



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

GUÍA PARA LA INSTALACIÓN Y MONTAJE DE MÁQUINAS DE SOPLADO E INYECCIÓN DE PLÁSTICO

Helmer Rolando Cuestas Rivera

Asesorado por el Ing. Ronald Fernando Moreno González

Guatemala, septiembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GUÍA PARA LA INSTALACIÓN Y MONTAJE DE MÁQUINAS DE SOPLADO
E INYECCIÓN DE PLÁSTICO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

HELMER ROLANDO CUESTAS RIVERA

ASESORADO POR EL ING. RONALD FERNANDO MORENO GONZÁLEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Erick Mauricio Morales De León
EXAMINADOR	Ing. Edwin Antonio Alvarado Cario
EXAMINADOR	Ing. José Arturo Estrada Martínez
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

GUÍA PARA LA INSTALACIÓN Y MONTAJE DE MÁQUINAS DE SOPLADO E INYECCIÓN DE PLÁSTICO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica, con fecha marzo de 2009



Helmer Rolando Cuestas Rivera

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Coordinador del Área Complementaria , luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado, **GUÍA PARA LA INSTALACIÓN Y MONTAJE DE MÁQUINAS DE SOPLADO EN INYECCIÓN DE PLÁSTICO**, del estudiante **Helmer Rolando Cuestas Rivera**, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, noviembre de 2010.

behdei.

Guatemala, 10 de octubre 2010

Ingeniero
Julio Cesar Campos Paiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos De Guatemala

Apreciable Ingeniero Pérez

Por este medio me dirijo a Ud. para hacer de su conocimiento que he aprobado y autorizado el trabajo de graduación titulado ***“Guía para la Instalación y Montaje de Máquinas de Soplado e Inyección de Plástico”***, el cual fue desarrollado por el estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica, Helmer Rolando Cuestas Rivera, con Carné No. 61610 y en cumpliendo con mi parte de asesor del descrito trabajo, me complace informarle.

Agradezco anticipadamente su atención.

Atentamente,



Ronald Fernando Moreno González
Ingeniero Industrial
Colegiado 2552

Ronald Moreno
Ingeniero Industrial
Colegiado 2552

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al Trabajo de Graduación titulado GUÍA PARA LA INSTALACIÓN Y MONTAJE DE MÁQUINAS DE SOPLADO E INYECCIÓN DE PLÁSTICO del estudiante **Helmer Rolando Cuestas Rivera**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, agosto de 2011

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **GUÍA PARA LA INSTALACIÓN Y MONTAJE DE MÁQUINAS DE SOPLADO E INYECCIÓN DE PLÁSTICO**, presentado por el estudiante universitario **Helmer Rolando Cuestas Rivera**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 01 de septiembre de 2011.

/gdech



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
HIPÓTESIS.....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS POLIMÉRICOS	
1.1. Historia del plástico	1
2.1. Materiales poliméricos	4
1.2.1. Definición.....	5
1.2.2. Clasificación.....	5
1.2.2.1. Clasificación y descripción específica.....	7
1.3. Reproceso de polímeros.....	22
1.4. Reciclado de polímeros.....	23
1.5. Producto terminado y proceso.....	27
1.5.1. Tuberías, PVC. CPVC.....	27
1.5.2. Soplado de película.....	39
1.5.3. Soplado de contenedores.....	45
1.5.4. Inyección.....	49
1.6. Aditivos	51
1.7. Seguridad industrial en el proceso de fabricación de productos poliméricos.....	55
1.7.1. Reglas generales de seguridad.....	56

2.	INSTALACIONES MECÁNICAS Y MONTAJE	
2.1.	Maquinaria y equipo.....	57
2.1.1.	Máquinas inyectoras.....	57
2.1.2.	Máquinas sopladoras de película.....	62
2.1.3.	Máquinas sopladoras de envases.....	62
2.1.4.	Compresores de aire.....	63
2.1.5.	<i>Chiller</i>	70
2.1.6.	Torres de enfriamiento.....	72
2.2.	Tubería de aire comprimido y agua.....	73
2.2.1.	Tubería y accesorios metálicos.....	74
2.2.2.	Tubos de plástico.....	75
2.3.	Montaje mecánico.....	75
3.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	
3.1.	Tipos de alimentación y tensión eléctrica.....	81
3.1.1.	Alimentación eléctrica aérea.....	82
3.1.2.	Alimentación eléctrica subterránea.....	82
3.1.3.	Voltaje nominal.....	83
3.2.	Distribución secundaria.....	83
3.3.	Requerimiento eléctrico de la maquinaria.....	83
3.4.	Sistema de protección eléctrica de la maquinaria.....	89
3.5.	Materiales requeridos para la instalación eléctrica.....	90
4.	PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE INSTALACIÓN	
4.1.	Planeación.....	91
4.1.1.	Objetivos.....	92
4.1.2.	Procedimiento.....	92
4.1.3.	Programa.....	93
4.1.4.	Técnicas.....	93
4.2.	Organización.....	93

