.
- Estudiantes de la FIMCP y ESPOL participan en pasantías y proyectos en el centro de investigación en la industria.
- El centro tiene un laboratorio que le permite hacer cualquier tipo de ensayo importante para cualquier tipo de productos plásticos.
- Obtener una certificación para el laboratorio de plásticos.
- Comisión de Tecnologías que incluya: innovación, investigación, desarrollo y transferencia.

**Lo factible:**

- Equipar un centro con maquinaria y laboratorio de acuerdo a las necesidades mínimas de la industria.
- Crear un comité que asesore y represente las necesidades de la industria.
  - Mantener sistemas de monitoreo de procesos operativos del centro en busca de calidad de servicio a clientes.
- La industria participa con la ESPOL en proyectos diversificados para la necesidad y nivel de cada empresa.
- Participación de alumnos en proyectos desarrollados en el centro con auspicio de la industria.
- El centro dispone inicialmente de un laboratorio para análisis y caracterización de resinas y productos plásticos.
- El laboratorio dispone al menos inicialmente una certificación ISO 9000.
- Comisión de Tecnología inicia con innovación e investigación de productos.

# Capítulo 2

## 2. PLANIFICACIÓN DEL LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS.

Se requiere planificar un laboratorio que brinde capacitación en la operación y mantenimiento de las máquinas que conforman una industria modelo de plásticos y que además ofrezca servicios de consultoría a disposición de los estudiantes de la ESPOL así como para empresas del sector plástico, por esto, se requiere hacer un proceso de selección de las máquinas que deberían conformar dicho laboratorio tanto en la parte de procesamiento como en ensayos y caracterización.

### 2.1 Selección de procesos de la planta.

Los procesos más comunes con los que cuenta el sector plástico son: inyección, extrusión y reciclaje.

## 2.1.1 Inyección.

El proceso de inyección consiste básicamente en:

a) Plastificar y homogenizar con ayuda del calor el material plástico que ha sido alimentado en la tolva y el cual entrará por la garganta del cilindro.

b) Inyectar el fluido por medio de presión en las cavidades del molde, del cual tomará la forma o figura que tenga dicho molde.

c) Tomar un tiempo de espera en el que el plástico se enfría dentro del molde, posteriormente se abre el molde y expulsa la pieza moldeada.

Este proceso esta dado por la unidad de inyección, que es la encargada de transformar la resina plástica en un fluido homogéneo con las condiciones adecuadas para poder ser inyectada en el molde, cerrado con presión y temperatura apropiadas.

A cargo de la unidad de inyección está la preparación de la resina, la misma que se alimenta en forma de gránulos sólidos a temperatura ambiente en un reservorio que se conecta con el cilindro de calefacción en su parte más fría.

El tornillo gira en el interior del cilindro para transportar los gránulos desde la zona más fría hasta la más caliente, sometiendo a los gránulos a esfuerzos de fricción, compresión, mezcla y calentamiento con el fin de lograr un fluido homogéneo.

En el giro del tornillo se utilizan tanto motores hidráulicos como motores eléctricos, acoplados mediante dispositivos reductores de velocidad. La fase de inyección se logra mediante dispositivos hidráulicos.

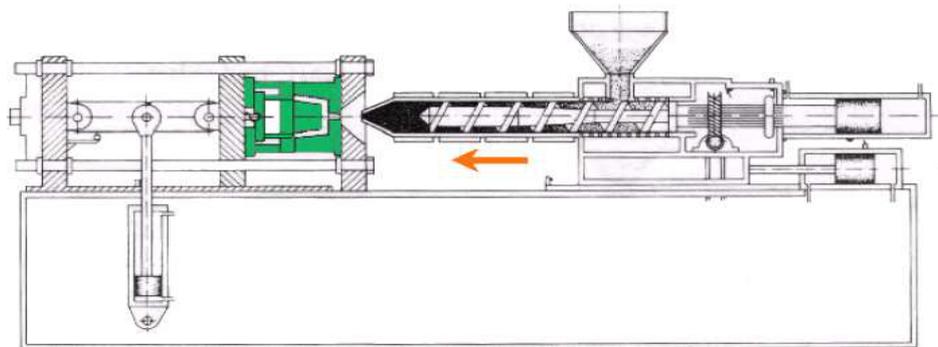
Mediante un pistón hidráulico se mantiene presionada la unidad de inyección contra el molde uniendo la boquilla con el bebedero del molde.

Terminada la inyección se puede retirar una pequeña distancia la unidad de inyección. Este movimiento es

opcional y se usa para disminuir las pérdidas de calor en la boquilla a través del molde.

La unidad de inyección es la encargada de la dosificación precisa de la resina que será alimentada al molde.

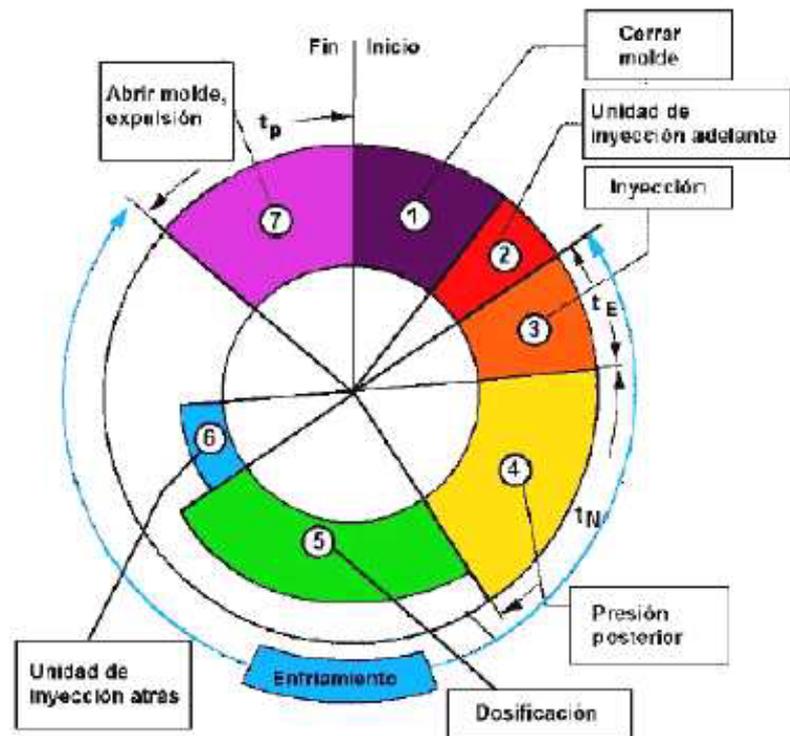
De la misma manera se deberá controlar tanto la temperatura, el tiempo, la velocidad, la presión que debe aplicarse a la resina en el momento de su inyección. Un buen control de estos parámetros garantiza la calidad del producto.



**FIGURA 2.1 ESQUEMA BÁSICO DE MÁQUINA DE INYECCIÓN**

### Ciclo de inyección.

1. Cierre de molde.
2. Acercamiento de la boquilla.
3. Inyección de la resina.
4. Presión de sostenimiento.
5. Solidificación de la resina en el molde.
6. Plastificación de la resina en la cámara de inyección.
7. Apertura del molde y expulsión del artículo.



**FIGURA 2.2 CICLO DE INYECCIÓN**

- Etapa 2 y 6 no es necesaria para moldes de colada caliente.
- Etapa 2 y 6 necesarias para no perder calor en la boquilla.
- Etapa 6 después de 5 cuando la boquilla no tiene válvula, en caso contrario se invierte el orden.
- Etapa 6 puede estar dentro de 5.
- Etapa 5 puede sobreponerse en 7 y hasta en 1, dependiendo de la máquina.

### **2.1.2 Extrusión de películas.**

El proceso de extrusión consiste básicamente en la fusión de un material termoplástico, forzándolo a pasar a través de una boquilla o dado para producir un artículo continuo de corte seccional deseado. No siempre la forma final del artículo extruido corresponde a la del dado o boquilla, sino que se lo puede obtener con algún proceso posterior mediante la aplicación de presión o temperatura.

El proceso de extrusión está limitado a materiales termoplásticos y entre las formas de productos que se pueden obtener están: filamentos, varillas, perfiles de

diversos tipos, películas, entre otros. Atención especial merece el conocimiento de las características físico-químicas de cada termoplástico ya que se fija en la máquina condiciones de procesamiento.

### **Principio mecánico.**

El principio mecánico básico es muy sencillo:

Un tornillo gira dentro del cilindro y empuja el plástico hacia adelante. El tornillo es básicamente un plano inclinado o una rampa enrollada alrededor de un núcleo.

La idea es multiplicar la fuerza de empuje de tal forma que podamos vencer una gran resistencia.

Dentro de una extrusora, hay tres grandes resistencias a vencer:

- La fricción de los granos secos, contra las paredes del cilindro, en la zona de alimentación y de uno contra otros.
- La adhesión del metal fundido a las paredes del barril.

- La resistencia a fluir del material a medida que es empujado. El tornillo no se mueve pero empuja el material hacia adelante. La fuerza de presión de masa es aproximadamente 5000 psi (350 bar).

El sentido de rotación del tornillo es hacia la derecha, como cualquier perno; es decir, que si vemos el tornillo desde atrás rota en contra de las manecillas del reloj.

### **Principio térmico.**

Los termoplásticos, “plastifican” al ser calentados y se endurecen al enfriarse. Es necesario que el material se plastifique para que pueda fluir por la extrusora.

El calor para plastificar proviene de una parte de los calentadores del barril, los cuales contribuyen en el arranque, pero la mayor parte de proporción del calor se genera por fricción y proviene de la energía del motor.

La temperatura de la zona de alimentación es importante porque afecta la alimentación del material.

El cabezal y los dados deben estar cerca de la temperatura de la masa. Variaciones en esta temperatura afectan propiedades como el brillo.

Para mejorar el movimiento del material en la zona de alimentación las partículas deben adherirse al barril y deslizarse en el tornillo; no deben adherirse al tornillo debido a que disminuye la alimentación, se recalienta y degrada al material.

#### **Funciones del equipo de extrusión.**

- Recibir y almacenar el polímero.
- Transportar el material en estado sólido.
- Calentar y comprimir el polímero.
- Plastificar.
- Homogenizar.
- Ejercer presión.
- Extruir el polímero fundido.

## **Línea de película soplada.**

Los componentes principales en la línea de película soplada son:

- Extrusora.
- Cambiador de mallas.
- Dados cabezales o moldes.
- Anillo de aire de enfriamiento.
- Estabilizador de burbujas.
- Plegador de burbujas (dispositivo para caída de burbuja).
- Conjunto de tiro superior.
- Conjunto de tiro secundario.
- Embobinadora.
- Torre estructural.
- Rodillos guíadores locos.

## **Función de los componentes.**

**Torre estructural:** La naturaleza de la extrusión de película es en sentido vertical. Lo más común es hacia arriba por facilidad del diseño.

**Dado:** Anillo tubular con una abertura entre 0.6 y 2.8 mm.

Da la forma tubular a la película extruida.

**Anillo de aire:** Enfría la masa fundida y estabiliza la burbuja a la salida del dado.

**Rodillos de tiro:** Aplanan y jalan la película. La velocidad de jalado con relación a la velocidad de salida del material (o el rendimiento de la extrusora) determina el espesor final.

**Conjunto plegador o de caída:** Guían la película hacia los rodillos de tiro permitiendo el aplanamiento, sin arrugas; a veces se incorporan formadores de fuelle.

**Inflado de la película:** La película es inflada con aire para dar estabilidad estructural y tamaño. El inflado también sirve para dar al tubo un diámetro mayor que el diámetro del dado. La relación de estos diámetros se conoce como relación de soplado.

### **2.1.3 Reciclaje.**

Una de las aspiraciones de la industria plástica es cómo abaratar costos en la compra de materia prima y la mejor forma de lograrlo es mediante el reciclaje, de esta manera, se abaratan costos, se generan cada vez menos residuos y por tanto hay un menor impacto al medio ambiente.

El primer paso para el reciclado es hacer la recolección selectiva de los plásticos; en el caso del laboratorio, se reprocesará el material generado por la propia planta. Primero se debe separar por tipo de materia prima, posteriormente se clasifican según las diferentes características físicas de los polímeros y de ser el caso se proceden a su lavado y compactado.

### **Reciclado mecánico.**

El plástico recuperado se somete a varias etapas de regenerado del material:

- Triturado.
- Lavado.
- Extrusión.
- Peletizado.

Solamente se pueden reciclar mecánicamente los termoplásticos: PEAD, PP, PET, PS.

El peletizado es una operación de moldeado termoplástico en el que partículas finamente divididas de una ración se integran en un pellet compacto de fácil manejo, el cual incluye condiciones específicas de humedad, temperatura y presión.

El peletizador es un sistema de peletizado por fideos que está conformado por las siguientes partes:

- Matriz o cabezal.
- Baño de enfriamiento.
- Guía de fideos.
- Termostato.
- Soplador para secar.
- Peletizador.



**FIGURA 2.3 LÍNEA DE PELETIZADO**

### **Ventajas del reciclado del plástico.**

- Ahorro de materias primas y energía.
- Reduce cantidad de residuos al tratar por otro sistema.
- Disminuye el impacto ambiental o alteración del paisaje que suponen los plásticos dispersos por el suelo.

El reciclado de los plásticos en nuestro país prácticamente no se realiza ya que implica:

- Una separación costosa.
- Los elevados costos económicos.
- La incorporación de plástico nuevo de mayor calidad.
- Falta mercado para los plásticos reciclados.

## **2.2 Selección de procesos del laboratorio.**

Los ensayos más comunes realizados para analizar propiedades en los plásticos son: ensayo de tracción, medición del índice de fluidez, ensayo de temperatura de reblandecimiento VICAT, ensayo de impacto IZOD y ensayos reológicos para caracterización de materiales.

## 2.2.1 Ensayo de tracción.

Una de las pruebas que mejor evalúa el comportamiento mecánico de un polímero es el ensayo de tracción.

Las propiedades tensiles son el indicativo más simple de la fuerza de un material plástico.

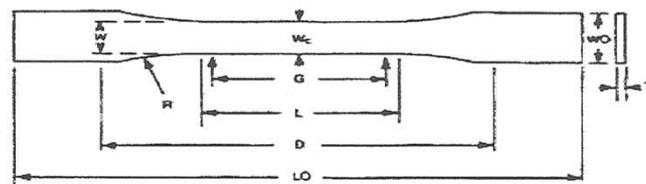
Las probetas son colocadas entre dos mordazas en una máquina de pruebas universal del tipo Instron, donde son estirados hasta que se produce su rotura, estableciéndose por este método la fuerza de tracción aplicada para provocar una elongación del material hasta su ruptura.

Estas propiedades pueden cambiar dependiendo de varios factores como:

- Espesor de la muestra.
- Método de preparación.
- Velocidad de prueba.
- Tipo de mordazas utilizadas.
- Formas de medir la extensión.

Las normas de referencia son la ASTM D-638, para plásticos rígidos y semirrígidos de hasta 14 mm de espesor, y la ASTM D-882, para películas de menos de 1 mm de espesor.

Para plásticos rígidos y semirrígidos, los especímenes de prueba deben tener las dimensiones que se especifican en la figura a continuación.



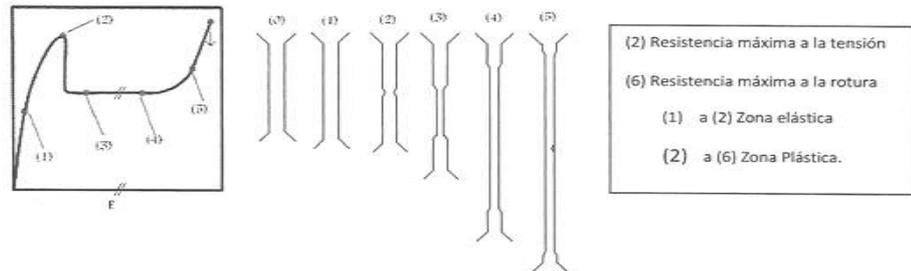
TYPES I, II, III & IV

Specimen Dimensions for Thickness,  $T$ , mm [in.]<sup>A</sup>

Dimensions (see drawings)	7 [0.28] or under	
	Type I	Tolerances
W—Width of narrow section <sup>E, F</sup>	13 [0.50]	$\pm 0.5$ [ $\pm 0.02$ ] <sup>B, C</sup>
L—Length of narrow section	57 [2.25]	$\pm 0.5$ [ $\pm 0.02$ ] <sup>C</sup>
WO—Width overall, min <sup>G</sup>	19 [0.75]	+ 6.4 [+ 0.25]
WO—Width overall, min <sup>G</sup>	...	+ 3.18 [+ 0.125]
LO—Length overall, min <sup>H</sup>	165 [6.5]	no max [no max]
G—Gage length <sup>I</sup>	50 [2.00]	$\pm 0.25$ [ $\pm 0.010$ ] <sup>C</sup>
G—Gage length <sup>I</sup>	...	$\pm 0.13$ [ $\pm 0.005$ ]
D—Distance between grips	115 [4.5]	$\pm 5$ [ $\pm 0.2$ ]
R—Radius of fillet	76 [3.00]	$\pm 1$ [ $\pm 0.04$ ] <sup>C</sup>
RO—Outer radius (Type IV)	...	$\pm 1$ [ $\pm 0.04$ ]

**FIGURA 2.4 DIMENSIONES DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO DE TRACCIÓN**

La gráfica de la relación esfuerzo vs deformación al realizar la prueba es aproximadamente la que se muestra a continuación, pues va a depender del tipo de plástico:



**FIGURA 2.5 GRÁFICA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN**

### 2.2.2 Medición del Índice de fluidez.

Se conoce comúnmente como melt index; es una medida de la capacidad de flujo de una resina bajo condiciones controladas y es medible con un dispositivo que se presenta en la siguiente figura.



**FIGURA 2.6 EQUIPO DE MEDICIÓN DE ÍNDICE DE FLUIDEZ**

El índice de fluidez indica la masa en gramos de un plástico fundido que se hace pasar a través de una boquilla normalizada durante 10 minutos aplicando una fuerza con un pistón y a una temperatura que dependerá del polímero evaluado.

Se relaciona inversamente con el peso molecular, el que tiene una fuerte influencia en el desempeño de los productos terminados. A mayor índice de fluidez menor peso molecular y a menor índice de fluidez mayor peso molecular.

El índice de fluidez determina la elección del grado del material de acuerdo al producto que se va a producir y al proceso de transformación que se va a utilizar.

**TABLA 1**

**ÍNDICE DE FLUIDEZ UTILIZADO DE ACUERDO AL PROCESO.**

<b>PROCESO</b>	<b>RANGO</b>
Extrusión (Películas)	0.01-6
Extrusión (Perfiles)	0.1-1
Moldeo por inyección	5-100
Moldeo por soplado	0.1-1
Moldeo por rotación	5-20

A mayor índice de fluidez:

- Disminuye viscosidad de fluido.
- Disminuyen propiedades mecánicas tales como resistencia al impacto, resistencia a la tensión, etc.
- Aumenta la solubilidad.
- Aumenta la permeabilidad.