4.2.1.	Puestos de trabajo.....	94
4.2.2.	Personas.....	95
4.2.3.	Autoridad y responsabilidad.....	95
4.3.	Ejecución.....	96
4.3.1.	Comunicación.....	97
4.3.2.	Dirección y coordinación.....	97
4.4.	Control.....	97
4.4.1.	Medición y comparación de resultados.....	98
4.4.2.	Análisis y corrección.....	98
5.	MANTENIMIENTO GENERAL, MAQUINARIA E INSTALACIONES	
5.1.	Conceptos de mantenimiento.....	99
5.2.	Mantenimiento preventivo de maquinaria e instalaciones.....	103
5.2.1.	Guías de inspección diaria para maquinaria de producción y equipos periféricos.....	107
5.2.1.1.	Guía de inspección diaria para sopladoras.....	107
5.2.1.2.	Guía de inspección diaria para inyectoras.....	108
5.2.1.3.	Guía de inspección diaria para compresores..	118
5.2.1.4.	Guía de inspección diaria para <i>Chiller</i>	119
5.3.	Plan de mantenimiento preventivo para maquinaria de producción de plástico.....	110
5.3.1.	Programa de mantenimiento preventivo para inyectoras...	110
5.3.2.	Programa de mantenimiento preventivo para sopladoras..	111
6.	GUÍA DE INSTALACIÓN DE MÁQUINAS	
6.1.	Inyectoras.....	113
6.2.	Sopladoras.....	116
6.3.	Métodos de anclaje.....	120
6.3.1.	Método de concreto.....	120

6.3.2.	Adhesivos cerámicos y epóxicos.....	121
6.4.	Instalaciones eléctricas.....	122
6.5.	Aire comprimido.....	123
6.6.	Agua para refrigeración.....	124
6.6.1.	Refrigeración en inyectoras	124
6.6.2.	Refrigeración en sopladoras.....	128
CONCLUSIONES.....		131
RECOMENDACIONES.....		133
BIBLIOGRAFÍA.....		135
ANEXOS.....		139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	El celuloide.....	2
2.	Molécula del caucho.....	8
3.	Polietileno de ultra alto peso molecular.....	12
4.	Máquina de reproceso.....	23
5.	Proceso de peletizado.....	25
6.	Planta de reciclaje.....	26
7.	Proceso de reciclado mecánico del plástico.....	27
8.	Tubería y accesorios CPVC.....	28
9.	Aplicaciones de tubería y accesorios PVC.....	28
10.	Tuberías para fluidos.....	29
11.	Tuberías de PVC termo fusionado.....	33
12.	Accesorios de PVC.....	35
13.	Gráfica del proceso de fabricación de tubería PVC.....	36
14.	Fase de inyección PVC.....	38
15.	Fase de compresión PVC.....	38
16.	Fase de expulsión PVC.....	39
17.	Diagrama de extrusora para película soplada.....	39
18.	Cabezal de soplo de película.....	40
19.	Rollos o bobinas de tela plástica.....	40
20.	Bolsas plana a color en paquetes.....	42
21.	Película plástica plana.....	43
22.	Bolsas de plástico.....	44
23.	Envases soplados termoplásticos.....	46
24.	Envases soplados de PE.....	47

25.	Productos soplados en PVC.....	48
26.	Productos inyectados.....	49
27.	Carcasas y equipos de protección inyectados.....	50
28.	Unidad de potencia.....	58
29.	Unidad de cierre.....	59
30.	Esquema de una inyectora.....	60
31.	Moldes de inyección.....	61
32.	Máquinas inyectoras.....	61
33.	Esquema de una máquina sopladora.....	63
34.	Esquema del compresor reciprocante.....	65
35.	Compresor de pistón.....	68
36.	Compresor rotativo.....	68
37.	Compresores de tornillo.....	68
38.	Compresores de aspas deslizantes.....	69
39.	Compresores de lóbulos rectos.....	70
40.	<i>Chiller</i> enfriado por agua.....	71
41.	Diagrama del <i>chiller</i>	71
42.	Torres de enfriamiento.....	72
43.	Montaje incorrecto horizontal.....	75
44.	Montaje incorrecto Vertical.....	76
45.	Sopladora sin soportes de amortiguación.....	78
46.	Soporte amortiguador con graduación manual.....	79
47.	Soporte amortiguador simple con graduación.....	79
48.	Inyectora MG1800.....	84
49.	Vista alta del mecanismo porta molde.....	84
50.	Planeación.....	91
51.	Equipo auxiliar (<i>Chiller</i>).....	100
52.	Soporte para nivelación.....	114
53.	Soporte para nivelación con colector.....	114

54.	Plano de cimentación.....	116
55.	Dibujo de un anclaje en concreto.....	121
56.	Intercambiador de calor.....	124
57.	Torre de enfriamiento.....	126
58.	Diagrama del molde de soplado.....	127
59.	Tobera de sopro.....	129

TABLAS

I.	Características entre el polietileno de baja y de alta densidad.....	12
II.	Características del polipropileno.....	15
III.	Referencia sobre aditivos.....	54
IV.	Hoja técnica.....	85
V.	Formulas eléctricas.....	87
VI.	Cargas monofásicas.....	88
VII.	Conductores THW.....	90

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballos de potencia
Cs	Capacidad de soporte
°C	Centígrados
cm	Centímetro
I	Corriente eléctrica
Ef.	Eficiencia
Fp. %	Factor de potencia
H	Hora
Kg/h	Kilogramos hora
Kpa	Kilo-pascales
KW	Kilovatios
Kva	Kilovoltio amperio
L 2	Línea eléctrica dos
L 3	Línea eléctrica tres
L 1	Línea eléctrica uno

N	Línea neutral
T	Línea tierra
PM	Peso de máquina
PTI	Potencia total instalada
Ton	Toneladas
E	Voltios

GLOSARIO

ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno.
Aditivo	Ingredientes que dotan a los materiales polímeros de las propiedades específicas.
Amina	Material polimérico termoestable o termo fijo con una amplia variedad de aplicaciones.
Caucho	Elastómero natural, conocido como látex.
Chiller	Equipo auxiliar que funciona manteniendo un circuito cerrado de agua fría entre él y los circuitos de refrigeración de la matriz.
Compresor	Equipo que se utiliza para comprimir aire a una presión dada. Y este aire sirve para soplar los contenedores y mantener las mangas de las películas de extrusión, así como algún otro equipo neumático en las inyectoras y sopladoras.
Esclerómetro	Instrumento de medición empleado para la determinación de la resistencia a compresión en hormigones, ya sea en pilares, losas, muros, etc.
Elastómero	Polímero que cuenta con la particularidad de ser muy elástico pudiendo incluso, recuperar su forma luego de ser deformado.
Equipo	Máquinas auxiliares que prestan un servicio indispensable a todo el proceso productivo.
EVA	Acetato de vinil etileno, material resistente a la radiación UV.

Extrusión	Proceso que inicia con una materia prima de polímero que se funde y mezcla (plastificación) a determinada temperatura con la acción mecánica giratoria de un tornillo sin fin, impulsando a alta presión dentro de una matriz metálica fría; la cual le conferirá una forma útil al solidificarse, proporcionando estabilidad a la figura obtenida.
Fuerza de cierre	Fuerza ejercida sobre el molde antes de inyectar la materia prima en la matriz. Se entrega mucha potencia en la unidad de cierre (cierre de matriz).
HDPE	Polietileno de alto peso molecular y alta densidad.
HIPS	Poliestireno de alto impacto.
Inyección	Proceso que consiste en la plastificación de la materia prima, colorante y aditivos, para ser forzada por la presión mecánica de un cilindro hidráulico dentro de una matriz.
LLDP	Polietileno de baja densidad lineal.
Mantenimiento	Proceso dedicado a la conservación de equipos y maquinarias, para asegurar el constante rendimiento de la misma, en óptimas condiciones de confiabilidad y de producción.
Matriz	Se conoce comúnmente como molde y es dentro de sus cavidades donde se obtiene las diferentes formas de los productos terminados.
Plastificación	Proceso que inicia con la introducción de una materia prima plástica en el tambor, es transportada por un tornillo sin fin dentro de un cañón, a una temperatura determinada, fundiéndose y mezclándose dentro de él, para luego ser servida a presión.

Plástico	Expresión para referirse a un material sintético, derivados en su mayoría del petróleo.
Poliéster	Material que posee excelentes propiedades, mecánica, antioxidantes, muy buen aislante térmico y eléctrico.
Polietileno	Material polimérico, termoplástico, de color blanquecino transparente.
Polimérico	Material que ha sido sintetizado a partir fundamentalmente de derivados del petróleo, por medio de procesos termoquímicos.
PP	Polipropileno, material de la familia de termoplásticos. Se obtiene por la polimerización por adición del propileno.
PS	Poliestireno, polímero que se obtiene por la adición del estireno.
PTFE	Poli-tetrafluoretileno, se comercializa bajo el nombre de teflón.
PVC	Cloruro de polivinilo.
SAN	Estireno acrilonitrilo, su contenido de estireno varía del 65% al 80% y posee buena resistencia a los aceites, grasas y gasolinas.
Soplado	Proceso de plastificación de una materia prima y que es regulada por un cabezal Parison para ser servida en forma de manga en una matriz abierta, que al pasar por el punto inferior de la longitud del molde, es cerrada por la fuerza de cierre, para luego ser transportada a la estación de soplado, donde baja una tobera y descarga una cantidad de aire a presión, que hace que la película de la manga tenga contacto con las paredes frías de la matriz y sufra un choque térmico para conformar el producto esperado, y luego ser expulsado de la matriz.