- Disminuye peligro de ruptura a la extrusión.

**TABLA 2**

**CONDICIONES DE TRABAJO PARA ALGUNOS MATERIALES  
PLÁSTICOS**

<b>MATERIAL</b>	<b>CONDICIONES</b>
Polietileno	125/0.325 125/2.16 190/0.325 190/2.16 190/21.60 190/10 310/12.5
Policarbonato	300/1.2
Polipropileno	230/2.16
Poliestireno	200/5 230/1.2 230/3.8 190/2.16
Politereftalato	250/2.16 210/2.16 285/2.16
Acrilonitrilo butadieno estireno	200/5 230/3.8

### **2.2.3 Ensayo de temperatura de reblandecimiento VICAT.**

Se determina la temperatura a la cual un indentador normalizado, bajo los efectos de una carga penetra 1 mm en la superficie de un espécimen de ensayo que se calienta a través de un baño que puede ser agua o cualquier otro líquido cuyo punto de ebullición sea mayor la temperatura a la que se ablanda el plástico a probar.

Esta temperatura de ablandamiento VICAT es una buena forma de comparar las características de ablandamiento por calor de los diferentes materiales plásticos, además permite conocer el grado de homogeneidad y estabilidad de algunas resinas que se mezclan con aditivos, como es el PVC.

Se aplica a materiales que son rígidos a temperatura normal.



**FIGURA 2.7 MÁQUINA PARA ENSAYO VICAT**

La norma de referencia es la ASTM D-1525.

Las condiciones son:

Carga:

- 10 N (para materiales blandos como el polietileno)
- 50 N (para materiales duros como el PVC rígido)

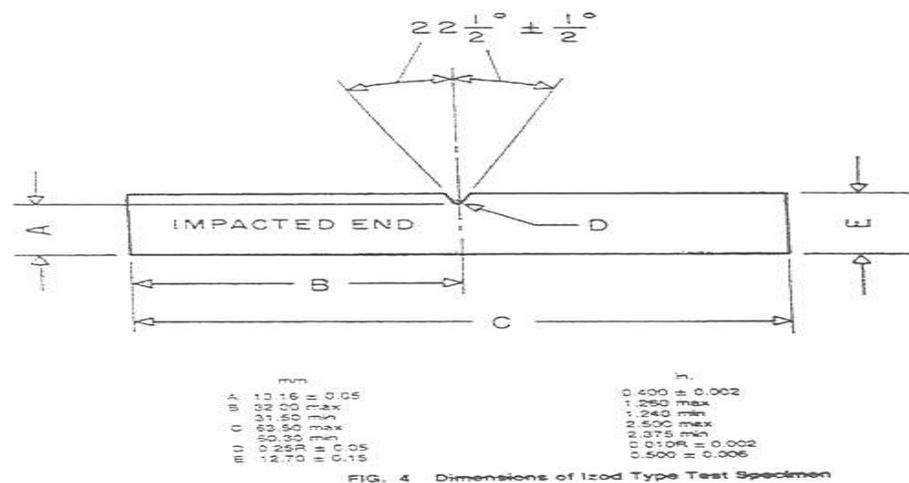
Velocidad de aumento de temperatura: 50°C/hora

## 2.2.4 Ensayo de impacto IZOD.

Mide la habilidad del polímero para resistir a la fractura cuando está expuesto a un impacto repentino.

Está relacionado con la dureza del polímero.

Esta prueba se realiza con especímenes muescados bajo condiciones estandarizadas los que pueden ser inyectados o maquinados, y deben tener ciertas características que se anotan en la norma ASTM D-256 y que se muestran en la figura.



**FIGURA 2.8 DIMENSIONES DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO IZOD.**

Esta norma clasifica la resistencia al impacto por los métodos IZOD y CHARPY, siendo la diferencia, la forma del impacto aplicado y la posición de la probeta utilizada.



**FIGURA 2.9 MÁQUINA PARA ENSAYO IZOD**

Es útil en la comparación de varios tipos o grados de un plástico; al comparar un plástico con otro, aunque la prueba de impacto IZOD no debe ser considerado un indicador relevante de dureza o fuerza de impacto.

## **2.2.5 Ensayos reológicos para caracterización de materiales.**

Las propiedades mecánicas de los líquidos y semisólidos son de gran interés para distintos sectores industriales entre los que se encuentran aquellos que se dedican a la fabricación de pinturas, recubrimientos, polímeros, productos cosméticos, productos farmacéuticos, alimentos, petróleo o materiales derivados.

Con un reómetro se pueden obtener propiedades como:

- Viscosidad, con la cual se pueden obtener diagramas en donde se representa la viscosidad en función de la velocidad de cizallamiento. De estas medidas es posible obtener la viscosidad a velocidad de cizalla cero.
- Índices de tixotropía.
- Esfuerzos de fluencia, que es el esfuerzo mínimo necesario para que un material con una cierta estructura comience a fluir.
- Módulo elástico y viscoso de un material viscoelástico.

- Rangos de visco-elasticidad lineal.
- Tiempos de relajación.

Dependiendo del tipo de producto, la información que podemos obtener acerca de dicho producto es enorme; por ejemplo, en una pintura, se puede obtener información acerca de la sedimentación, de la estabilidad, de la viscosidad en la aplicación, de la tixotropía, o en un producto farmacéutico, la estabilidad a tiempos largos sin necesidad de esperar o la temperatura de transición vítrea de la parte amorfa.

En el caso de los polímeros, es donde la reometría ha sido quizás usada más extensamente, se tiene que esta técnica proporciona en este caso información acerca del peso molecular promedio y distribución, propiedades visco-elásticas, temperaturas de transición vítrea, etc.



**FIGURA 2.10 EQUIPO BRABENDER PLASTOGRAPH**

## **2.3 Distribución de planta y laboratorio.**

### **2.3.1 Selección y descripción de máquina inyectora.**

#### **Selección de máquina inyectora.**

Para la selección de la máquina inyectora se realizó una matriz con todas las características técnicas y demás aspectos importantes para su selección. Este detalle se lo observa en apéndice 1.



**FIGURA 2.11 MÁQUINA INYECTORA**

**Descripción de la Inyectora.**

**Características:**

Marca: Máquina para inyección de plásticos LIEN-YU.

Modelo: D75.

Equipada con un tornillo de 32 mm de diámetro, L/D 20, propósito general. Unidad de cierre por rodillera. Sistema hidráulico en base a bombas de caudal fijo comandadas por válvulas proporcionales.

**Detalle de componentes:**

Capacidad de inyección: 115 g

Distancia entre barras (mm): 320x320.

Altura del molde: 100 mm (min) – 360 mm (máx.)

Apertura máxima: 630 mm.

Peso total de la máquina: 3.5 Toneladas.

**Incluye:**

Cargador / alimentador neumático para materia prima.

Control marca Dizhou modelo EMPC 9000.

Tolva de secado de 25 kilos.

Barril y tornillo bimetálico.

Bases niveladoras / zapatas.

Bridas de montajes de moldes (8).

Flujómetro de 4 zonas.

Diseño de plato tipo Euromap ("T" Slot).

Dos cores (noyos).

Dos válvulas neumáticas para expulsión por aire.

Fotocelda estándar para detección de caída de pieza.

Kit básico de repuestos.

La máquina inyectora REED F-50TD se la obtuvo por donación de la industria plástica y a continuación se detallan sus características.



**FIGURA 2.12 MÁQUINA INYECTORA**

**Características:**

Marca: REED PRENTICE.

Modelo: F-50TD.

Serie: 1995249.

**Detalle de componentes:**

Capacidad de inyección: 73 g.

Altura del molde: Mínimo= 127 mm, Máximo= 300 mm.

Distancia entre barras (mm)= 250x250.

Apertura máxima: 508 mm.

Tipo de expulsor: Mecánico.

**2.3.2 Selección y descripción de máquina extrusora.****Selección de máquina extrusora.**

Para la selección de la máquina extrusora se realizó una matriz con todas las características técnicas y demás aspectos importantes para su selección. Este detalle se lo observa en apéndice 2.



**FIGURA 2.13 MÁQUINA EXTRUSORA**

**Descripción de la máquina extrusora de películas.**

**Características:**

Marca: VENUS.

Modelo: VN-UM45B-600.

Dispositivo opcional: Dispositivo de molde rotatorio.

**Detalle de componentes:**

Material a utilizar: Polietileno de alta densidad (HDPE) y polietileno de baja densidad (LD/LLDPE).

Ancho de película (mm): HD: 200-500, LD/LLD: 300-500.

Espesor de película (mm): HD: 0.008-0.030, LD/LLD: 0.010-0.20.

Producción de extrusión máxima (Kg/h): HD: 40, LD/LLD: 60.

Producción de máquina máxima (Kg/h): HD: 32, LD/LLD: 48.

Producción de energía total estimada: Depende del tamaño de película y material.

**Extrusora:**

Diámetro de tornillo: 45 mm.

Tornillo de rosca L/D: 28-1.

Cilindro soplador de enfriamiento: ¼ HP x 2.

Motor de conducción principal: 20 HP motor A.C. + inversor.

Capacidad del calentador: 16 KW.

Moldes HDPE (mm): 60/75.

Moldes LD/LDDPE (mm): 120.

Carro cargador de tolva: 1 set.

Panel de control: 1 set.

Control de temperatura: 4 puntos.

Soplador de aire frío: 2 HP x 1

**Unidad tiro:**

Rodillo de compresión: 165 mm x 600 mm

Motor de la unidad de tiro: 1HP motor A.C. + inversor.

Velocidad de la unidad de tiro: 6-60 m/min.

Rodillo de tallado en relieve: 1 set.

Corona para tratamiento superficial: 1 set.

### **2.3.3 Selección y descripción de equipos de laboratorio.**

Brabender es un medidor de mezclas intercambiable, el cual sirve para examinar la procesabilidad de los termoplásticos, termoestables, elastómeros, materiales para moldeado, para inyección, de los pigmentos, y algunos otros plásticos y materiales plastificantes; bajo condiciones controladas, de forma rentable, confiable, con pequeños gastos de tiempo y material.

## **Descripción del equipo Brabender.**

### **Detalles de componentes:**

Conexiones principales: 3x400 V, 50/60 Hz.

Reómetro de torque electrónico con tablero para medir mezclas tipo 30, 50 y P600. Consiste de:

- Unidad de manejo de libre, basado en una frecuencia digital controlada.
- Rango de medida: 0-200 Nm.
- Potencia: 3.8 KW.
- Rango de velocidad: 0.2 a 150 rpm de torque máximo.
- Desviación de velocidad: 0.01% medido a través de un controlador digital.
- Consumo regular: 16 A.
- Un control de temperatura para tres zonas separadas.
- Dos grupos de conexiones de temperaturas.

CAN-BUS de permanente comunicación con cualquier equipo auxiliar, reconocimiento automático de:

- Máximo torque para la medición de cabezal.

Panel de control CAN-BUS para:

- Velocidad y temperatura indicada.
- Patrón de temperatura.
- Diagrama de resultados en la pantalla del panel de control o con posibilidad de mostrar datos en una computadora conectada a través del tablero PCI-CAN o del tablero PCMCIA.

Software WINMIX, WINEXT y CANFIG de 32 bits compatible con Windows 98, 2000, XP, Vista.

## **2.4 Selección del área para la ubicación de la planta y laboratorio.**

Para la selección del área de la planta y laboratorio se consideraron los siguientes parámetros:

**Edificación existente:** Se requiere aprovechar la existencia de un edificio ya creado dentro de los perímetros de la FIMCP para poder implantar el laboratorio y de esta manera reducir costos de obra civil y ajustarse al presupuesto establecido.

**Tipo de suelo:** El área elegida debe tener un piso con la suficiente resistencia para que pueda soportar toda la maquinaria que se requiera, esto es que no necesite trabajos de remoción de tierra y compactación de un nuevo suelo, evitando costos de cimentación.

**Accesibilidad:** El lugar debe presentar facilidades para el transporte y almacenamiento de los materiales y maquinaria involucrados en el proceso.

**Ambiente:** Debido que el laboratorio utiliza máquinas y equipos con considerable nivel de ruido, se debe ubicar la planta en un lugar alejado de las aulas de la facultad donde no afecte el normal funcionamiento de las clases. Además debido a la generación de calor y por la altura de la máquina extrusora, se debe tener un lugar con paredes elevadas.

De acuerdo al nivel de importancia de los parámetros antes mencionados, se consideraron los siguientes puntajes:

**TABLA 3**

**MATRIZ DE DECISIONES PARA LA SELECCIÓN DEL ÁREA DE  
LA PLANTA**

	<b>Edificación existente</b>	<b>Tipo de suelo</b>	<b>Accesibilidad</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Total</b>
<b>INTRAMET</b>	40	28	15	8	91
<b>MECATRÓNICA</b>	30	25	10	5	70
<b>AREA LAGO</b>	0	20	20	10	50

Por lo tanto el espacio físico seleccionado es el edificio de intranet, debido a que cuenta con los requerimientos planteados.

### **2.4.1 Ubicación del área de la planta y laboratorio.**

#### **Ubicación y área de la planta.**

La planta de procesamiento de plásticos cuenta con un área de 168 m<sup>2</sup> y se encuentra ubicada en el taller de producción de la ESPOL a un lado del taller de fundición

frente a las instalaciones de la FIMCP, incluye bodega para materia prima, moldes, herraje y grúa.

#### **Ubicación y área del laboratorio.**

El laboratorio de plásticos cuenta con un área de de 48 m<sup>2</sup> y se encuentra junto a la planta de procesamiento de plásticos.

### **2.4.2 Máquinas y equipos en la planta y laboratorio**

#### **Máquinas y equipos en la planta**

Esta área de producción cuenta con las siguientes máquinas y equipos:

- Dos Máquinas de inyección.
- Sopladora de extrusión.
- Extrusora para films, película y perfiles.
- Línea de peletizado de polímeros.
- Un chiller.
- Un compresor 5 HP.

### **Máquinas y equipos en el laboratorio.**

El laboratorio se encuentra dividido en tres zonas para su mejor utilización, las cuales son:

- Laboratorio de procesamiento.
- Ensayo y diseño.
- Laboratorio de caracterización y servicios.

En esta área de laboratorio se encuentran los siguientes equipos:

- Máquina para medición de índice de fluidez.
- Máquina de ensayos universal: Tracción.
- Máquina de ensayos VICAT.
- Máquina de impacto IZOD.
- Reómetro capilar.
- Balanza analítica con 5 pesas.

## **2.5 Cronograma General del Proyecto**

El cronograma general del proyecto se detalla a continuación:

# Capítulo 3

## 3. EJECUCIÓN DEL PROYECTO.

En este capítulo se detallará todo lo correspondiente a las obras previas al montaje de la maquinaria, tales como instalaciones eléctricas, sistema de enfriamiento de agua y sistema de aire comprimido.

### 3.1 Desarrollo del programa de trabajo.

Se adquirió por medio de de la empresa Maquitec Andina S.A. de Colombia la máquina para inyección de plásticos LIEN-YU modelo D-75 y la máquina extrusora Venus para HDPE, LD/LLDPE modelo VN-UM45B-600. Esta empresa es la representante en Colombia de la empresa Lien Yu Machinery Co. y de la empresa Venus Plastic Machinery Co. ambas compañías con matriz en Taiwán.

La llegada de dichas máquinas se coordinó en conjunto con la oficina de suministros de la ESPOL, la empresa Maquitec Andina y el agente de Aduanas.

Para la entrega de la maquinaria fue necesaria la emisión de un cheque de \$1000 reembolsables como garantía del contenedor que traía la maquinaria.

La planificación de la llegada de la maquinaria se la realizó tomando como guía las fechas tentativas de arribo de las máquinas, duraciones de obras civil y eléctrica, y que la planta esté libre de material de desecho de los trabajos realizados, procurando tener un ambiente y personal idóneo para evitar el deterioro de los accesorios y partes de las máquinas.

Antes de la llegada del contenedor se hizo una limpieza del sector y desalojo de material de los alrededores de la planta.

Se planificó una duración del montaje de 2 días de 8 horas laborables, distribuidos de la siguiente manera:

Armada de máquina inyectora: 4 horas.

Armada de máquina extrusora: 4 horas.

Puesta en marcha y pruebas de las máquinas: 8 horas.

### 3.2 Lista de materiales utilizados.

La lista de materiales empleados en la construcción de la planta es la siguiente:

**TABLA 4**

#### **LISTA DE MATERIALES.**

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
01	Codo de 90° de acero galvanizado de Ø1"	17
02	T de acero galvanizado de Ø1"	5
03	Reducción de acero galvanizado de Ø1" a Ø¼"	2
04	Codo de 90° de acero galvanizado de Ø½"	3
05	Nudo de acero galvanizado de Ø½"	2

06	Bushing de Ø1" a Ø½"	1
07	Y de acero galvanizado de Ø1-¼"	2
08	T de acero galvanizado de Ø1 ¼"	8
09	Bushing de Ø1-¼" a Ø¾"	3
10	Bushing Ø¾" a Ø1"	4
11	Bushing Ø¾" a Ø½"	2
12	Bushing de Ø1-¼" a Ø1"	2
13	Reducción de acero galvanizado de Ø1" a Ø½"	2
14	Bushing de Ø½" a Ø3/8"	2
15	Válvula esférica de Ø3/8"	4
16	Codo de 90°de acero galvanizado de Ø¼"	6
17	Reducción de acero galvanizado de Ø1-¼" a Ø1"	6
18	Válvula esférica de Ø1"	6
19	Unión de Ø1"	5
20	Manguera de presión de Ø25,4 mm y 300 psi máx.	3
21	Manguera de presión de Ø7,9 mm y 200 psi máx.	4
22	Reducción de acero galvanizado de Ø1" a Ø¾"	2
23	T de acero galvanizado de Ø¾"	5
24	Codo de 90°de acero galvanizado de Ø¾"	14
25	Válvula esférica de Ø¾"	4
26	Reducción de Ø¾" a Ø½"	4

27	Nudo de Ø½"	4
28	Nudo de Ø¾"	2
29	Bushing de Ø¾" a Ø½"	2
30	Tubería de acero ASTM-A53 Gr. B sch. 80 de Ø1/8"	8
31	Tubería de acero ASTM-A53 Gr. B sch. 80 de Ø1"	4
32	Tubería de acero ASTM-A53 Gr. B sch.80 de Ø¾"	7

### 3.3 Lista de equipos empleados.

TABLA 5

#### LISTA DE EQUIPOS EMPLEADOS.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
01	Alicate	3
02	Arco con sierra	2
03	Barreta	2
04	Cabos (varias longitudes)	3
05	Caja con herramientas varias	2
06	Careta para pulir	2
07	Casco para soldar	2

08	Cascos	3
09	Cepillo metálico	2
10	Cinzel	2
11	Combo	3
12	Cortadora de tubos	1
13	Cuerpo de andamio	4
14	Destornillador plano	2
15	Destornillador tipo estrella	1
16	Equipo de corte	1
17	Equipo para pintar	1
18	Escuadra grande	1
19	Escuadra pequeña	1
20	Estructura para tecla	1
21	Extensiones	3
22	Flexómetro	3
23	Gafas para cortar	2
24	Juego de llaves Allen	1
25	Lijadora	1
26	Lave ajustable de 14 mm	1
27	Llave de extremo doble	1
28	Lave de tubos grande	1

29	Llave de tubos pequeña	1
30	Llave francesa	2
31	Llave de forma L	1
32	Máquina de soldar eléctrica	1
33	Martillo	2
34	Par de guantes	4
35	Plataforma para andamio	1
36	Prensa	1
37	Pulidora grande	1
38	Taladro	2
39	Tecla de 3.5 TON	1

### **3.4 Descripción de los trabajos realizados.**

En el proceso de construcción y montaje participaron un promedio de 12 personas, distribuidas de la siguiente manera:

Un gerente de proyecto.