Termoplásticos	Material que puede ser calentado a temperaturas que oscilan entre los 180 y 250 grados centígrados, posteriormente se les deja enfriar y el material alcanza su condición inicial.
Torre de enfriamiento	Equipo auxiliar que usa como fluido refrigerante para el agua el aire, y el agua ya fría, se utiliza para enfriar moldes de inyección y sistemas hidráulicos.
Unidad de control	Parte esencial de cualquier máquina, es aquí donde se controlan todos los movimientos de ésta.
Unidad de potencia	Parte que utiliza un sistema de bombeo de un fluido llamado aceite hidráulico, el cual es bombeado a alta presión.
Velocidad de apertura	Distancia recorrida por la platina móvil, hasta separarse de la platina fija, lo suficiente para la expulsión libre de las piezas, en un tiempo determinado.
Velocidad de cierre	Distancia que recorre la platina móvil con parte de la matriz hasta hacer contacto con la otra parte de la matriz montada en la platina fija, en un tiempo determinado.
Velocidad de plastificación	Número de revoluciones por minuto del tornillo plastificador a determinada temperatura, en el proceso de plastificación.
Vibraciones	Efecto de la vibración que puede originar la disgregación del cimiento.

RESUMEN

En las industrias, tales como: automotriz, alimenticia, industria cosmética, química, etc., los procesos de inyección y soplado están involucrados en un alto porcentaje; por lo que es imprescindible conocer las materias primas, el reproceso de los polímeros, los aditivos, los productos terminados, así como los procesos que se involucran en su fabricación.

Es importante conocer las máquinas y equipos que se involucran en este proceso a saber: las inyectoras, las sopladoras de contenedores, así como las de película, los enfriadores de agua (torre de enfriamiento y *Chiller*), compresores de aire, sus respectivas instalaciones mecánicas para agua, aire y corriente eléctrica. Así también poseer un buen criterio del montaje mecánico de dicha maquinaria y equipo.

En el presente estudio se indican los conocimientos eléctricos para estos montajes e instalaciones, tales como: los tipos de alimentación y tensión eléctrica, la distribución secundaria, los requerimientos eléctricos de la maquinaria y equipos, los sistemas de protección eléctrica y un detalle de los materiales requeridos para esta instalación.

Además se incluye la forma de planificar y organizar las actividades del montaje e instalación de la maquinaria y equipo, también, como la ejecución y control del seguimiento respectivo para optimizar todos los recursos.

Se presenta un programa general de mantenimiento preventivo, así como las guías de inspección de la maquinaria de producción de soplado e inyección, y de sus equipos periféricos.

Se describe una guía de instalación y montaje de máquinas inyectoras y sopladoras, los métodos de anclaje para estas máquinas, los montajes de las instalaciones mecánicas: neumáticas, de refrigeración de los circuitos de enfriamiento, tanto, de aceite como de los moldes, y de las instalaciones eléctricas.

OBJETIVOS

General

Elaborar una guía práctica que simplifique el proyecto de montaje e instalación de máquinas de soplado e inyección, la cual permita con seguridad llenar todo requerimiento del fabricante de la misma o de la maquinaria en sí.

Específicos

1. Diseñar una guía de instalación y montaje que mantenga un criterio técnico, práctico y útil, tanto para consulta, como para implementación en las actividades de esta área de la Ingeniería Mecánica.
2. Verificar que el Departamento de Mantenimiento tenga un criterio amplio y claro, de las actividades y técnicas de ingeniería que habrá de implementar para un correcto montaje e instalación de la maquinaria y equipo.
3. Enfatizar la importancia de planificar y coordinar con los departamentos involucrados en un proyecto de tal envergadura, para evitar demoras y riesgos en la etapa de ejecución.
4. Planificar con antelación todo lo relacionado a la capacidad e instalación eléctrica del proyecto.

HIPÓTESIS

Actualmente en nuestro medio no se cuenta con una guía práctica que indique los pasos a seguir para el montaje de maquinaria y equipos de soplado e inyección de plástico en plantas de producción con infraestructura-losas construidas con antelación y por esa condición se ha venido experimentando a prueba y error, o en el mejor de los casos, el sobre diseño en el montaje e instalación de los mismos.

INTRODUCCIÓN

En toda instalación industrial de una planta de máquinas de soplado e inyección se deben tomar en consideración características particulares de instalación y montaje, propias de cada equipo, basándose fundamentalmente en los requerimientos del fabricante, como también, en las características del diseño de ingeniería en el área de instalaciones mecánicas y eléctricas.

Desarrollar una guía para este tipo de instalaciones, facilitará la actividad del Departamento de Ingeniería, mejorando significativamente los tiempos de instalación y los costos de mano de obra. Pero también, puede ser un instrumento de consulta eficaz, tanto para profesionales como para estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica.

Es importante resaltar, que la planificación de las actividades de instalación y montaje, reducen significativamente los costos totales de inversión, además de generar un clima de trabajo adecuado para la realización del proyecto.

1. PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS POLIMÉRICOS

1.1. Historia del plástico

El desarrollo de los materiales poliméricos o materiales plásticos se remonta al siglo XVIII, y tiene como protagonista a Pheland And Collander, compañía de bolas de billar, en ese entonces dichas bolas se fabricaban de marfil y como éste empezaba a ser de muy alto costo y difícil de obtener, se decide ofrecer \$ 10,000 a quien encontrará un material para fabricar dichas bolas.

Para lo cual se abre un concurso, y en él participa el inventor norteamericano Wesley Hyatt. Como muchos descubrimientos e inventos famosos, éste también sucedió de una forma casual, trabajando en su laboratorio con su hermano Isaías, accidentalmente utilizan un compuesto de nitrato de celulosa, alcanfor y alcohol, llamado piroxilita y que también había sido trabajado por Alexander Parke. Pronto descubrió que esta fórmula tenía la propiedad de unir el aserrín y el papel. Continuó su investigación y descubrió que sometiendo los ingredientes a presión y temperatura, podía formar un nuevo material, con el que podría fabricar las bolas de billar. A este material le llamo Celulosa, al perfeccionarlo, Hyatt fundó la empresa *Celluloid Manufacturing Company* en 1870. Para ese entonces fabricaba productos como: placas dentales, a pesar de ser un producto inflamable y sensible a la luz del sol.

A raíz de estos descubrimientos surgen términos como plástico, derivado de la palabra latina *plasticus*¹ perteneciente o relativa a la plástica, capaz de ser modelado.

¹ Según RAE. Dicho también en relación con ciertos materiales sintéticos: que pueden moldearse fácilmente y en cuya composición entran principalmente derivados de la celulosa, proteínas y resinas.

En 1863 fue inventado el celuloide, este año se inicia el desarrollo del plástico. Este material estaba compuesto de piroxilina y mediante el proceso de adición de calor y presión, adquiría características plásticas. Las películas se fabricaban de este material, hasta que apareció el acetato de la celulosa.

Figura 1. **El Celuloide**



Fuente: dipity.com 2009

Características del celuloide: puede ser sometido a procesos repetitivos de ablandamiento mediante la adición de calor, constituyéndose modernamente como un termoplástico con él se pueden fabricar diferentes artículos, aunque tenía el inconveniente de ser muy inflamable, sin el descubrimiento de este material no hubiera podido desarrollarse, en ese entonces la industria cinematográfica, pues tenía la ventaja de ser duradero, barato y brillante, lo cual permitió la elaboración de peines, cepillos y botones.

Según sus aplicaciones tuvieron que pasar más de tres décadas para que en 1906, el químico belga-americano, Leo Hendrik Baekeland², trabajara en el desarrollo de otra resina sintética que llamó Baquelita.

² Inventó la resina sintética conocida posteriormente como Baquelita. Fabricó papel fotográfico y consiguió un nuevo tipo de papel (*Velox*) que se podía revelar con luz artificial. Fundador de los plásticos modernos.

Al trabajar con la reacción del fenol y formaldehído, descubrió las propiedades de lo que hoy se conoce como material termoestable.

La Baquelita es un material con características dieléctricas, resistente al agua, a algunos ácidos y al calor, además es un material que puede mecanizarse; tuvo muy buena aceptación en utensilios para el hogar y la industria.

En ese mismo año, fue desarrollado el Rayón, que es un polímero fabricado a partir de celulosa y nitrato de celulosa. Constituyéndose como la primera fibra sintética y que sería capaz de sustituir a las fibras naturales, como la lana y el algodón; con este material se fabricaron materiales textiles, filtros, y también aplicaciones eléctricas.

En 1920, los estudios alrededor de los materiales poliméricos comenzó a acelerarse y un estudioso de la química, Herman Staudinger³, propone la primera teoría sobre la composición química de los materiales poliméricos, insistiendo en la conformación de macromoléculas, que permitió abrir el camino a la ciencia del estudio de los materiales plásticos.

Entre 1920 y 1930 surgió una gran diversidad de materiales plásticos, por ejemplo: el acetato de celulosa, el cloruro de polivinilo (PVC), el plexiglás, que era un material con el que se podían fabricar gafas, rótulos, entre otros.

Durante los últimos años del siglo XIX se desarrollaron las primeras resinas sintetizadas a partir del etileno, dando origen a materiales como el polietileno, que posee excelentes características mecánicas y químicas, y que le han significado un amplio campo de aplicación en la industria moderna.