Dos supervisores de personal.

Dos ingenieros para montaje.

Un tecnólogo para instalaciones eléctricas.

Seis ayudantes para el montaje de las máquinas.

### **3.5 Instalaciones eléctricas.**

En esta parte del proyecto trabajaron un promedio de 4 personas distribuidas de la siguiente manera:

Un ingeniero eléctrico.

Tres ayudantes para la instalación eléctrica.

A continuación se realizará una descripción de los trabajos realizados en la parte eléctrica de la planta.

#### **Bandeja portacables.**

Se instalaron bandejas portacables tipo escalerilla de acero galvanizado, con sus respectivos accesorios de montaje, que sirven para alojar conductores pertenecientes a las diferentes máquinas de la planta y laboratorio.

#### **Alimentación a máquinas.**

Para suministrar energía eléctrica a las máquinas se instalaron los siguientes conductores para las diferentes máquinas de la planta:

**Inyectora hidráulica (F-50TD):** Conductores 3x1/0+1x2 awg cobre.

**Inyectora eléctrica (LIEN YU):** Conductores 3x1/0+1x2 awg cobre.

**Sopladora de botellas:** Conductores 3x1/0+1x2 awg cobre.

**Extrusora de películas:** Conductores 3x1/0+1x2 awg cobre.

**Molino mezcladora y compresor:** Conductores 3x8+1x10 awg cobre cada una.

**Mancompuestos:** Conductores 3x2/0+1x2 awg cobre.

Todas estas alimentaciones parten desde el tablero de distribución general ubicado al lado izquierdo de la entrada principal de la planta.

#### **Panel trifásico.**

Se encuentra ubicado en el laboratorio en la sección de procesamiento. Se instaló un panel trifásico de 4 hilos, con capacidad para cuarenta puntos de 120/208 V, 225 A.

El panel está equipado con los siguientes breakers:

- Catorce de 1p-20 A
- Cinco de 2p-30 A
- Uno de 2p-20 A
- Uno de 3p-30 A

**Alimentación a panel.**

Comprende la alimentación desde TDG hasta el panel ubicado en el laboratorio de procesamiento. Se instalaron conductores 3x2+1x4 awg cobre y sus respectivos accesorios para montaje y conexión.

**Puntos de salida.**

Se utilizó para el montaje tubería metálica tipo “EMT” con sus respectivos accesorios y conductores de cobre, distribuidos de la siguiente forma:

Diez puntos de salida de 220 V para iluminación central y exterior.

Tres puntos de salida de 220 V para laboratorio TC.

Tres puntos de salida de 220 V para aires acondicionados.

Seis puntos de salida de 120 V para iluminación del laboratorio.

Quince tomacorrientes de 120 V para distintas funciones ubicadas en diferentes partes de la planta y laboratorio.

### **Instalaciones de alumbrado.**

En la instalación de lámparas trabajaron las mismas personas de las instalaciones eléctricas. Para el alumbrado de la planta se utilizaron varios tipos de luminarias que se detallaran a continuación.

Para la parte de la planta se instalaron seis luminarias industriales tipo campana de 250 W y 220 V, con difusor de aluminio de 20" metal halide.

Para la parte del laboratorio se instalaron las siguientes luminarias:

Cuatro luminarias tipo Wall pack de 150 W y 120 V, para pared.

Cinco luminarias tipo fluorescente de 2x32 W y 120 V.

Seis luminarias tipo fluorescente de 3x2 W 120 V.

### **3.6 Sistema de enfriamiento de agua.**

Para la instalación de agua helada y aire comprimido trabajaron dos personas, un tecnólogo y un ayudante; no se requería más personal debido a que la planta no tiene mucha área y no hay muchas máquinas. Esta instalación duró dos semanas que abarcan desde su inspección y compra de materiales hasta la instalación de tuberías. Se colocaron las tuberías a tres metros del suelo y por

debajo de los rieles de los cables eléctricos por motivos de seguridad.

Para el sistema de refrigeración se adquirió un chiller, como característica principal tiene:

- Mantener el líquido refrigerado cuando funciona en función frío.
- Mantener el líquido calentado en función bomba de calor.

El Chiller Chuting es un aparato externo a la máquina de inyección cuya misión es mantener la temperatura del molde fría. Normalmente, el fluido que se utiliza es aceite, aunque puede funcionar también con agua (para cada fluido existe un tipo de chiller específico); en este caso el chiller utiliza el agua como fluido de trabajo, con esto se ahorra la compra de aceite para su funcionamiento. Lo que se crea es un circuito cerrado de fluido entre el chiller y el circuito de refrigeración del molde. El chiller controla las temperaturas de entrada y salida del fluido y conecta las resistencias internas para mantener la temperatura prefijada. Este chiller enfría el agua entre 9 a 12°C, suficiente para trabajar con las máquinas de la planta.



**FIGURA 3.1 CHILLER CHUTING**

**Características:**

Modelo: YT-130S.

Serie: 97594.

**Detalle de componentes:**

Temperatura de agua helada (°C): 5-25.

Energía de refrigeración: 7560 Kcal/h @ 50Hz y 9073 Kcal/h @ 60Hz.

Capacidad de refrigeración: 30000 Btu/h @ 50HZ y 36000 Btu/h @ 60Hz.

Potencia: 3KW.

Potencia del compresor: 3HP.

Potencia del ventilador: ½ HP.

Potencia de la bomba: 1HP.

Tubería adecuada para agua helada: 1 pulgada.

Tubería adecuada para enfriamiento de agua: 1 pulgada.

Peso del chiller: 230Kg.

Tamaño del chiller (cm): Largo =115, ancho =90, altura =158.

Suministro: 220V, 60Hz.



**FIGURA 3.2 TUBERÍA DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA**

### 3.7 Sistema de aire comprimido.

Para el cálculo del sistema de aire comprimido se va a considerar las exigencias de las planta para el caso más crítico de funcionamiento.

Así se tienen los siguientes requerimientos:

**TABLA 6**

**REQUERIMIENTO TOTAL DE AIRE DEL SISTEMA.**

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Presión [psi]</b>	<b>CFM unitario</b>	<b>CFM total</b>
1	Inyectora	120	4	4
1	Extrusora	120	8	8
			<b>TOTAL</b>	12

A este valor de 12 cfm se aplica un porcentaje por pérdidas debido a fugas del 10% y un factor de previsión de expansión futura del 15%.

Quedando el valor final de  $12 \times 1,15 \times 1,1 = 15,18$  cfm.

Debido a que en el mercado no hay motores de 4 HP (16 cfm), para los cálculos se va a tomar el valor de 20 cfm ( $0,0095 \text{ m}^3/\text{s}$ ) que corresponden a un compresor de 5 HP.

Para realizar el cálculo de la línea de aire comprimido se tiene como dato primario la cantidad de aire requerida que es de 20 cfm ( $0,0095 \text{ m}^3/\text{s}$ ), a la presión de trabajo de 120 psi (826,94 KPa).

Se realiza un esquema del diseño de la línea de aire para estimar la longitud de tubería y la longitud equivalente de los accesorios (ver Apéndice 3).

Se escogió un esquema en anillo cerrado y del cual se derivan un ramal hacia la parte exterior y 3 bajantes en diferentes puntos de la planta. Para dimensionar el anillo principal se toma la distancia del recorrido total de la tubería que es de 27 m. A continuación se presenta una lista de todos los accesorios del anillo principal para estimar la longitud equivalente, así se tiene:

TABLA 7

## ACCESORIOS UTILIZADOS EN ANILLO PRINCIPAL.

Descripción	Cantidad
T de acero galvanizado de $\varnothing \frac{3}{4}$ "	4
Codo de acero galvanizado de $\varnothing \frac{3}{4}$ "	5
Unión de $\varnothing \frac{3}{4}$ "	1

Se va a emplear la siguiente metodología de trabajo, conociendo:

Caudal [Q] = 0,0095 m<sup>3</sup>/s,

Longitud [L] = 27 m.

La viscosidad dinámica del aire no varía en mayor medida con respecto a la presión, y su valor es de  $\mu = 1,86 \times 10^{-5} \text{N.s/m}^2$ . La densidad del aire a las condiciones dadas es de  $\rho = 8,28 \text{Kg/m}^3$ .

Con estos datos se asume el diámetro de la tubería y con ayuda del diagrama de Moody (Apéndice 4), la ecuación de Darcy-Weisbach y la ecuación de Bernoulli; se encuentra la pérdida de carga, y si esta es aceptable se escoge ese diámetro, caso contrario se elige el

diámetro siguiente y se calcula nuevamente la pérdida de carga, la cual se recomienda que no exceda el 10% de la presión de servicio.

### **Ecuación de Bernoulli**

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

### **Ecuación de Darcy-Weisbach**

$$H = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

H = Pérdida de carga.

f = Coeficiente de pérdida de carga.

L = Longitud de la tubería.

D = Diámetro de la tubería.

v = Velocidad del fluido.

g = Aceleración de la gravedad.

En la primera iteración se asume un diámetro de  $\frac{3}{4}$ ", con esto se calcula la longitud equivalente de los accesorios (ver Apéndice 5):

TABLA 8

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS DE  $\varnothing 3/4''$ .

Descripción	Cant.	Long. equiv. unitaria [m]	Long. equiv. total [m]
T de acero galvanizado de $\varnothing 3/4''$	4	0,4	1,6
Codo de acero galvanizado de $\varnothing 3/4''$	5	0,4	2
Nudo de $\varnothing 3/4''$	1	0,5	0,5
		<b>TOTAL</b>	4,1

Por lo tanto, la longitud total de la tubería es:

$$L = 27 + 4,1 = 31,1 \text{ m}$$

Con el caudal de aire de  $0,0095 \text{ m}^3/\text{s}$  se calcula el caudal a las condiciones de la tubería usando la siguiente expresión:

$$Q_a = FAD \left( \frac{P_s}{P_a} \right) \left( \frac{T_s}{T_a} \right)$$

Donde:

$Q_a$  = Caudal de flujo en condiciones actuales, [ $m^3/s$ ].

FAD = Aire libre entregado, [ $m^3/s$ ].

$P_a$  = Presión actual absoluta.

$P_s$  = Presión estándar absoluta, [ $1,013 \times 10^5 Pa$ ].

$T_a$  = Temperatura actual ambiente, [K].

$T_s$  = Temperatura estándar, [K].

Entonces se tiene:

$$Q_a = 0,0095x \left( \frac{1,013x10^5}{826,94x10^3} \right) x \left( \frac{303,33}{288,89} \right) = 0,0012 \frac{m^3}{s}$$

Ahora se halla la velocidad de flujo, considerando que el diámetro interno de la tubería de  $\frac{3}{4}$ " es de  $D = 20.55$  mm.

$$Q_a = v * A$$

$Q_a$  = Caudal de flujo en condiciones actuales, [ $m^3/s$ ].

$v$  = Velocidad de flujo, [m/s].

$A$  = Área, [ $m^2$ ].

$$v = \frac{Q_a}{A} = \frac{0.0012}{\pi \frac{0.02055^2}{4}} = 3.67 \frac{m}{s}$$

Ahora se emplea este valor para calcular el número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Re = Número de Reynolds.

$\rho$  = Densidad del fluido.

v = Velocidad del fluido.

D = Diámetro de la tubería.

$\mu$  = Viscosidad.

$$Re = \frac{8.28 \times 3.67 \times 0.02055}{1.86 \times 10^{-5}} = 33551.5$$

Con este valor se consulta la tabla de coeficientes de rugosidad (ver Apéndice 7) y se toma el valor para la tubería de acero. El valor del coeficiente de rugosidad es de:

k = 0,05 mm.

Se halla la rugosidad relativa:

$$\frac{k}{D} = \frac{0.005 \times 10^{-3}}{0.02055} = 0.0024$$

Con estos datos se consulta el diagrama de Moody (ver Apéndice 4)

y se halla el coeficiente de fricción  $f$ , que da un valor de:

$$f = 0,022$$

Con este valor obtenido se calcula la pérdida de carga de la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$H = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$H = 0.022 \times \left( \frac{31.1}{0.02055} \right) \times \left( \frac{3.67^2}{2 \times 9.81} \right) = 24.90 \text{ m}$$

En la ecuación de Bernoulli se considera que la altura que varía el recorrido de tuberías es despreciable, además al ser la tubería sección constante, su velocidad en todo el recorrido es constante, y por tanto se anulan las expresiones de altura y velocidad; por último

se considera que la densidad no varía en el recorrido, así la ecuación de Bernoulli queda reducida a la siguiente expresión:

$$\frac{P_1}{\rho g} + H = \frac{P_2}{\rho g}$$

$$\Delta P = H * \rho * g$$

$\Delta P$  = Variación de presión.

H = Pérdida de carga.

$\rho$  = Densidad del fluido.

g = Gravedad.

Se halla la caída de presión del sistema:

$$\Delta P = 24.90 \times 8.28 \times 9.81 = 2.02 \text{ KPa}$$

Esta caída de presión es aceptable por ser inferior al 10% de la presión de trabajo. Por lo tanto esta es la tubería recomendada, diámetro  $\frac{3}{4}$ ".

Para calcular los bajantes se emplea el mismo procedimiento:

Primero se asume un diámetro de  $\frac{3}{4}$ " , y el flujo máximo que recorre por cada bajante es de 8 cfm ( $0,0038 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y la longitud es de 6,5 m.

**TABLA 9**

**LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS DE  $\frac{3}{4}$ " PARA  
BAJANTES.**

Descripción	Cant.	Long. equiv. unitaria [m]	Long. equiv. total [m]
T de acero galvanizado de $\frac{3}{4}$ "	1	0,4	0,4
Codo de acero galvanizado de $\frac{3}{4}$ "	5	0,4	2
Válvula de $\frac{3}{4}$ "	1	0,4	0,4
Reducción de $\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{2}$ "	1	0,4	0,4
Unión de $\frac{1}{2}$ "	1	0,5	0,5
		<b>TOTAL</b>	<b>3,7</b>

$$L = 6,5 + 3,7 = 10,2 \text{ m.}$$

Con el caudal de aire de 8 cfm ( $0,0038 \text{ m}^3/\text{s}$ ) se calcula el caudal a las condiciones de la tubería:

$$Q_a = 0,0038x \left( \frac{1,013x10^5}{826,94x10^8} \right) x \left( \frac{303,33}{288,89} \right) = 0,00049 \frac{m^3}{s}$$

Diámetro interno de la tubería de  $\frac{3}{4}$ " es de  $D = 0,02055$  m.

$$Q_a = v * A$$

$$v = \frac{Q_a}{A} = \frac{0.00049}{\pi \frac{0.02055^2}{4}} = 1.47 \frac{m}{s}$$

Número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

$$Re = \frac{8.28x1.47x0.02055}{1.86x10^{-5}} = 13420.6$$

Coeficiente de rugosidad:

$$k = 0,05 \text{ mm.}$$

Se halla la rugosidad relativa:

$$\frac{k}{D} = \frac{0.005x10^{-3}}{0.02055} = 0.0024$$

Del diagrama de Moody se obtiene el coeficiente de fricción:

$$f = 0,028$$

### **Ecuación de Darcy-Weisbach**

$$H = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$H = 0.022x\left(\frac{31.1}{0.02055}\right)x\left(\frac{1.47^2}{2x9.81}\right) = 5 \text{ m}$$

### **Ecuación de Bernoulli**

$$\frac{P_1}{\rho g} + H = \frac{P_2}{\rho g}$$

$$\Delta P = H * \rho * g$$

Se calcula la caída de presión del sistema:

$$\Delta P = 5x8.28x9.81 = 0.41KPa$$

En el bajante de  $\frac{3}{4}$ " la caída de presión es despreciable, pero se procede a utilizar esta tubería porque es la que se tiene disponible.

Resumiendo, el sistema se instaló colocando un anillo principal de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro y con bajantes de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro.

De esta manera usando un margen de funcionamiento del 10%, el compresor debe seleccionarse de tal manera que alcance 120 psi (826,94 KPa) y 20 cfm (0,0095 m<sup>3</sup>/s).

Respecto al tanque acumulador, para dimensionamiento se usa la siguiente fórmula:

$$V_t = \frac{0,25 \times Q \times 3600 \times P_{at}}{4 \times (P_f - P_i)}$$

$V_t$  = Volumen del tanque acumulador, [KPa].

$Q$  = Caudal, [m<sup>3</sup>/s].

$P_{at}$  = Presión atmosférica, [ $1,013 \times 10^5$  Pa].

$P_f$  = Presión final, [KPa].

$P_i$  = Presión inicial, [KPa].

$$V_t = \frac{0,25 \times 0,0095 \times 3600 \times 1,013 \times 10^5}{4 \times (826,94 \times 10^3 - 0)}$$

$$V_t = 0,26 \text{ m}^3$$

Este valor es el volumen del tanque acumulador necesario.



**FIGURA 3.3 CUELLO DE CISNE DE SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.**

### **3.8 Ingreso de las máquinas y equipos de la planta.**

Para el ingreso de las máquinas se utilizó dos montacargas de 8 y 5 toneladas que es más barato que crear una rampa de cascajo por el tiempo de operación requerido, debido a que en la entrada de la planta no existe una rampa para que ingrese un montacargas o cualquier vehículo y la altura del piso es de un metro aproximadamente, por lo tanto se utilizó un segundo montacargas para levantar al primero y poder hacer las operaciones de

movimiento de máquinas dentro de la planta, tal como se muestra en la figura 3.4.

A continuación se expondrá algunas fotos del ingreso de las máquinas a la planta:



**FIGURA 3.4 LEVANTADA DE MONTACARGAS DE 5 TON**



**FIGURA 3.5 INGRESO Y UBICACIÓN DE EXTRUSORA F-50.**



**FIGURA 3.6 LLEGADA E INGRESO DE INYECTORA LIEN YU.**



**FIGURA 3.7 UBICACIÓN DE INYECTORA LIEN YU.**



**FIGURA 3.8 INGRESO DE CHILLER CHUTING.**

# Capítulo 4

## 4. MONTAJE DE LA PLANTA.

### 4.1 Consideraciones previas al montaje.

Antes de cualquier movimiento y montaje de las máquinas se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para tener un ambiente de trabajo adecuado:

Evitar los rayos del sol, sofocación, tierra humedecida y suave o la lluvia durante la instalación y la transportación.

Mantener el entorno de trabajo claro y limpio durante la transportación de la máquina para evitar accidentes.

Es necesario un experto en montajes de inyectoras y extrusoras para su correcta instalación.

Se debe conocer el tamaño y peso de la máquina para determinar el tipo de montacargas a utilizar.

La construcción del piso debe estar totalmente terminada para la colocación de la máquina. El piso debe ser uniforme para evitar algún riesgo de la máquina que se caiga.

Todas las instalaciones eléctricas deben estar terminadas y seguras antes de la instalación y montaje de las máquinas.

Si no se tiene el equipo de elevación de carga conveniente, los rodillos y tuberías de acero pueden ser utilizados para satisfacer el deber, aunque pueden dañar la superficie del piso.

## **4.2 Montaje de la máquina inyectora y extrusora de películas.**

El traslado de las máquinas desde el contenedor hasta la planta se realizó con la ayuda de dos montacargas hasta colocarlos en posición deseada, pero el movimiento de algunas partes se realizó manualmente con la ayuda de barretas usándolas como palancas para el levantamiento de la máquina, tubos de acero de cuatro

pulgadas y un tecele de 3.5 Ton para el levantamiento de la plataforma, rodillos y dado de la extrusora, y las respectivas herramientas para el montaje. Se tomó todas las precauciones para anular cualquier colisión que pudiera dañar la máquina.

No se pudo utilizar un montacargas en el montaje de la extrusora debido al poco espacio para maniobrar que tiene el interior de la planta.

### **Transportación.**

Para la transportación de las máquinas se requiere de ingenieros y técnicos especializados para estar a cargo en el levantamiento de las máquinas.

Es recomendable que la máquina a ser transportada se mantenga nivelada, balanceada y los movimientos se ejecuten de forma lenta y con cuidado.

La carga del montacargas se indica en la siguiente tabla:

TABLA 10

## DESCRIPCIÓN DE LA CARGA DEL MONTACARGAS.

Descripción de estructura de la máquina	Carga del montacargas
Extrusora	5 TON
Cabeza del dado	5 TON
Unidad de tiro	5 TON
Soplador	5 TON
Inyectora	5 TON

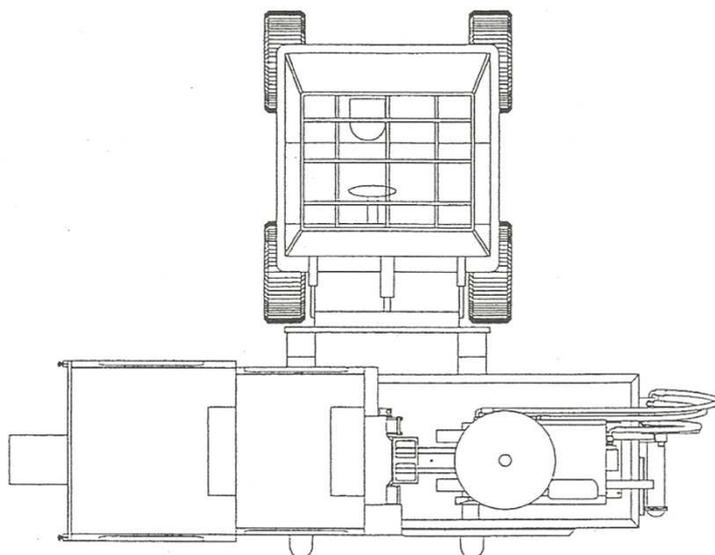
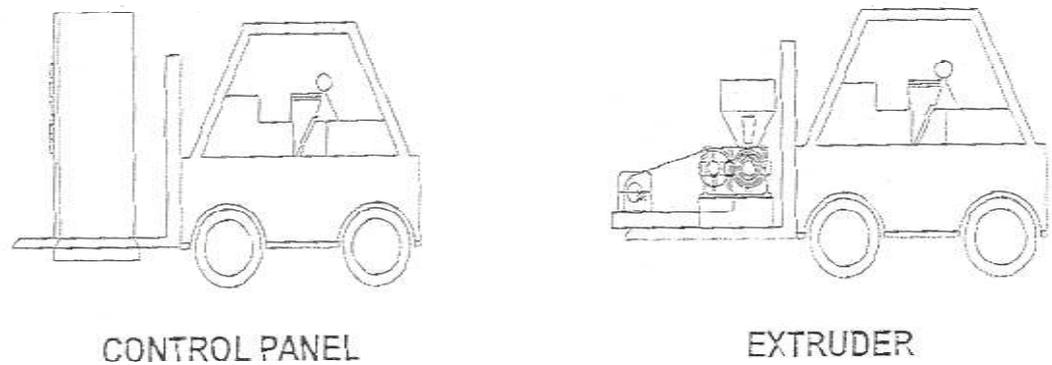


FIGURA 4.1 APLICACIÓN DE MONTACARGAS A LA INYECTORA



**FIGURA 4.2 APLICACIÓN DE MONTAGARGAS A LA EXTRUSORA.**

#### **Instalación mecánica.**

#### **Máquina extrusora de películas.**

El sistema de soplado de películas consiste de cuatro partes principales que son:

- Panel de control y bobinador.
- Rodillos de tiro y cabeza del dado.
- Estructura para plataforma y pasamanos.
- Tornillo de extrusión, tolva de alimentación y anillo de aire.

A continuación se presentan una secuencia de fotos del montaje realizado y algunas indicaciones que se hicieron al momento de montar las partes:



**FIGURA 4.3 LEVANTADA DE EXTRUSORA**

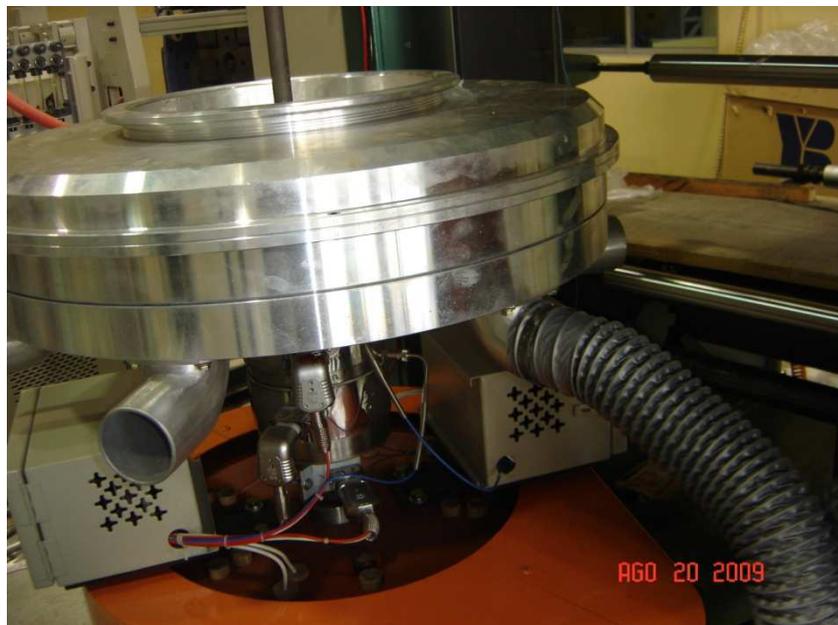


**FIGURA 4.4 MOVIMIENTO DEL PANEL DE CONTROL.**



**FIGURA 4.5 MONTAJE DE RODILLOS DE TIRO.**

Al montar el anillo de aire sobre el dado se debe comprobar que se encuentre en el centro del anillo, el anillo debe estar nivelado y concéntrico con el dado; después de que se haga esto, hay que sujetar todas las mangueras del anillo del aire tal como se muestra en la figura 4.6.



**FIGURA 4.6 INSTALACION DE MANGUERAS AL ANILLO DEL  
AIRE.**

Al momento de abrir el rodillo de goma del rodillo superior de agarre se debe ajustar al centro del rodillo de acero, el cual debería ser centrado con el dado, se debe colocar una plomada desde el centro del rodillo superior de agarre al centro del dado, tal como se muestra

en la figura 4.7. La extrusora y el dado se deben mover cuanto sea necesario para corregir cualquier alineamiento incorrecto.



**FIGURA 4.7 ALINEAMIENTO DE RODILLO DE AGARRE CON LA EXTRUSORA Y EL DADO**



**FIGURA 4.8 MONTAJE DE PLATAFORMA PARA OPERACIÓN.**



**FIGURA 4.9 MONTAJE DE PASAMANOS EN PLATAFORMA Y ESCALERA.**



**FIGURA 4.10 MONTAJE DE CARGADOR DE MATERIA PRIMA DE LA MÁQUINA EXTRUSORA.**

Después de que todas las unidades se montaron en el lugar deseado, se utilizó un nivel para ajustar los soportes de la cubierta que apoyan la estructura y se corrigió los rodillos superiores de agarre del panel de control, hay que cerciorarse de que la máquina este bien nivelada.

**Máquina inyectora.**

Se confirmó la presencia de los accesorios antes de la instalación lo cual ayudará para el montaje de la inyectora.

- Pantalla LCD.
- Ajuste automático del boquete del molde.
- Buje de Oilless para accionar la palanca del sistema.
- Expulsor de aire.
- Soportes de la inyectora.
- Tolva.
- Tolva de secado.
- Cargador de materia prima.
- Abrazaderas de acero.

La caja de herramientas incluye:

- Llave en forma de L.
- Llave ajustable de 14 mm.
- Llave de extremo doble.
- Destornillador.
- Grasa.

Además del montaje de la máquina inyectora, se montaron ciertos equipos complementarios los cuales son:

- Tolva de secado.
- Cargador de materia prima.
- Soportes de la máquina.

A continuación unas figuras del montaje de estos equipos.



**FIGURA 4.11 SOPORTES INSTALADOS.**



**FIGURA 4.12 MONTAJE DE TOLVA DE SECADO.**



**FIGURA 4.13 MONTAJE DE CARGADOR DE MATERIA PRIMA.**



**FIGURA 4.14 CONEXIÓN DE TUBO DE ASPIRACIÓN**

#### **Instalación eléctrica.**

Una vez que las máquinas estén instaladas en su posición de acuerdo al plano se debe hacer una inspección visual del interior y exterior de las mismas para ver si la máquina está como se detalla en las especificaciones dadas en el manual del fabricante.

El dibujo del circuito eléctrico está incluido en los anexos del manual de las máquinas, por lo que se sugiere que un electricista calificado lea los manuales antes de conectar la máquina.

Al momento de la transportación, el alambre de conexión de la cabina de la máquina debe estar desconectado.

Por razones de seguridad, cada una de las máquinas tiene un terminal para la conexión de la tierra. Se recomienda que la conexión a tierra esté por lo menos a un metro de la superficie.

Para realizar una correcta instalación eléctrica se debe seguir además todas las indicaciones a continuación:

- Todos los interruptores en los paneles de control eléctricos deben estar en la posición de "OFF", la medida de las RPM (velocidad) deben estar en la posición "0".
- Garantizar de que la fuente de alimentación principal de la máquina esté conectada correctamente.
- Conecte el motor de la fuente de alimentación y confirme la dirección del mismo.

- Conecte la fuente de la energía de entrada con el panel de control eléctrico, cuando este hecho, la lámpara de la energía se habrá encendido.



**FIGURA 4.15 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

### 4.3 Nivelación.

Las máquinas se nivelaron ajustando los pernos de los soportes de las mismas.

Para su nivelación se utilizaron niveles de precisión, en el sentido de la longitud y ancho de la máquina.

Tolerancia que mide: Máximo 0.2 mm/m.



**FIGURA 4.16 ALINEACIÓN Y AJUSTE DE LA INYECTORA**



**FIGURA 4.17 ALINEACIÓN Y AJUSTE DE LA EXTRUSORA.**



**FIGURA 4.18 NIVELACIÓN DE INYECTORA.**



**FIGURA 4.19 NIVELACION DE LA EXTRUSORA.**

#### **4.4 Descarga del aceite.**

El aceite hidráulico no está incluido en la máquina. Así pues, se debe leer el manual antes de llenar el aceite a la inyectora.

Para la inyectora se seleccionó previa aprobación del proveedor, el aceite Gulf Harmony A.W. ISO 46 y se procedió a suministrar el aceite para el sistema de cierre de la inyectora, para esto se utilizó una bomba de aceite y un tanque de aceite Gulf 46, con contenido neto aproximado de 208 litros, lo cual dejó el depósito de aceite de la máquina a su máxima capacidad.

Para un uso correcto del aceite se debe seguir las siguientes recomendaciones:

- Suministrar el aceite recomendado por el fabricante para proteger la máquina y que ésta alcance un funcionamiento óptimo.
- Llenar el aceite hasta el límite indicado en el cristal del nivel de aceite.
- Si el aceite hidráulico no está claro, se debe llevar a cabo un procedimiento de filtrado antes de llenar.
- Es necesario comprobar la calidad del aceite cada 5000 horas de funcionamiento para proteger la máquina.
- Para prolongar la vida útil de la inyectora se debe engrasar cada 3 meses.



**FIGURA 4.20 BOMBA DE ACEITE Y ACEITE PARA INYECTORA.**

# **Capítulo 5**

## **5. PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS DE LAS MÁQUINAS.**

Se procederá a detallar la puesta en marcha de las máquinas de la planta; desde su encendido hasta la obtención del producto terminado.

### **5.1 Puesta en marcha de inyectora, extrusora de películas y máquinas de laboratorio.**

Una vez ejecutado el montaje de las máquinas que constituyen el laboratorio para procesamiento de plásticos, se realizaron algunas pruebas con las máquinas como fue la inyección de reglas y probetas con la inyectora Lien Yu D75 y la inyectora REED F50 y la elaboración de películas de polietileno de alta densidad y baja densidad y con los equipos de laboratorio.

## 5.2 Encendida de máquinas.

### Máquina inyectora.

Primero se comprobó si todos los sistemas de seguridad de la máquina funcionaban correctamente.

Una vez que la máquina estuvo situada en su posición, engrasada, llena de aceite, con los sistemas de enfriamiento de agua y compresión de aire trabajando correctamente, se pudo considerar que la máquina estaba disponible para ponerse en operación, con lo que se pudo continuar a los siguientes pasos:

- Encender la bomba del motor.
- Encender la calefacción del barril.
- Abrir las válvulas del sistema de refrigeración de agua para enfriar el molde.
- Encender la energía principal del interruptor.
- Encender el interruptor principal ubicado en el panel de control.
- Encender o apagar el motor de la bomba por un corto plazo para comprobar la rotación de los motores.
- Comprobar el nivel y la temperatura de aceite hidráulico; éste se debe encontrar aproximadamente a nivel de la línea roja del

indicador de aceite. Si la temperatura del mismo está sobre los 50 grados, la máquina sonará para advertir al operador.

### **Máquina extrusora.**

- Encienda el interruptor de alimentación principal.
- Fije los controles de la temperatura para precalentar el tornillo.
- Compruebe la dirección de rotación de todos los motores.
- Encender el soplador del anillo y comprobar la dirección que rota.
- Ajuste la velocidad en el panel, el motor de la unidad de tiro funcionará, y se debe comprobar la dirección que rota.
- Ajuste la velocidad de la devanadera, el motor para la devanadera funcionará, comprobar la dirección que rota.

Si todos los motores giran en la dirección incorrecta, se debe invertir cualesquiera dos de los cables de la energía de entrada. Si solamente uno o alguno de los motores rotaron en la dirección incorrecta, revise y vuelva a conectar los alambres correspondientes al tablero terminal del panel de control.

Es de extrema importancia que no encienda el motor principal hasta que no se haya alcanzado la temperatura de trabajo.

### **5.3 Ajuste presión/velocidad.**

#### **Ajuste de la corriente con la presión y velocidad proporcional**

Es posible ajustar el límite superior e inferior de la corriente mediante presión y velocidad proporcional.

#### **Para la presión proporcional.**

Se debe ajustar el límite de la presión más baja a 0 mA. Luego se ajusta el límite superior de la presión a 800 mA.

#### **Para la velocidad proporcional.**

Ajuste la perilla para que el límite de la velocidad más baja sea 150 mA. Una vez hecho esto, ajuste la perilla para que el límite de velocidad superior esté a 600 mA.

## 5.4 Protección hidráulica.

La protección hidráulica es una función especial que disminuye el peligro de posibles daños en el molde al momento del cierre. Para comprobar su funcionamiento se debe seguir los siguientes pasos:

- Medir el ancho del molde.
- Ingresar los parámetros de presión, velocidad y posición. Se recomienda un valor de presión de 5 a 10 Kg/cm<sup>2</sup> dependiendo de la situación del moldeo; del 10-20% de la velocidad es aceptable y una posición de 1.5 a 2.0 milímetros de desfase con referencia al ancho del molde.
- Presionar “molde abierto” para permitir la apertura de las dos mitades del molde.
- Presionar “molde cerrado” para afianzar las dos mitades del molde para ver si la protección hidráulica es válida.

## 5.5 Montaje de molde, llenado de tolva y producción.

### Máquina inyectora.

Una vez realizados los respectivos ajustes se montó el molde para realizar las pruebas, este molde era para fabricar probetas para ensayos de tensión, IZOD y VICAT.



**FIGURA 5.1 MONTAJE DE MOLDE DE LA MÁQUINA INYECTORA.**

Luego se comenzó a cargar la inyectora con la materia prima con la ayuda del cargador hacia la tolva de secado. Para esta prueba se utilizó como materia prima polietileno de alta densidad PEAD.



**FIGURA 5.2 SUMINISTRO DE MATERIA PRIMA INYECTORA.**

Una vez cargada la máquina con el material de trabajo se procedió a abrir la tolva de secado para que pueda ingresar la resina hacia la unidad de inyección, luego se ingresaron las variables de operación en el panel de control; estas variables son: presión, temperatura, distancias del movimiento del molde, para después arrancar con la producción de las probetas.

### **Máquina extrusora.**

Una vez montado el cabezal se procedió a accionar el interruptor de alimentación principal, con esto se encendió automáticamente una lamparilla que indicaba que la máquina se encontraba encendida.



**FIGURA 5.3 MONTAJE MOLDE DE EXTRUSIÓN.**

Se fijó todos los controles de las temperaturas para precalentar el tornillo.

Luego se encendió los sopladores que enfrían el tambor.

Cuando el adaptador y el dado del tambor alcanzaron las temperaturas de precalentamiento y las líneas estuvieron listas para

comenzar, se aumentó la temperatura hasta llegar a la temperatura de operación.

Cuando se alcanzaron las temperaturas de funcionamiento, se arrancó el tornillo a una velocidad reducida cerciorándose de que la tolva estuviera llena y la compuerta abierta.

Se comprobó el amperaje del motor principal (motor impulsor de la extrusora), si hay un aumento en los amperios, apague el tornillo y vuelva a inspeccionar las temperaturas. Fluctuaciones leves del amperaje indican que el medidor opera de forma normal y es de hecho una indicación de que está trabajando. Si la aguja del amperaje no se mueve, el instrumento está defectuoso.

Se llenó la tolva con la materia prima que se iba a utilizar de acuerdo al dado instalado. La materia prima utilizada fue polietileno de alta densidad PEAD.