³ Químico alemán, profesor en las universidades de Friburgo y Estrasburgo, en la Escuela de Altos Estudios Técnicos de Karlsruhe y Zürich. Investigó en un principio la química orgánica clásica, descubriendo un nuevo grupo, las cetonas, realizando trabajos sobre los agentes aromáticos del café. Estudió la síntesis de diversos constituyentes de la pimienta y los insecticidas. Dedicó la mayor parte de sus estudios a las cadenas moleculares complejas, base de la industria del caucho y de las materias plásticas

Para 1938, surge un material que por sus extraordinarias cualidades, vendría a revolucionar el uso de los materiales poliméricos, éste es el PTFE, por sus siglas y que significan poli-tetrafluoretileno; fue sintetizado por la firma DuPont, y actualmente se comercializa bajo el nombre de teflón. Este material plástico tiene propiedades tan significativas como la anti adherencia, es muy resistente al calor, y además es completamente inerte, por estas características se utiliza en la fabricación de artículos de cocina. Es con el desarrollo del polietileno y del teflón, que se consolidan estos materiales en la industria, de aquí en adelante el desarrollo ha sido acelerado.

Para finales de la década de los 40 hace su aparición la Segunda Guerra Mundial, con este acontecimiento todos los canales de transporte de materiales y materias primas se ven afectados, y es esta circunstancia la que permite una búsqueda acelerada de sustitutos de materiales naturales como el látex, la seda y surgen nuevos materiales como el caucho sintético y el poliéster.

3.1. **Materiales poliméricos**

Estos materiales, también llamados plásticos, son artificiales obtenidos sobre la base de sustancias orgánicas altamente moleculares (macromoléculas) naturales (hidrocarburos, productos de hidratos de celulosa, lana, albúminas, etc.) o artificiales (polímeros: oleofínicos, vinílicos, acrílicos, copolímeros, poliuretanos, aminoplásticos, poliamidas, poliésteres, silicona, etc.). Además de dicha base en su composición forman parte: rellenos, plastificadores, estabilizadores, colorantes, solidificadores (endurecedores) y otras adiciones especiales (ingredientes). Estos materiales artificiales como naturales, se pueden someter a procesos repetitivos de ablandamiento mediante la adicción de calor. Tomando en cuenta el concepto moderno de material polimérico, son materiales derivados del petróleo, que han sido sintetizados a partir de procesos termoquímicos.

1.2.1. Definición

Plástico: derivado de la palabra latina *plasticus* y que está relacionado con la plástica, hace referencia a materiales moldeables, como la arcilla, según definición del diccionario de la Real Academia Española. Se refiere a un material flexible, moldeable, inflamable duradero, baja resistencia mecánica, aislante eléctrico, resistente a la humedad, mal conductor eléctrico y térmico. En términos generales, se utiliza la expresión plástico para referirse a un material sintético, que en su mayoría son derivados del petróleo.

1.2.2. Clasificación

Con la finalidad de poder reconocer a las diferentes familias de materiales poliméricos, se han aglutinado los materiales por familias, así también por sus características, las cuales se dividen en:

- Según su síntesis
 - Síntesis por adición
 - Síntesis por condensación
- Según su comportamiento térmico
 - Termoplásticos
 - Termoestables
 - Elastómeros

La anterior descripción es la manera tradicional de clasificar los materiales poliméricos utilizada por los autores Donald Askeland y James Shackelfor; sin embargo, se desarrollará la clasificación según la investigación tradicional realizada por otros autores del tema.

- Según el monómero base
 - Polímeros naturales
 - Polímeros semisintéticos
 - Polímeros sintéticos

- Según su comportamiento frente al calor
 - Termoplásticos
 - Termoestables

- Según su síntesis
 - Polímeros por condensación
 - Polímeros por adición

- Por su composición química
 - Polímeros orgánicos
 - Polímeros vinílicos
 - Orgánicos no vinílicos

- Según sus aplicaciones
 - Elastómeros
 - Plásticos
 - Fibras
 - Recubrimientos
 - Adhesivos

- Según su comportamiento al incremento de temperatura

- Termoplásticos
- Termoestables

Esta es una clasificación bastante funcional y permite identificar cada uno de los polímeros por su comportamiento y sus aplicaciones.