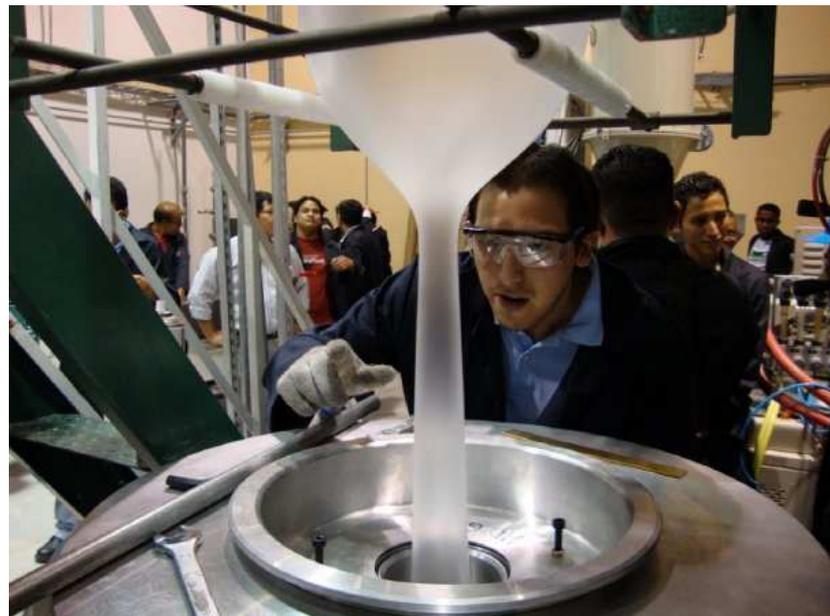


**FIGURA 5.4 SUMINISTRO DE MATERIA PRIMA EXTRUSORA**

Cuando el polímero comenzó a salir del dado, se dio vuelta gradualmente al tambor para aumentar la fuerza de salida del polímero en la extrusión debido a que cualquier degradación o derretimiento de partículas pudieron haber quedado atrapados en el cilindro o en el dado antes de intentar levantar el globo. Utilice la placa de cobre para limpiar encima del polímero degradado del dado.

Se procedió a encender el soplador del anillo del aire.

Se redujo la velocidad de la extrusora para aumentarla una vez que el polímero estuviera con la consistencia correcta y no tuviera muestras de polímero degradado. El operador debe usar guantes a prueba de calor para levantar el polímero caliente del dado, mientras que al mismo tiempo se hizo saltar la burbuja lentamente usando un compresor de aire conectado con el empalme de la manguera debajo del dado. Una vez que el nudo pasó a través del rodillo superior de agarre, se cerró el rodillo de agarre y se ajustó la velocidad.



**FIGURA 5.5 FORMACIÓN DE BURBUJA DE AIRE**

Una vez que el sistema estuvo en funcionamiento, se reguló la burbuja al tamaño deseado; si la burbuja es demasiado ancha, corte pequeños muescas en la burbuja para lanzar algo del aire atrapado hasta que se obtiene el ancho correcto de la misma.

Se ajustó la velocidad del tornillo y la velocidad de los rodillos de tiro para obtener el espesor de película deseado. Se tomaron muestras del espesor de la película en varios lugares a través del ancho de la burbuja. Si la película es demasiado fina se debe aumentar la velocidad del tornillo, si la película es demasiado gruesa se debe aumentar la velocidad del rodillo de tiro.



**FIGURA 5.6 PASO DEL PLÁSTICO POR LOS RODILLOS.**

Si se obtienen variaciones de la galga, se debe tomar la muestra y determinar donde están situados los huelgos y las áreas apretadas.

Con un destornillador hexagonal se ajustó el espesor del film aflojando el perno del dado en lado apretado y apretando en lado ligero.

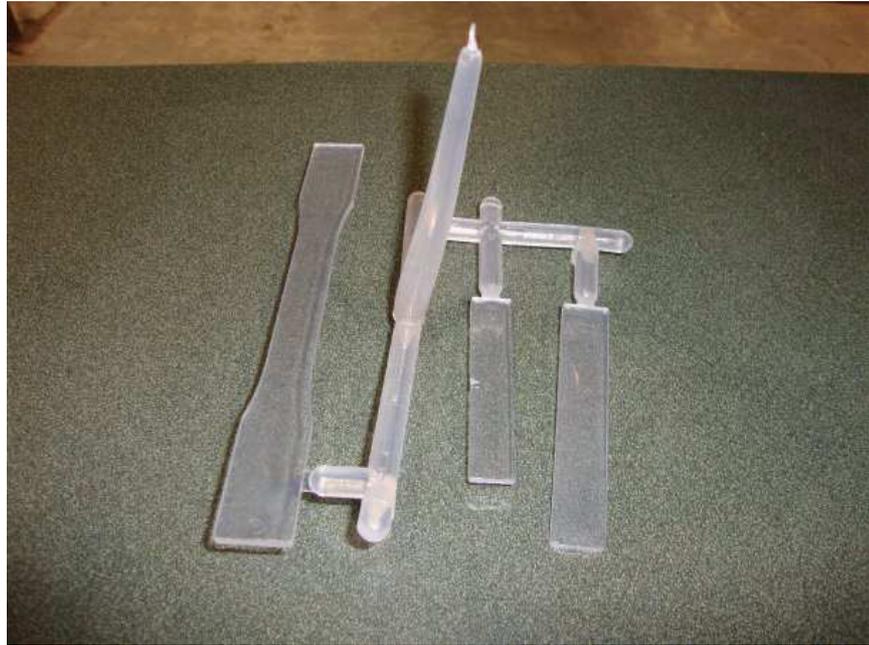
Nota: No ponga ni almacene ninguna herramienta en la máquina durante la operación. En caso de urgencia y usted desee cerrar la máquina inmediatamente, presione el botón de la emergencia en el panel de control.



**FIGURA 5.7 MÁQUINA EXTRUSORA EN OPERACIÓN.**

## **5.6 Pruebas realizadas y producto terminado.**

Con las máquinas inyectoras se obtuvieron probetas para ensayos de tensión, VICAT e IZOD elaboradas con distintas resinas como PEAD, PEBD, PP y con diferentes colores de masterbatch.



**FIGURA 5.8 PRODUCTO SEMIELABORADO DE INYECTORA**



**FIGURA 5.9 PRODUCTO TERMINADO DE INYECTORA**

En la máquina extrusora se elaboraron fundas de diferentes espesores y diferente material de extrusión.



**FIGURA 5.10 EMOBINADO DE PRODUCTO.**

En el laboratorio se realizaron ensayos de medición del índice de fluidez de resinas, tales como polietileno de alta densidad para extrusión, polietileno de baja densidad para inyección, polietileno de baja densidad lineal para inyección y polipropileno.



**FIGURA 5.11 MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ.**

Además se realizaron ensayos de impacto IZOD para el mismo tipo de resinas con las probetas que fueron producidas en la planta.



**FIGURA 5.12 ENSAYO DE IMPACTO IZOD**

Se elaboraron probetas de películas de polietileno para ensayos de tensión en dirección de máquina y en dirección transversal.

Se realizaron algunos ensayos reológicos con ayuda de la máquina Brabender Plastograph con lo cual se determinó el torque requerido para la extrusión de películas.



**FIGURA 5.13 ENSAYO REOLÓGICO**

# Capítulo 6

## 6. ANÁLISIS DE COSTOS.

### 6.1 Análisis de costos de las máquinas.

Como se explicó en capítulos anteriores, se realizó una matriz de decisiones para la selección y adquisición de las máquinas, tanto la extrusora como la inyectora fueron compradas en el extranjero; por lo tanto, se incluye el costo de su nacionalización y transportación. El resto de equipos fueron adquiridos localmente. Además hay otros equipos donados por la industria local, como una extrusora para la línea de peletizado y una máquina inyectora marca REED F50, estos costos no se los ha considerado.

El costo en detalle de las máquinas y equipos adquiridos se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 11

**COSTOS DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS DEL LABORATORIO  
DE PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS.**

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor [\$]</b>
01	Chiller YT-130S	4.715,00
02	Suministro e instalación de A/A split	1.450,00
03	Suministro e instalación de motorreductor de 1 Hp	600,00
04	Adquisición de un control de temperatura para prensa	350,00
05	Suministro e instalación de compresor modelo 2340L5 de 5 Hp	1.783,97
06	Inyectora Lien-Yu D75	18.100,00
07	Extrusora Venus VN-UM45B600	38.800,00
08	Indicador de velocidad para extrusora	365,00
09	Nacionalización inyectora Lien-Yu D75	2.193,66
10	Nacionalización extrusora Venus VN-UM45B600	2.129,83
11	Honorarios despacho inyectora Lien-Yu D75	2.100,00
12	Honorarios despacho extrusora Venus VN-UM45B600	860,00
13	Flete chiller + inyectora	1.500,00
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 74.947,46</b>

Como se puede apreciar en la tabla anterior el costo total de las máquinas es de \$ 74.947,46.

## 6.2 Análisis de costos del montaje y construcción de la planta.

A continuación se van a detallar los costos de los accesorios utilizados para el sistema de enfriamiento y el sistema de aire comprimido, además del costo de la mano de obra total del montaje de la planta.

**TABLA 12**

### **COSTO TOTAL DE ACCESORIOS PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.**

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cant</b>	<b>V. Unit. [\$]</b>	<b>V. Total [\$]</b>
01	Bushing de Ø½" a Ø3/8"	2	0,83	1,66
02	Bushing de Ø1" a Ø½"	1	1,28	1,28
03	Bushing de Ø1-¼" a Ø1"	2	1,62	3,24

04	Bushing de $\text{Ø}1\text{-}\frac{1}{4}$ " a $\text{Ø}\frac{3}{4}$ "	3	1,62	4,86
05	Bushing $\text{Ø}\frac{3}{4}$ " a $\text{Ø}\frac{1}{2}$ "	2	1,03	2,06
06	Bushing $\text{Ø}\frac{3}{4}$ " a $\text{Ø}1$ "	4	1,28	5,12
07	Codo de 90°, acero galvanizado de $\text{Ø}\frac{1}{4}$ "	6	0,51	3,06
08	Codo de 90°, acero galvanizado de $\text{Ø}\frac{1}{2}$ "	3	0,71	2,13
09	Codo de 90°, acero galvanizado de $\text{Ø}1$ "	17	1,35	22,95
10	Nudo de acero galvanizado de $\text{Ø}\frac{1}{2}$ "	2	2,42	4,84
11	Reducción acero galv. de $\text{Ø}1$ " a $\text{Ø}\frac{1}{4}$ "	2	1,90	3,80
12	Reducción acero galv. de $\text{Ø}1$ " a $\text{Ø}\frac{1}{2}$ "	2	1,70	3,40
13	Reducción acero galv. de $\text{Ø}1$ " a $\text{Ø}\frac{3}{4}$ "	2	1,56	3,12
14	Reducción acero galv. de $\text{Ø}1\text{-}\frac{1}{4}$ " a $\text{Ø}1$ "	6	1,51	9,06
15	T de acero galvanizado de $\text{Ø}1\text{-}\frac{1}{4}$ "	8	3,18	25,44
16	T de acero galvanizado de $\text{Ø}1$ "	5	2,01	10,05
17	Tubería ASTM-A53 Gr. B sch.80 de $\text{Ø}1$ "	4	20,10	80,40
18	Tubería ASTM-A53 Gr. B sch.80 de $\text{Ø}1/8$ "	8	2,24	17,96
19	Unión de $\text{Ø}1$ "	5	1,52	7,60
20	Válvula esférica de $\text{Ø}1$ "	6	16,68	100,08
21	Válvula esférica de $\text{Ø}3/8$ "	4	12,09	48,36
22	Y de acero galvanizado de $\text{Ø}1\text{-}\frac{1}{4}$ "	2	3,58	7,16
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 367,63</b>

TABLA 13

**COSTO TOTAL DE ACCESORIOS PARA EL SISTEMA DE AIRE  
COMPRIMIDO.**

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cant</b>	<b>V. Unit. [\$]</b>	<b>V. Total [\$]</b>
01	T de acero galvanizado de Ø¾"	5	1,13	5,65
02	Codo de 90°, acero galvanizado de Ø¾"	14	0,86	12,04
03	Válvula esférica de Ø¾"	4	6,83	27,32
04	Reducción de Ø¾" a Ø½"	4	1,03	4,12
05	Nudo de Ø½"	4	2,42	9,68
06	Nudo de Ø¾"	2	2,89	5,78
07	Bushing de Ø¾" a Ø½"	2	1,03	2,06
08	Tubería ASTM-A53 Gr. B sch.80 de Ø¾"	7	14,94	104,58
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 171,23</b>

TABLA 14

## COSTO DE MANO DE OBRA.

Item	Descripción	Valor [€]
01	Coordinación técnica del proyecto	1557,14
02	Servicio de montacargas	960,00
03	Arreglos en instalación de equipos	324,00
04	Mantenimiento e instalación de línea de peletizado	500,00
05	Pintura	160,00
06	Instalación de sistemas de aire comprimido y de enfriamiento	3571,34
08	Fabricación de pórtico	1100,00
10	Manejo de fondos por parte del CTT	1526,37
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 9.698,85</b>

TABLA 15

## DETALLE DE LA MANO DE OBRA DEL MONTAJE DE LAS MÁQUINAS.

Personal	# personas	\$/hora	# horas	C. Unit.	C. Total
Gerente	1	26,50	16	424,00	424,00
Supervisor	2	17,00	16	272,00	544,00
Ingeniero montaje	2	13,81	16	221,00	442,00
Tecnólogo	1	10,19	16	163,00	163,00
Ayudante	6	3,31	16	53,00	318,00
					<b>\$ 1.891,00</b>

El costo total de la planta de procesamiento de plásticos es de \$174,627.62 incluido los costos de la obra civil y eléctrica.

El porcentaje del costo de la mano de obra con respecto al costo de las máquinas es de 15,46%.

El peso total de la planta es de 8602,72 Kg.

Se puede determinar el valor de kilo montado, siendo este valor 10,12 dólares por kilogramo.

### 6.3 Presupuesto.

A continuación se va a detallar el presupuesto general del equipamiento e infraestructura de la planta:

**TABLA 16**

**EQUIPOS PARA UNIDADES DE PROCESAMIENTO DEL ÁREA  
DE PRODUCCIÓN.**

<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>Valor</b>
Máquina de inyección	1	\$ 65.000,00
Extrusora para films, película y perfiles	1	\$ 30.000,00
Línea de peletizado de polímeros	1	\$ 28.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 193.000,00</b>

TABLA 17

**EQUIPOS PARA LABORATORIO DE ENSAYO ANALÍTICO,  
TERMOMECAÑICOS Y REOLOGÍA.**

Descripción	Cant.	Valor
Máquina de ensayos universal: tracción, flexión	1	\$ 40.000,00
Brabender	1	\$ 97.000,00
Melt Index	1	\$ 10.000,00
Izod/CVharpy Impact	1	\$ 15.000,00
Balanza Analítica	1	\$ 4.000,00
VICAT	1	\$ 25.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 191.000,00</b>

Se presenta también el detalle del presupuesto de la obra civil e instalación eléctrica requerida:

TABLA 18

## PRESUPUESTO DE OBRA CIVIL.

RUBRO	Propuesta			
	UNID	CANT	C. UNIT.	C. TOTAL
<b>PREPARACIÓN DEL SITIO</b>				
Demolición de paredes	M <sup>2</sup>	8	30,00	240,00
Desalojo por demolición	GLB.	1	250,00	250,00
			<b>Sub total</b>	<b>490,00</b>
<b>ALBAÑILERÍA</b>				
Mampostería bloque e=10 cm	M <sup>2</sup>	25	16,00	400,00
Pilaretos y viguetas H.A. 10x20 cm	M <sup>2</sup>	17	15,00	255,00
Enlucido exterior	M <sup>2</sup>	35	5,50	192,50
Enlucido interior	M <sup>2</sup>	120	6,50	780,00
Enlucido de piso	M <sup>2</sup>	40	8,00	320,00
Filos	ML.	30	3,50	105,00
Cuadrada de boquetes e=10 cm	ML.	30	5,00	150,00
Mesón hormigón armado (incl. enlucido) a=0,60 m	ML.	1,5	75,00	112,50

Mesón hormigón armado (incl. enlucido ) a=0,85 m	ML.	15	95,00	1425,00
			<b>Sub Total</b>	<b>3740,00</b>

<b>ESTRUCTURA</b>				
Cimentación de pinto h.a Fc=210 Kg/cm <sup>2</sup>	M <sup>2</sup>	2,5	50,00	125,00
Placas de anclaje a columnas	UND.	10	30,00	300,00
Riostra de H.A. fc = 210 kg/cm <sup>2</sup>	ML.	38	20,00	760,00
Columnas de estructura metálica 0,20x0,20 a=2,70 m	UND.	10	95,00	950,00
Vigas de estructura metálica 0,20x0,20 m	ML.	56	25,00	1400,00
Losa de estructura metálica de 0,10 m incluye plancha de galvalum	M <sup>2</sup>	49	98,00	4802,00
			<b>Sub total</b>	<b>8337,00</b>

<b>ACABADOS</b>				
Porcelanato de piso	M <sup>2</sup>	40	42,00	1680,00
Pintura exterior elastométrica, sellado y pintura	M <sup>2</sup>	35	8,00	280,00
Pintura interior tipo caucho, sellado , empaste y pintura	M <sup>2</sup>	120	6,50	780,00

Ventana aluminio y vidrio	M <sup>2</sup>	3,2	110,00	352,00
Puerta metálica con cerradura	UND.	2	480,00	960,00
Puerta de aluminio y vidrio con cerradura	UND.	1	280,00	280,00
Revestimiento de mesón con marmolina y granito	M <sup>2</sup>	18	80,00	1440,00
Separadores y puertas de mesón	ML.	18	120,00	2160,00
			<b>Sub total</b>	<b>7932,00</b>

<b>INSTALACIÓN SANITARIA</b>				
Instalación de tubería sanitaria de 4" PVC desagüe	ML.	30	20,00	600,00
Construcción de caja de AASS	UND.	2	350,00	700,00
Fregadero de un pozo	UND.	1	150,00	150,00
Excavación de zanja para tubo de AASS	ML.	30	72,00	2160,00
Tubería de A.P. diám. ½"	ML.	50	20,00	1000,00
Punto de agua potable	UND.	2	50,00	100,00
Punto de desagüe	UND.	2	50,00	100,00
Rejilla de piso	UND.	2	25,00	50,00
			<b>Sub total</b>	<b>4860,00</b>

<b>MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DE OBRAS</b>				
Limpieza de la obra	GLB.	1	350,00	350,00
Desalojo por limpieza general	GLB.	1	350,00	350,00
			<b>Sub total</b>	<b>700,00</b>

<b>Sub total</b>	26059,00
<b>Costos indirectos</b>	
15%	3908,85
<b>Costo total sin IVA</b>	<b>\$ 29.967,85</b>

TABLA 19

## PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

DETALLE	UN	CANT	C. UNIT.	SUB TOTAL
<b>ACOMETIDA ELÉCTRICA</b>				
<b>ACOMETIDA EN MEDIA TENSIÓN SUBTERRÁNEA</b>	GLB	1	7618,0	7618,0
<p>Comprende desde el poste más cercano de la red de media tensión hasta la estación de transformación.</p> <p>Conductores 3x2 awg - 15 KV + 1x4 awg - cobre.</p> <p>Tubería conducto PVC de 110 mm.</p> <p>Tubería metálica rígida de 4" en bajada de poste.</p> <p>Cajas de registro de cemento con marco y tapa de estructura metálica</p>				

<b>ESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICA</b>	GLB	1	13935,0	13935,0
Incluye provisión, transporte, montaje, conexiones y pruebas.  Transformador trifásico 225 KVA - 13200 - 220/127 voltios tipo Padmounted  Conectores varilla a tierra.  Base de cemento para montaje y conexiones.				
<b>ACOMETIDA EN BAJA TENSIÓN</b>	GLB	1	5250,0	5250,0
Comprende desde la estación de transformación hasta tablero de distribución principal.  Tubería PVC novaducto - 110 mm.  Conductores: doble terna (3x300 MCM) + neutro 1x300 MCM-THHN + T#2 awg  Terminales tipo talón para conexión de conductores.				

<b>TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL</b>	GLB	1	5277,0	5277,0
<p>Gabinete metálico tipo autosoportado para uso interior, construido en tipo semi estructura perfil en V, con plancha de acero laminada al frío de 1,4 mm de espesor. Con 2 puertas desmontables, cerradura, acabado con pintura en polvo electrostático, curada al horno.</p> <p>Dimensiones aproximadas 180 cm (alto), 80 cm (ancho), 40 cm (profundidad).</p> <p>Incluye: 1 breaker 3p, regulación térmica 252, 630 Amp, 690 VAC. Poder de corte 85KA / 220 VAC. Con unidad de disparo electrónica intercambiable, 1 juego de barras de cobre de 3 fases 700 Amp, 1 barra de neutro aislado 400 A, 1 barra de tierra 220A. Todas las barras con sus respectivos terminales</p> <p>1 breaker 3p 175 A, 4 breakers 3p 150 A, 2 breakers 2p 30 A, 2 breakers 1p 20 A.</p> <p>Montaje y conexión.</p>				

<b>COSTO DIRECTO DE OBRA:</b>				32080,0
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>			15%	4812,00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS:</b>				\$36892,0

<b>DETALLE</b>	<b>UN</b>	<b>CANT.</b>	<b>C. UNIT.</b>	<b>SUB TOTAL</b>
<b>SISTEMA INSTALACIONES ELÉCTRICAS / LUMINARIAS</b>				
<b>BANDEJA PORTACABLES</b>	GLB	1	3511,2	3511,2
Se instalarán bandejas de acero pregalvanizado, portacables tipo escalerilla con sus respectivos accesorios de montaje. Que servirá para alojar conductores pertenecientes a las diferentes máquinas de laboratorio.				

<p><b>ALIMENTACIÓN A MÁQUINAS</b></p> <p>Sopladora de botellas conductores 3x1/0 + 1x2 awg cobre</p> <p>Inyectora hidráulica conductores 3x1/0 + 1x2 awg cobre</p> <p>Película soplado conductores 3x1/0 + 1x2 awg cobre</p> <p>Mancompuestos conductores 3x2/0 + 1x2 awg cobre</p> <p>Inyectora eléctrica conductores 3x10 + 1x12 awg cobre</p> <p>Molina Mezcladora, compresor conductores 3x8 + 1x10 awg cobre cada una</p> <p>Estas alimentaciones partirán desde el tablero de alimentación principal</p>	GLB	1	6608,8	6608,8
<p><b>PANEL TRIFÁSICO OFICINAS, LABORATORIO</b></p> <p>Panel trifásico 4 hilos, capacidad 40 puntos 120/208 voltios 225 Amp, equipados con los siguientes breakers: 14 de 1p 20 A, 5 de 2p 30 A, 1 de 2p 40 A, 1 de 2p 1 A, 1 de 3p 30A. Montaje y conexión.</p>	GLB	1	682,0	682,0

<b>ALIMENTACIÓN A PANEL</b>	GLB	1	1163,8	1163,8
Comprende la alimentación desde TDG hasta panel ubicado en área de oficinas. Conductores 3x2 + 1x4 awg cobre Accesorios para montaje y conexión				
<b>PUNTOS DE SALIDA</b>				
Tubería metálica tipo EMT con accesorios y conductores de cobre				
Salida de 220 V (iluminación central y exterior)	U	10	90,2	902,0
Salida de 220 V (laboratorios) TC	U	3	106,7	320,1
Salida de 220 V (acondicionadores de aire)	U	3	124,3	372,9
Iluminación de 120 V (oficina)	U	6	74,8	448,8
Salida de 120 V (tomacorrientes)	U	15	79,2	1188,0
Voz	U	1	59,4	59,4
<b>LUMINARIAS</b>				
Industrial tipo campana, difusor aluminio de 20 material halide 250W-220V	U	6	169,4	1016,4
Tipo Wall pack, para pared, sodio 175 W 220 V	U	4	183,7	734,8
Fluorescente electrónica 2x32 W 120 V	U	5	71,5	357,5
Fluorescente electrónica 3x32 W 120 V	U	6	104,5	627,0

<b>COSTO DIRECTO DE OBRA:</b>				17992,70
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>			15%	2698,91
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS:</b>				\$20691,61

Se puede determinar la desviación del presupuesto que es del 22,92%.

El presupuesto establecido inicialmente para el montaje de la planta era de \$ 226.551,46. Este valor era financiado por la donación del 25% del impuesto a la renta de las industrias plásticas gestionado por ASEPLAS, el total donado por ASEPLAS fue de \$175,000.00. En el año 2008 las políticas económicas cambiaron y se prohibió la donación de dicho valor debiéndose ajustar el presupuesto a los requerimientos básicos para que la planta comience su funcionamiento. Se está gestionando una segunda fase del proyecto en la cual se incluyen las maquinarias que no pudieron ser adquiridas en un inicio.

# Capítulo 7

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### CONCLUSIONES.

1. El costo del montaje estuvo dentro de lo establecido con un valor de mano de obra y equipos conforme al presupuesto, con ciertas desviaciones debido a imprevistos.
2. El tiempo programado para el montaje de las máquinas estuvo dentro de lo establecido dado que las máquinas se armaron en el tiempo planificado.
3. Las máquinas fueron escogidas por ser las más idóneas para el entrenamiento en los procesos de inyección y extrusión y se seleccionaron luego de un análisis costo/beneficio.

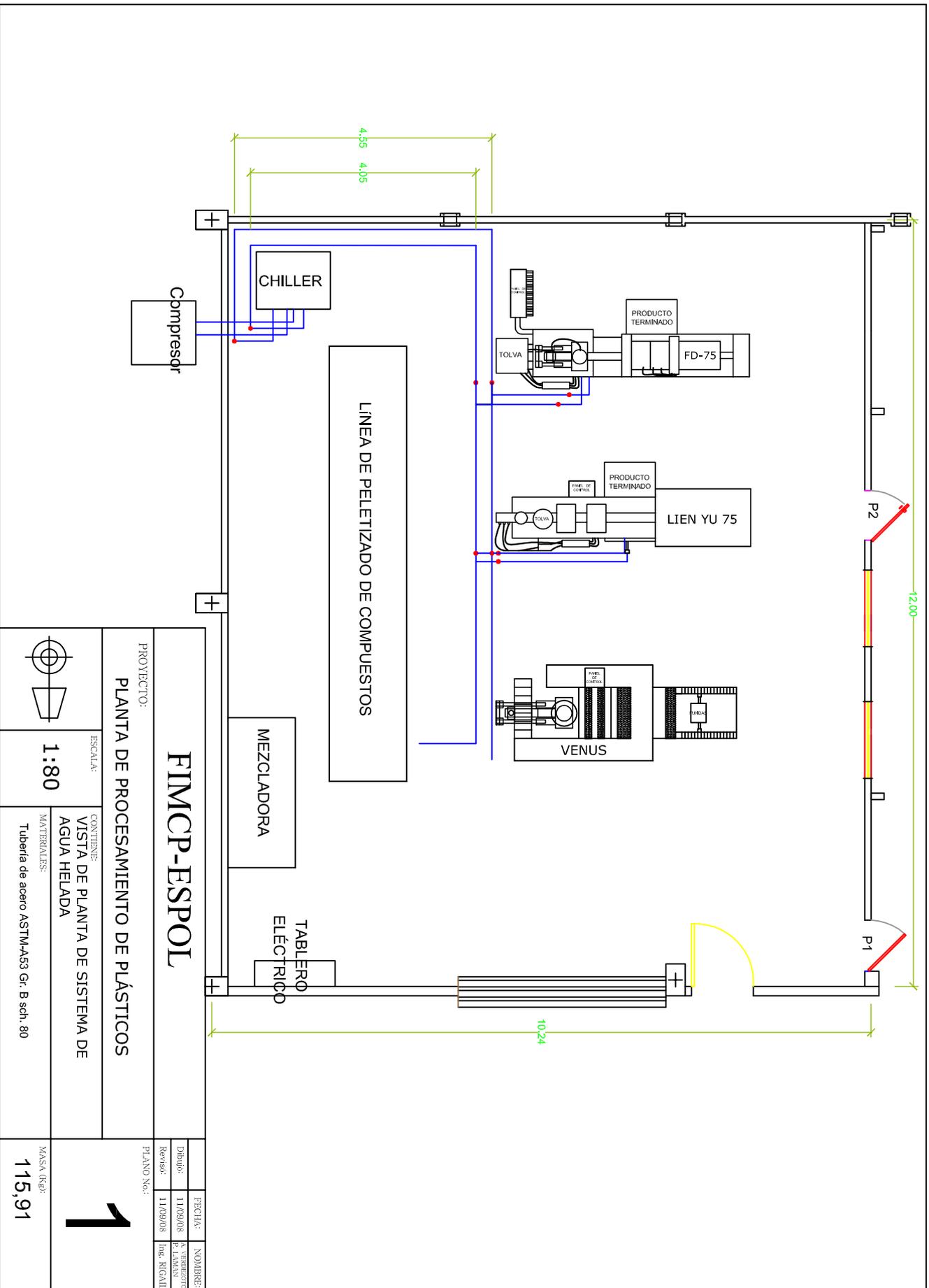
4. Los equipos seleccionados fueron los más adecuados para los procesos planificados para el funcionamiento de la planta, los cuales son inyección, extrusión, peletizado y caracterización de materiales.
5. Actualmente la planta se encuentra en operación y cumple con el objetivo de brindar capacitación enfocado en el manejo de las máquinas y realizar análisis de los productos obtenidos.
6. El presente trabajo permitió aplicar conocimientos aprendidos en diversas áreas de la carrera de una forma práctica y sirve de base para el análisis de futuros proyectos de montaje.

## RECOMENDACIONES.

1. Al momento de la transportación de la máquina al sitio donde va a ser instalada se debe asegurar que los operadores y objetos no estén en el camino, de manera que se eviten accidentes tanto de los operarios como de la maquinaria a ser movida. Recordar que al momento de trasladar la maquinaria ésta debe moverse de forma lenta y con la debida protección para evitar posibles caídas.
2. Para evitar el daño de las piezas de la máquina al momento de movilizarlas se sugiere interponer un material suave como madera o cartulina.
3. Debido a la formación de condensado al reducir el volumen y la temperatura del aire al mismo tiempo, ya que estos dos fenómenos reducen la capacidad de saturación del aire, se recomienda adquirir un secador de aire para el sistema de aire comprimido.
4. En todos los sistemas de aire comprimido se forma condensado, por lo tanto es imprescindible un sistema de evacuación fiable y realizarlo de forma periódica, de lo contrario causará averías y daños por corrosión.
5. En las tuberías del sistema de enfriamiento se alcanza el punto de rocío por lo cual se tiene el problema de goteo cuando el sistema está

en operación por lo que se debería adquirir un sistema de aislamiento para la tubería.

6. Es recomendable limpiar el dado de extrusión de películas con una malla de cobre o bronce y aplicar grasa de silicón a las superficies del dado para evitar que el polímero se adhiera a las paredes del mismo.
7. Utilizar temperaturas altas durante la extrusión y por un período de tiempo prolongado causa degradación del polímero, lo que hará arranques más difíciles debido a las partículas quemadas que vienen a través del dado.
8. Nunca rote el tornillo en un cilindro vacío pues esto causará daño severo al tornillo y al cilindro.
9. El precalentamiento puede tomar hasta una hora y media dependiendo de la extrusora y el tamaño del dado. Mientras tanto, los operadores deben comprobar el resto del sistema.
10. Las gafas de seguridad se deben usar al trabajar alrededor del dado de extrusión en caso de que haya un salto repentino de polímero caliente.



Compressor

CHILLER

LINEA DE PELETIZADO DE COMPUESTOS

MEZCLADORA

TABLERO ELECTRICO

TOLVA  
PRODUCTO TERMINADO  
FD-75

TOLVA  
PRODUCTO TERMINADO  
LIEN YU 75

VENUS  
PRODUCTO TERMINADO

P2

P1

# FIMCP-ESPOL

PROYECTO:  
PLANTA DE PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS

ESCALA:  
1:80

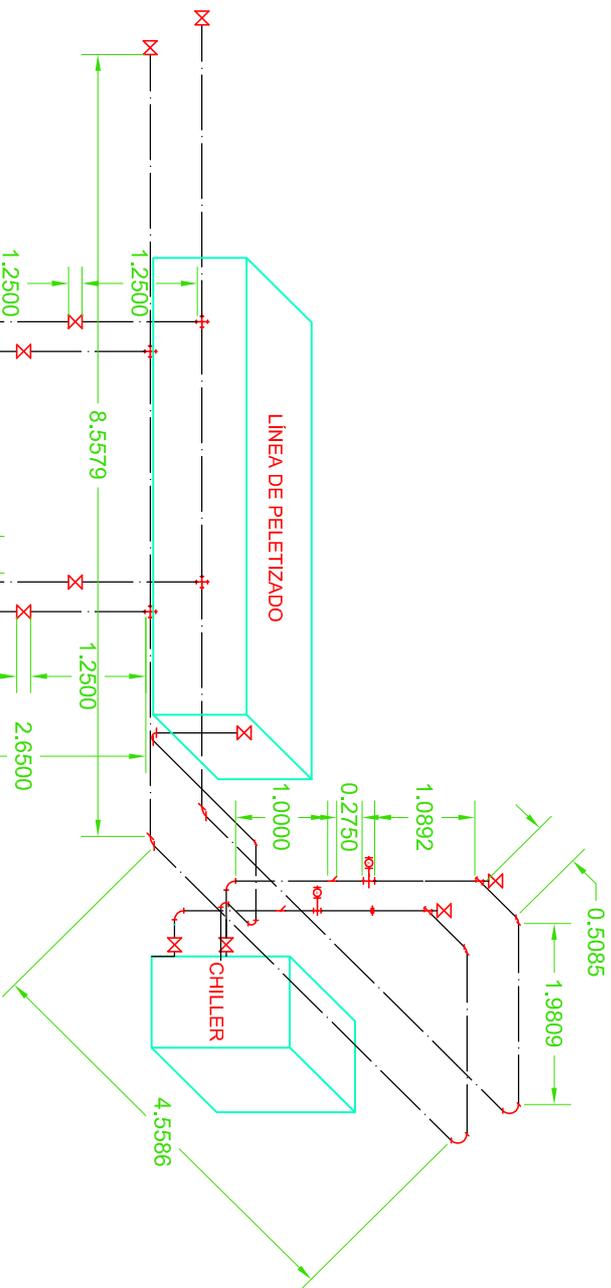


CONTENIDO:  
VISTA DE PLANTA DE SISTEMA DE AGUA HELADA

MATERIALES:  
Tubería de acero ASTM-A53 Gr. B sch. 80

Diseno:	11/09/08	FECHA:	11/09/08
Revisa:	11/09/08	NOMBRE:	A. VERGARA P. LAMAR Ing. RGAIL
PLANO NO.:		1	

MASA (Kg):  
115,91



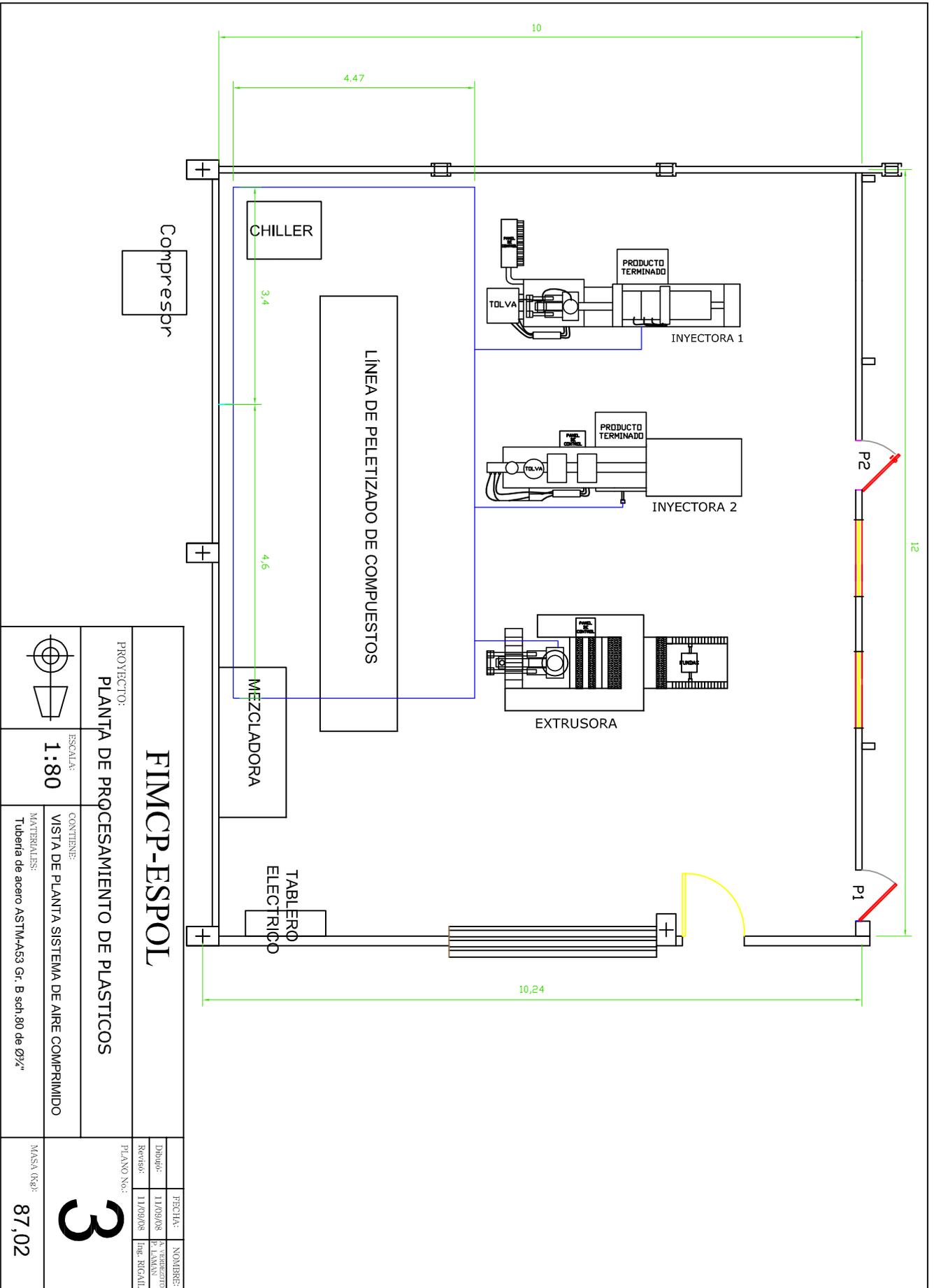
**Simbología**

	Tubería de agua fría
	Válvula de paso
	Unión universal
	Válvula de alivio
	Tee
	Ye
	Codo a 90°