1.2.2.1. Clasificación y descripción específica

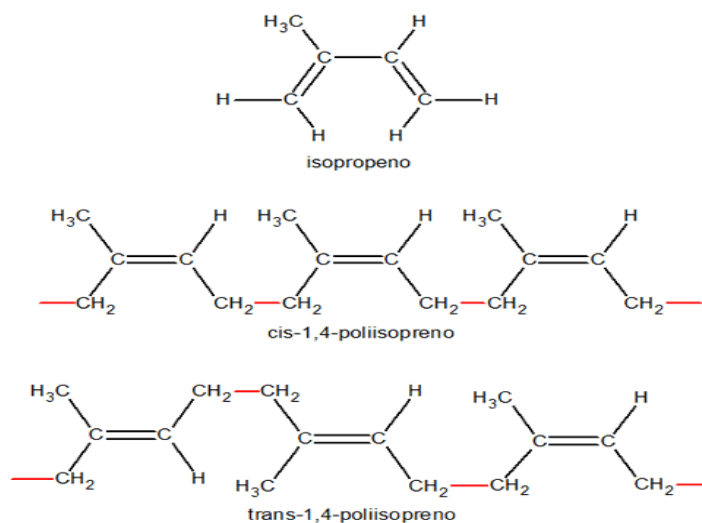
- Según el monómero base se dividen en
 - Polímeros naturales
 - Polímeros semisintéticos
 - Polímeros sintéticos

Los polímeros naturales: son materiales con características poliméricas, es decir, que presentan una configuración de moléculas muy grandes y tienen un grado de importancia muy alto, dado que ocupan un lugar preponderante dentro de la naturaleza. Ejemplo de polímeros naturales pueden ser: el ADN, enzimas, azúcares, seda, cabello, caucho natural, celulosa, almidón, entre otros.

Almidón: $(C_6H_{10}O_5)_x$ inodoro e insípido, en forma de grano o polvo, abundante en las semillas de los cereales, en los bulbos y tubérculos.

Caucho: es un elastómero natural conocido como látex que se extrae del árbol *hevea látex* por medio de un proceso de sangrado, está compuesto de hidrocarburos, cenizas resinas y quebrachito; su origen se debe a una polimerización natural. Inmediatamente de la extracción, el látex se seca y se convierte en caucho.

Figura 2. Molécula del caucho



Fuente: textoscientificos.com

Las aplicaciones y sus usos son muy variados y datan desde la América India, hasta nuestros días. Sobre sus propiedades se puede decir que en él pueden disolverse algunas sustancias como: el azufre, colorantes, ácidos, la luz y el calor; éstas lo deterioran aceleradamente. Debido a sus características, el caucho de orden natural, no puede ser utilizado en forma comercial o industrial; para ello fue necesario desarrollar técnicas como el vulcanizado, que le hace modificar significativamente sus propiedades. En la actualidad existe una gran variedad de aplicaciones, como en los adhesivos.

Polímeros semisintéticos: éstos se obtienen por medio de una transformación química de un polímero natural, sin que el proceso transforme significativamente su naturaleza, ejemplo de este semisintéticos, es la seda artificial obtenida a partir de la celulosa, el caucho vulcanizado y la nitrocelulosa⁴.

⁴ Nitrocelulosa, resina sintética, de rápido secado, utilizada en pintura automotriz, selladores y acabados para madera.

Polímeros sintéticos: básicamente todos los productos plásticos que se conocen, son polímeros sintéticos, estos productos son sintetizados a partir de monómeros base, generalmente derivados del petróleo como el etileno; ejemplo de estos productos: el nylon, el polietileno, el poliestireno, el cloruro de polivinilo (PVC), etc. De algunos de estos materiales haremos referencia más adelante. Según su comportamiento frente al calor se dividen en

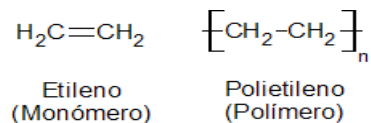
- Termoplásticos
- Termoestables

Materiales termoplásticos: están constituidos por largas cadenas de monómeros, y tienen la característica que pueden ser calentados a temperaturas entre los 180 y 250 grados centígrados, temperatura en la que alcanzan un estado fluido y pueden ser moldeados con cierta facilidad, posteriormente se les deja enfriar y el material alcanza nuevamente su condición inicial. Son ejemplos de materiales termoplásticos: el polietileno, ABS, poliéster y otros. Ver tabla I. Nombres comerciales de polímeros termoplásticos Kalpakian.

Existen diferentes tipos de polímeros, esto en función del número de monómeros de los que está constituido la macromolécula, por ejemplo: mono polímero, cuando la macromolécula únicamente ha sido sintetizada con un monómero específico, como el polietileno.

También se puede obtener el material conocido como copolimero, que es el que ha sido sintetizado utilizando dos monómeros diferentes como por ejemplo el SAN, que es un estireno-acrilonitrilo, también se tienen tres monómeros base y en este caso se conoce el material como terpolimero, como el ABS.

El Polietileno: material polimérico, termoplástico, de color blanquecino transparente, permite que se le agregue una gran diversidad de pigmentos y por lo tanto, los productos que se obtienen de él pueden ser de muchos colores y formas. Su estructura química fundamental es:



En la que el monómero principal es el etileno. Inicialmente se buscó para una aplicación como aislamiento eléctrico, pero actualmente tiene una gran variedad de aplicaciones.