<b>FIMCP-ESPOL</b>		FECHA:	NOMBRE:
PROYECTO:		Dibujó:	A. VERGARA
PLANTA DE PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS		Revisó:	P. LAMANA
ESCALA:		PLANO NO.:	Ing. RIGAIL
CONTIENE:		<b>2</b>	
PLANO ISOMÉTRICO DE TUBERÍAS DE SISTEMA DE AGUA HELADA		MASA (Kg):	
MATERIALES:		115,91	
Tubería de acero ASTM-A53 Gr. B sch. 80			



1:80



# FIMCP-ESPOL

PROYECTO:  
PLANTA DE PROCESAMIENTO DE PLASTICOS

ESCALA:  
**1:80**

CONTIENE:  
VISTA DE PLANTA SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

MATERIALES:  
Tubería de acero ASTM-A53 Gr. B sch.80 de Ø7"

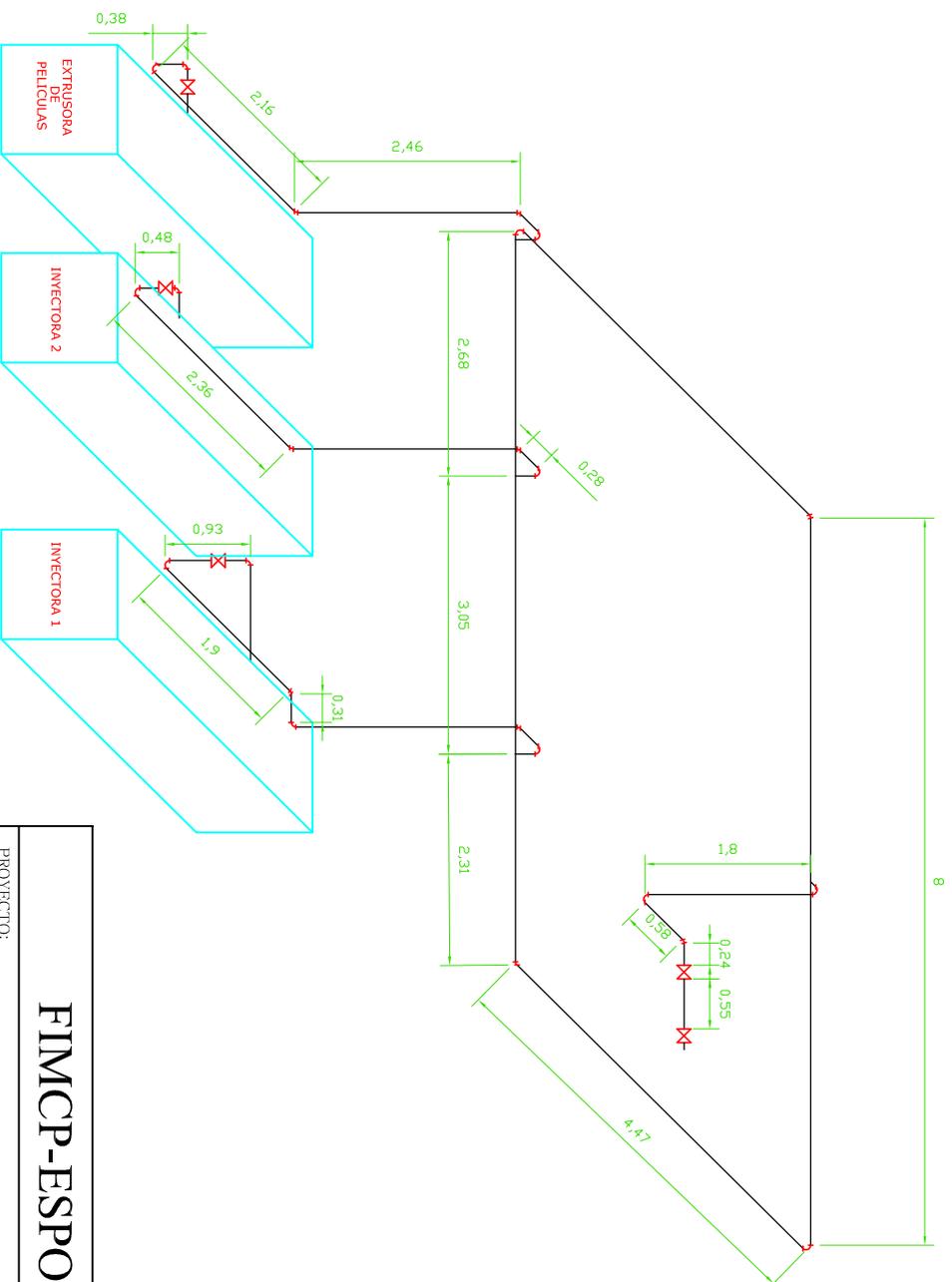
FECHA:	NOMBRE:
Dibujó: 11/09/08	K. VERDEZITO
Revisó: 11/09/08	P. LAMANA
	Ing. RIGAIL

PLANO No.:

# 3

MASA (Kg):  
**87,02**

# SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO



**SIMBOLOGÍA**  
 VÁLVULA DE PASO  
 CODO A 90°

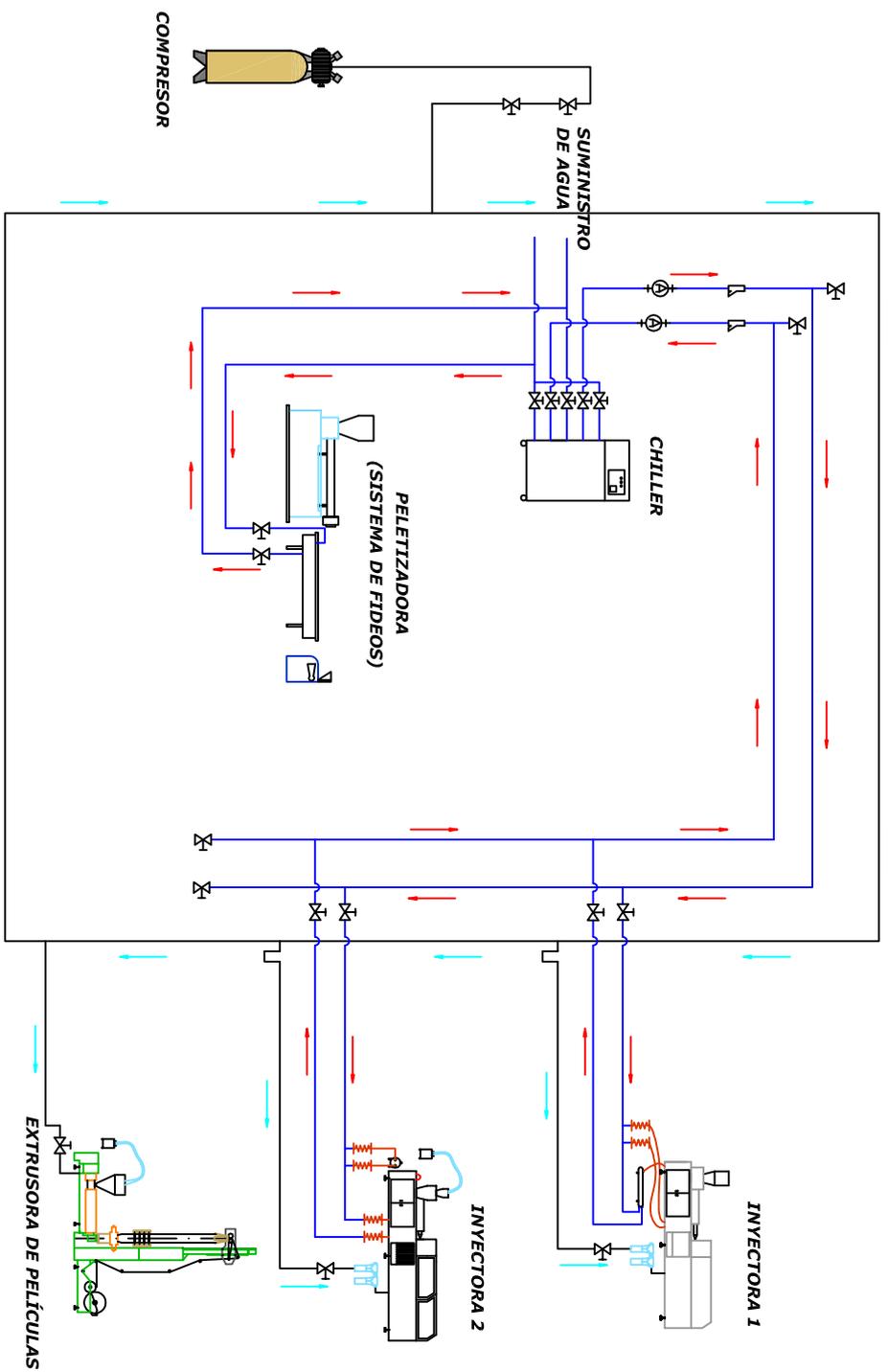
<b>FIMCP-ESPOL</b> PROYECTO: PLANTA DE PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS		ESCALA: <b>1:80</b>	
CONTENIDO: PLANO ISOMÉTRICO DE TUBERÍAS DE SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO		MATERIALES: Tubería de acero ASTM-A53 Gr. B sch.80 de Ø¾"	
PLANO NO.:	FECHA:	NOMBRE:	MASAS (Kg):
Diseñó:	11/09/08	A. VERGARA	<b>87,02</b>
Revisó:	11/09/08	P. LAMANA	
		Ing. RIGAIL	

**4**

PROYECTO:	ESCALA:	CONTENIDO:	MATERIALES:
PLANTA DE PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS	<b>1:80</b>	PLANO ISOMÉTRICO DE TUBERÍAS DE SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	Tubería de acero ASTM-A53 Gr. B sch.80 de Ø¾"
PLANO NO.:	FECHA:	NOMBRE:	MASAS (Kg):
Diseñó:	11/09/08	A. VERGARA	<b>87,02</b>
Revisó:	11/09/08	P. LAMANA	
		Ing. RIGAIL	

## SIMBOLOGÍA

-  VÁLVULA DE PASO
-  VÁLVULA CHECK
-  MANGUERA DE PRESIÓN
-  FILTRO
-  VÁLVULA DE ALIVIO
-  TUBERÍA PARA AGUA
-  TUBERÍA PARA AIRE
-  FLUJO DE AIRE
-  FLUJO DE AGUA



# FIMCP-ESPOL

PROYECTO:  
PLANTA DE PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS

ESCALA:

NINGUNA

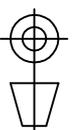
CONTIENE:  
PID DE SISTEMA DE AGUA HELADA Y  
AIRE COMPRIMIDO

MATERIALES:

Tubería de acero ASTM-A53 Gr. B  
sch. 80

PLANO NO.:

FECHA:	NOMBRE:
Dibujó: 11/09/08	A. VERGARA
Revisó: 11/09/08	P. LAMAY
	Ing. RIGAIL



S

## APÉNDICE 1

### SELECCIÓN DE MÁQUINA INYECTORA

<b>País de origen:</b>	<b>EEUU</b>	<b>China</b>	<b>Taiwan</b>	<b>Alemania</b>	
<b>Fabricante/Proveedor:</b>	<b>Plastec</b>	<b>Haitian</b>	<b>Maquitec</b>	<b>Suquin</b>	
<b>Marca de fábrica:</b>	<b>Milacron</b>	<b>Haitian</b>	<b>Lien-Yu</b>	<b>Dr. Boy</b>	
<b>Modelo:</b>	<b>Roboshot-33i</b>	<b>MA600/150</b>	<b>D75</b>	<b>Boy 55A 550-205</b>	
<b>Costo:</b>	<b>\$ 49.860,00</b>	<b>\$ 49.108,00</b>	<b>\$ 22.815,00</b>	<b>€ 55.275,00</b>	

#### Inyectora de Termoplásticos

<b>Principales Especificaciones técnicas ofrecidas</b>					
	3x230Vx60Hz	3x230Vx60Hz	3x230Vx60Hz	3x230Vx60Hz	<b>COMENTARIOS</b>
Voltaje	3x230Vx60Hz	3x230Vx60Hz	3x230Vx60Hz	3x230Vx60Hz	
Volumen máximo de inyección	28,5 cm <sup>3</sup>	66 cm <sup>3</sup>	121 cm <sup>3</sup>	73,9 cm <sup>3</sup>	
Diámetro del husillo	22 mm	26 mm	32 mm	28 mm	
Relación L/D	20	24	20	22,7	
Husillo bimetálico resistente a la abrasión	Si	Si	Si	Si	
Velocidad máxima del husillo	300 rpm	280 rpm	220 rpm	450 rpm	
Carrera del husillo	75 mm	85 mm	160 mm	120 mm	
Dispositivo para salida automática del husillo	Si	No	No	Si	
Carrera del ejector	60 mm	70 mm	160 mm	80 mm	

Fuerza de cierre	330 KN	600 KN	750 KN	550 KN	
Espacio entre barras	280x280 mm	310x310 mm	320x320 mm	360x335 mm	
Tamaño de las placas	450x450 mm	No especifica	630x630 mm	650x650 mm	
Pirómetros en el cañón	3	3	3	4	Milacron ofrece calentamiento sincronizado del cañon y boquilla para eliminar la posibilidad de material quemado
Pirómetros en la boquilla	1	1	1	1	
Imán de tolva tipo gaveta	Si	No	No	No	
Sistema de nivelado de equipo	Si	No especifica	No	No especifica	
Máxima potencia de calentamiento	3,8 KW	5,1 KW	4 KW	7,7 KW	
Tipo	Eléctrico	Híbrida	Hidráulica	Hidráulica	
Potencia Total del Equipo	28,8 KW	22,5 KW	26,5 KW	23 KW	Milacron incluye la potencia necesaria por el equipo auxiliar, ni Boy ni Haitian incluyen estos valores energéticos adicionales
<b>Chiller</b>	No	No	Si	No	

<b>UNIDAD DE CONTROL</b>					
Control de lazo cerrado para presión de inyección y contrapresión	Si	Si	No	Si	
Control de lazo cerrado para presión de contacto en la boquilla	Si	No	No	Si	
Control de lazo cerrado para presión en el molde	Si	Si	No	Si	
Control de lazo cerrado para velocidad de ejección	Si	Si	No	Si	
Resolución en la medición de temperatura	0,1 F	0,1 F	No especifica	No especifica	
Resolución en la medición de la presión	0,1 MPa	No especifica	No especifica	No especifica	
Tipo de control de temperatura	PID	PID	PID	PID	Los tres proveedores ofrecen el controlador de procesador por derivada proporcional integrada
Tecnología Touch Screen	Si	Si	No especifica	Si	

Tecnología High Velocity Scanning	Si	No	No	No	La inyectora Milacron ofrece esta tecnología con tiempos de medición de 62 nanosegundos
Habilidad para mostrar 4 pantallas de información	Si	No	No	No	
Capacidad de almacenaje de planos de montaje de moldes (capacidad hasta de 300 planos)	Si	No	No	No	
Sensor de verificación de caída de la pieza	Si	No	No	No	
Diagnóstico automático de fallas	Si	No	No	No	
Capacidad para almacenamiento y edición de curvas de presión en cada ciclo	Si	No	No	No	
Control remoto mediante LAN	Si	Si	No	Si	
Control de horas de operación y ciclos	Si	Si	No	Si	

Programación de hora y fecha de encendido y apagado automático a control remoto	Si	No	No	No	
Control contra arranque en frío	Si	No	No	No	
Control de tiempo de residencia del material en el cañon	Si	No	No	No	Esta tecnología es de suma importancia para el análisis de degradación de las resinas
Alarmas ajustables de alta o baja temperatura en cada zona	Si	Si	Si	No	
Ajuste de posiciones y velocidades del ejector durante la apertura del molde	Si	Si	Si	Si	
Alineación automática del molde en montaje	Si	Si	Si	No	
Edición y almacenamiento de múltiples secuencias de expulsión	Si	No	No	No	

<b>SOFTWARE</b>					
Compatible con Windows	Si	Si	No	Si	
Software de recolección de datos y análisis de producción incluyendo histogramas, tendencias y control estadísticos de proceso.	Si	Si	No	Si	La inyectora BOY incluye solo un módulo de SPC pero con funciones limitadas
Habilidad de pasar datos múltiples a memoria durante el transcurso de cada ciclo	Si	Si	No	No	
Capacidad de visualización de gráficos de múltiples variables al mismo tiempo en la pantalla	Si	No	No	No	
Software de análisis de la variación de peso de las piezas inyectadas	Si	No	No	No	
Software para evaluación de resinas (Viscosidad, Fluidez) con capacidad de almacenamiento para mas de 2000 lotes	Si	No	No	No	

Capacidad para editar curvas de presión en cada uno de los ciclos de producción via software y control remoto	Si	No	No	No	
Habilidad para hacer juicio si aceptar o no una pieza inyectada en base a la variación de peso	Si	No	No	No	
<b>Servicios y accesorios que se incluyen en la oferta</b>	Si	Si	No	No	
Entrega un certificado de cumplir con las normas de fabricación de la ANSI y la SPE	Si	Si	No	No	
El vendedor provee un técnico que supervisará la instalación del equipo en planta sin costo adicional	Si	Si	No	No	
El proveedor ofrece capacitación para tres personas sobre la operación y funcionamiento de la máquina sin costo alguno	Si	Si	No	No	

El proveedor deberá ofrecer una garantía técnica de por lo menos dos años	Si	Si	No	No	
Plano de instalación eléctrica	Si	Si	No	No	
Los precios deben incluir el transporte local a las instalaciones	No	No	Si	Si	
Tiempo de entrega	3 meses	2 meses	5 semanas	3 meses	

## APÉNDICE 2

### SELECCIÓN DE MÁQUINA EXTRUSORA

<b>País de origen:</b>	Taiwan	Taiwan	Taiwan	Taiwan	Argentina	India
<b>Proveedor:</b>	Lung Meng	Maquitec Andina	FIDESA	FIDESA	Bac Technology	Plastec
<b>Marca de fábrica:</b>	Lung Meng	Venus Plastic	Matila	Matila	ROR	Rajoo
<b>Modelo:</b>	LM-EB45T	VN-UH55A-750-RD	CT-SHE45	CT-SLE45	ROR 30 mini	RELL-4050-800
<b>Costo:</b>	49010	38800	43146	45016	54800	43800

#### Extrusora de Film Soplado

<b>Principales especificaciones técnicas ofrecidas</b>						
Voltaje	3 x 230V x 60Hz					
Material	HDPE/LDPE/LLDPE	HDPE/LDPE/LLDPE	HDPE	LDPE	HDPE	HDPE/LDPE/LLDPE
Ancho máximo de la película	750 mm	700 mm	550 mm	700 mm	400 mm	700 mm
Espesor de película para HDPE	0,008-0,007	0,008-0,08	0,008-0,08	No	No especifica	0,01-0,1
Espesor de película para LDPE (mm)	0,012-0,02	0,01-0,2	No	0,025-0,12	No	No

Productividad	50 kg/hora	40-60 Kg/hora	40-75 Kg/hora	50-90 Kg/hora	10-30 Kg/hora	40 Kg/hora
<b>Extrusora</b>						
Diámetro del husillo	45 mm	45 mm	45 mm	45 mm	33 mm	50
Relación L/D	28	28	28	30	No especifica	26
Husillo bimetálico resistente a la abrasión	Si	No especifica	Si	Si	Si	No
Capacidad del calentador	7 KW	16 KW* (total)	No especifica	No especifica	No especifica	No especifica
Número de pirómetros	2	4	4	4	3	3
Potencia Motor Principal	15 KW	15 KW	22 KW	22 KW	12 KW	18,4 KW
<b>Cabezal</b>						
Diámetro del dado	80 mm	75-120 mm	100 mm	150 mm	80 mm	80 mm
Potencia de los calentadores*	4,2 KW	16 KW* (total)	No especifica	No especifica	No especifica	10,45 KW*
Número de Pirómetros	2	3	2	2	2	2
Potencia de Soplador	2,25 KW	2,2 KW	3,7 KW	3,7 KW	2,2 KW	No especifica

<b>Unidad de Jalado</b>						
Dispositivo estabilizador de burbuja	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Rodillos de jalado	2	2	2	2	2	2
Velocidad máxima de jalado	90 m/min	60 m/min	120 m/min	80 m/min	No especifica	70 m/min
Potencia de la unidad	1,5 KW	1,5 KW	1,5 KW	1,5 KW	1,1 KW	No especifica
<b>Bobinadora</b>						
Diámetro máximo de rollo terminado	750 mm	700 mm	1000 mm	800 mm	No especifica	No especifica
Potencia de bobinadora	0,5 KW	0,75 KW	40 Kg-cm	40 Kg-cm	No especifica	No especifica
<b>Unidad de control</b>						
Controlador de velocidad de tornillo por inversor de frecuencia	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Alarma y parada por sobrepresión	Si	Si	Si	Si	Si	No
Control de lazo cerrado para temperatura en cañón y dado	Si	Si	Si	Si	Si	Si

<b>Servicios y accesorios adicionales que se incluyen en la oferta</b>						
Alimentador automático	Si	No	Si	Si	No	No
Cambiador de filtros manual**	Si	Si	Si	Si	Si	No
Cabezal giratorio	Si	Si	Si	Si	Si	No
Dado y anillo LPDE	Si	Si	No	No	No	No
Rodillo tratador de superficie para impresión	Si	No	No	No	No	No
Los precios deben incluir el transporte local a las instalaciones	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Garantía	12 meses	12 meses	13 meses	13 meses	12 meses	No
Tiempo de entrega	3 meses	4 meses	3 meses	3 meses	3 meses	3 meses

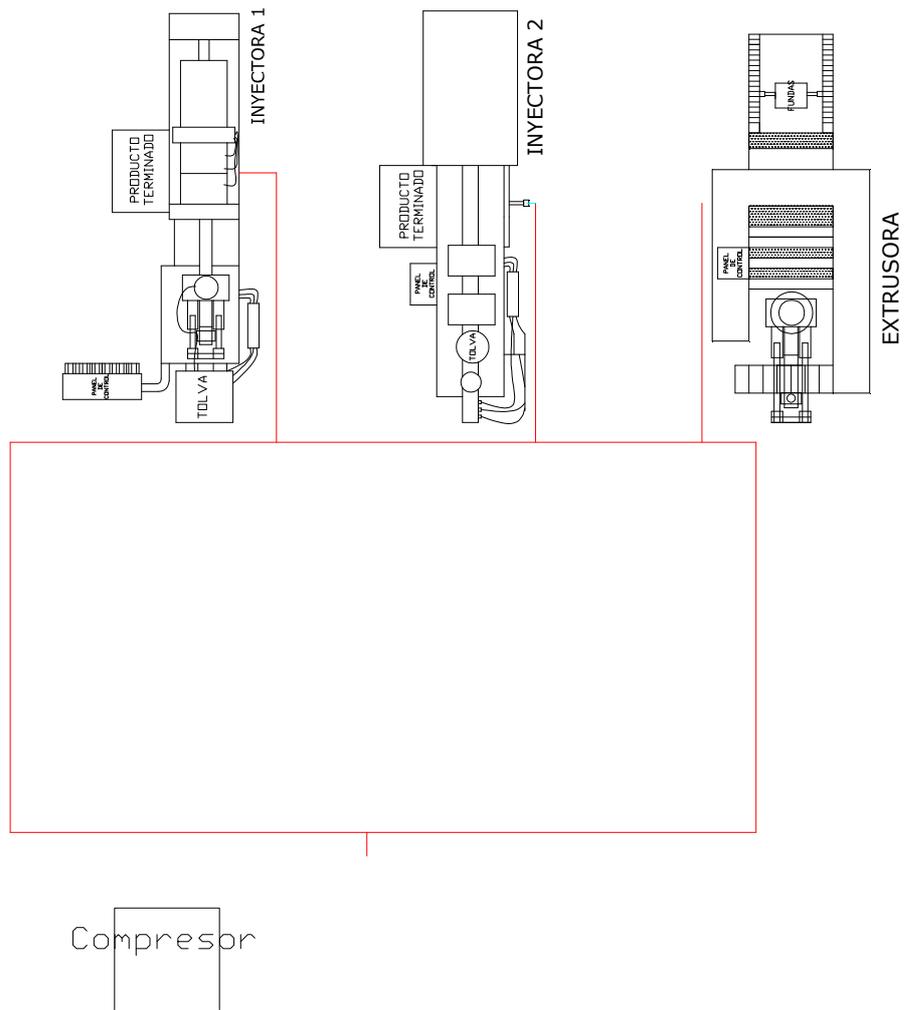
### **COMENTARIOS**

\*Esta potencia es la total entre los calentadores de la extrusora y el cabezal

\*\*El dispositivo filtrador de la máquina ROR es especialmente diseñado para una mejor eficiencia que los filtros convencionales

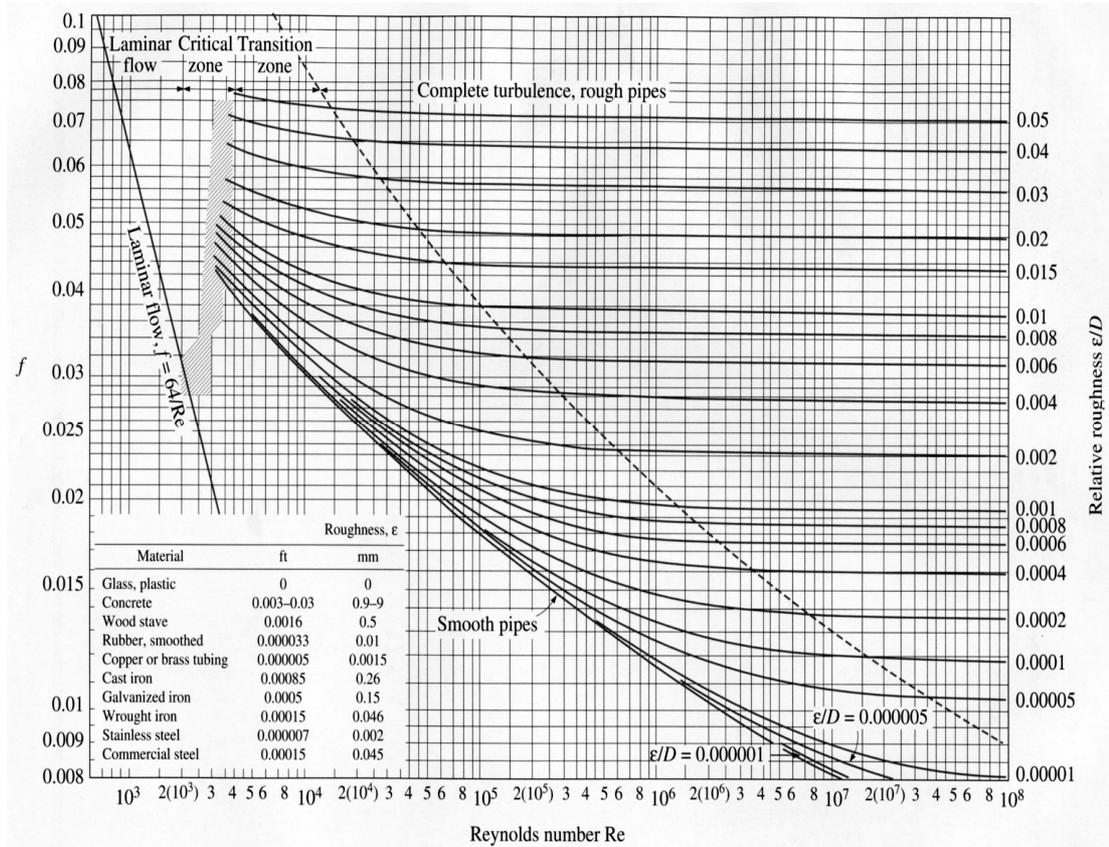
### APÉNDICE 3

## DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE ANILLO PRINCIPAL DE SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.



## APÉNDICE 4

### FACTOR DE FRICCIÓN COMO FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLDS Y DE LA RUGOSIDAD RELATIVA, EL DIAGRAMA DE MOODY.



## APÉNDICE 5

### LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS PARA TUBERÍAS

Coefficiente de velocidad  $C_{HW}$  para la ecuación de Hazen-Williams

Material	$C_{HW}$
Acero corrugado	60
Acero con juntas lock-bar (nuevo)	135
Acero galvanizado (nuevo y usado)	125
Acero remachado (nuevo)	110
Acero remachado (usado)	85
Acero soldado o con remache avellanado y embutido (nuevo)	120
Acero soldado o con remache avellanado y embutido (usado)	90
Hierro soldado, con revestimiento especial (nuevo y usado)	130
Hierro fundido limpio (nuevo)	130
Hierro fundido sin incrustaciones (usado)	110
Hierro fundido con incrustaciones (viejo)	90
Plástico (PVC)	150
Asbesto cemento (nuevo)	135
Cobre y latón	130
Conductos con acabado interior de cemento pulido	100
Concreto, acabado liso	130
Concreto, acabado común	120
Tubos de barro vitrificado (drenes)	110
Madera cepillada o en duelas	120

### Ecuaciones para el cálculo de las longitudes equivalentes

Aditamento	Longitud equivalente(m) D(pulgadas) C Hazen Williams
Codo radio largo 90°	$Le = (0.52D+0.04)(C/100)^{1.85}$
Codo radio medio 90°	$Le = (0.67D+0.09)(C/100)^{1.85}$
Codo radio corto 90°	$Le = (0.76D+0.17)(C/100)^{1.85}$
Codo de 45°	$Le = (0.38D+0.02)(C/100)^{1.85}$
Curva 90° r/D = 1 ½	$Le = (0.30D+0.04)(C/100)^{1.85}$
Curva 90° r/D = 1	$Le = (0.39D+0.11)(C/100)^{1.85}$
Curva de 45°	$Le = (0.18D+0.06)(C/100)^{1.85}$
Entrada normal	$Le = (0.46D+0.08)(C/100)^{1.85}$
Entrada de borda	$Le = (0.77D-0.04)(C/100)^{1.85}$
Válvula de compuerta abierta	$Le = (0.17D+0.03)(C/100)^{1.85}$
Válvula de globo abierta	$Le = (8.44D+0.50)(C/100)^{1.85}$
Válvula de ángulo abierta	$Le = (4.27D+0.25)(C/100)^{1.85}$
Tee de paso directo	$Le = (0.53D+0.04)(C/100)^{1.85}$
Tee con salida de lado	$Le = (1.56D+0.37)(C/100)^{1.85}$
Tee con salida a ambos lados	$Le = (0.56D+0.33)(C/100)^{1.85}$
Válvula de pie con rejilla	$Le = (6.38D+0.40)(C/100)^{1.85}$
Válvula de retención tipo liviano	$Le = (2.00D+0.20)(C/100)^{1.85}$
Válvula de retención tipo pesado	$Le = (3.20D+0.03)(C/100)^{1.85}$
Reducción gradual	$Le = (0.15D+0.01)(C/100)^{1.85}$
Ampliación gradual	$Le = (0.31D+0.01)(C/100)^{1.85}$
Salida de tubería	$Le = (0.77D+0.04)(C/100)^{1.85}$

NOTA: Las ecuaciones deben aplicarse para diámetros comerciales (pulgadas) y el coeficiente de velocidad C para la ecuación de Hazen-William.

Longitudes equivalentes a pérdidas locales (en metros de tubería de hierro fundido).

DIAMETRO D mm pulg.		Codo 90° Radio largo	Codo 90° Radio medio	Codo 90° Radio corto	Codo 45°	Curva 90° R/D=1	Curva 90° R/D=1	Curva 45°	Entrada normal	Entrada de Borda	Válvula de compuerta abierta	Válvula tipo globo abier- ta	Válvula de ángulo abierta	Té paso directo	Té salida lateral	Té salida bilateral	Válvula de pie	Salida de Tubería	Válvula de retención tipo liviana	Válvula de retención tipo pesado
13	1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
65	2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	8,4	12,9
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

## APÉNDICE 6

### POTENCIA DE MÁQUINAS Y EQUIPOS.

<b>Extrusora de películas:</b>	
	<b>Potencia (KW)</b>
Cilindro soplador de enfriamiento:	0,75
Motor de conducción principal:	15
Capacidad del calentador	16
Soplador de aire frio	1,5
Motor de tiro:	0,75
<i>Potencia valorada:</i>	<b>34</b>

<b>Inyectora 1(Lien Yu):</b>	
	<b>Potencia (KW)</b>
Motor de conducción principal:	7,5
Capacidad del calentador:	4
<i>Potencia valorada:</i>	<b>11,5</b>

<b>Inyectora 2(REED PRENTICE):</b>	
	<b>Potencia (KW)</b>
Motor de conducción principal:	10
Capacidad del calentador:	5
<i>Potencia valorada:</i>	<b>15</b>

<b>Chiller Chuting</b>	
	<b>Potencia (KW)</b>
Potencia del compresor:	2,25
Potencia del ventilador:	0,375
Potencia de la bomba:	0,75
<i>Potencia valorada:</i>	<b>3,4</b>

<b>Instalaciones de alumbrado</b>	
	<b>Potencia (KW)</b>
Seis luminarias industriales tipo campana de 250W	1,5

Cuatro luminarias tipo Wall pack de 150W	0,6
Cinco luminarias tipo fluorescente de 2x32W	0,32
Seis luminarias tipo fluorescente de 3x2 W	0,036
<i>Potencia valorada:</i>	<b>2,5</b>

<b>VICAT</b>	<b>Potencia (KW)</b>
<i>Potencia valorada:</i>	<b>2,9</b>
<b>EQUIPO PARA ENSAYOS REOLÓGICOS:</b>	<b>Potencia (KW)</b>
<i>Potencia valorada:</i>	<b>3,8</b>
<b>MELT INDEX</b>	<b>Potencia (KW)</b>
<i>Potencia valorada:</i>	<b>5,5</b>
<b>IMPACTO IZOD</b>	<b>Potencia (KW)</b>
<i>Potencia valorada:</i>	<b>0,46</b>
<b>EQUIPO DE TRACCIÓN</b>	<b>Potencia (KW)</b>
<i>Potencia valorada:</i>	<b>2,3</b>
<b>Compresor para el sistema de aire:</b>	<b>Potencia (KW)</b>
<i>Potencia valorada:</i>	<b>3,75</b>
<b>Equipos de aire acondicionado (2 unidades):</b>	<b>Potencia (KW)</b>
<i>Potencia valorada:</i>	<b>14</b>
	<b>Potencia (KW)</b>
<b>POTENCIA TOTAL:</b>	<b>99</b>

<b>Costo por hora (\$)</b>
<b>8,59</b>

## APÉNDICE 7

### COEFICIENTES DE RUGOSIDAD ABSOLUTA.

<b>Material</b>	<b>Rugosidad absoluta e (mm)</b>
Concreto centrifugado nuevo	0.16
Concreto centrifugado con protección bituminosa	0.0015 a 0.125
Concreto de acabado liso	0.025
Concreto alisado interiormente con cemento	0.25
Concreto con acabado rugoso	10.00
Acero bridado	0.91 a 9.10
Tubería de acero soldada	0.046
Acero comercial o hierro dulce	0.046
Hierro fundido asfaltado	0.120
Hierro fundido	0.260
Hierro fundido oxidado	1.0 a 1.5
Hierro galvanizado	0.15
Madera cepillada	0.18 a 0.90
Arcilla vitrificada	0.15
Asbesto cemento nuevo	0.025
Asbesto cemento con protección interior de asfalto	0.0015
Vidrio, cobre, latón, madera bien cepillada, acero nuevo soldado y con una mano interior de pintura, tubos de acero de precisión sin costura, serpentines industriales, plástico, hule.	0.0015



## **BIBLIOGRAFÍA**

1. DIPAC, Catálogo de perfiles estructurales.
2. KAESER Compresores, Catálogo de Técnica de Aire Comprimido.
3. GILES RANALD V. Mecánica de los Fluidos e Hidráulica, Editorial Mc. Graw Hill
4. OCHOA GABRIEL, “Mejoramiento de Capacidad de Moldeo de Fundidora de Metales por Medio de Instalación de Red de Aire Comprimido” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2008)
5. VALAREZO HOMERO, “Mejoras en el Sistema de Aire Comprimido en una Planta Industrial” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2002)

**Enlaces:**

1. [www.tupy.com.br/downloads/pdfs/conexoes/catalogo\\_pt.pdf](http://www.tupy.com.br/downloads/pdfs/conexoes/catalogo_pt.pdf)
2. [www.famiq.com.ar/online/catalogo\\_22.pdf](http://www.famiq.com.ar/online/catalogo_22.pdf)
3. [www.taval.com.ar/admin/file2.asp?ID=11](http://www.taval.com.ar/admin/file2.asp?ID=11)
4. [www.plastigama.com.ec/site/attachments/099\\_volante%20acuaflex.pdf](http://www.plastigama.com.ec/site/attachments/099_volante%20acuaflex.pdf)