Existen básicamente dos tipos de materiales: polietileno de alta densidad y polietileno de baja densidad, conocidos por sus siglas en inglés como polietileno *HDPE*, y polietileno *LDPE* respetivamente. Lo que los diferencia es el tipo de su estructura molecular, pues el de baja densidad tiene una estructura enramada, mientras que el de alta, una estructura de cadena.

El polietileno de baja densidad fue producido por primera vez en 1939, y para obtenerlo se utilizaron altas presiones, mientras que el polietileno de alta densidad fue producido por primera vez en 1956, a presión normal. Este último tiene poco peso, es muy flexible, posee una alta resistencia química y buenas propiedades eléctricas.

Polietileno de baja densidad lineal (*LLDP*): son materiales de butano y hexeno, estos pueden ser inyectados, proporcionándole propiedades agregadas al producto final, posee mejores propiedades mecánicas, y una muy buena resistencia al impacto y al desgarre.

Tabla I. **Características entre el polietileno de baja y de alta densidad**

POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD HDPE	POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD LDPE
Flexible, tenaz, liviano, transparente, no tóxico	Flexible, tenaz, liviano, opaco lechoso, no tóxico
Temperatura máxima permisible, 105 grados centígrados.	Temperatura máxima permisible, 80 grados centígrados.
PROPIEDADES DEL PRODUCTO TERMINADO	PROPIEDADES DEL PRODUCTO TERMINADO
Alta rigidez, estable en su forma, dureza superficial significativa, buenas propiedades dieléctricas, no tiene sabor, ni olor y puede esterilizarse.	Alta flexibilidad, baja dureza superficial, buena propiedad dieléctrica, no tiene sabor y no tiene olor.
APLICACIONES:	APLICACIONES:
Bolsas de todo tipo, utensilios domésticos, envasado automático de productos, juguetes, cajas, etc.	Bolsas, para envasar productos industriales, juguetes, base de pañales desechables, tubos y pomos de la industria de belleza y farmacéutica.
Estable ante la presencia de ciertos productos químicos, como ácidos y álcalis, alcohol, no resiste el contacto con hidrocarburos, como el bencol o bencina.	Estable frente a ciertos productos químicos, ácidos o alcalinos, no resiste el contacto con hidrocarburos como el bencol y bencina.
NOMBRES COMERCIALES Hostales ⁵ , Vestolen A.	NOMBRES COMERCIALES Lupolen ⁶ , Trolen

Fuente: <https://polymers.lyondellbasell.com/portal/site/basell/template>. 2009

⁵ Hostalen GM 5010 T3 negro es un polietileno de alta densidad (HDPE), de color negro similar a RAL 9004 con la viscosidad del fundido de alta para la extrusión, inyección y moldeo por compresión.

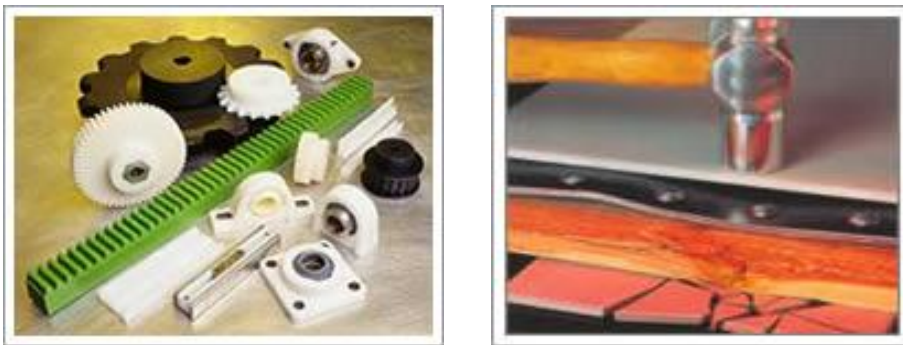
⁶ Lupolen 5461 BQ 471 es un polietileno de alta densidad (HDPE) de alta viscosidad de fusión para extrusión.

Usos y aplicaciones: bolsas para aplicaciones agrícolas e industriales, así como botes de basura y otros.

Polietileno de alto peso molecular y alta densidad (*HMW-HDPE*): este polímero termoestable, permite la fabricación de película en calibres delgados y mantiene sus propiedades a bajas temperaturas.

Polietileno de alta densidad, 300 / 500 / 1000 de grado, de alto peso molecular y ultra alto peso molecular. (*HMWPE*): es de muy sobresaliente resistencia a la abrasión, con bajo coeficiente de fricción, alta resistencia al impacto y muy buena resistencia química. Es utilizado para; recubrimientos, partes expuestas en bandas transportadoras y piezas de maquinaria. Su nombre comercial es Hostales Gur.

Figura 3. **Polietileno ultra peso molecular**

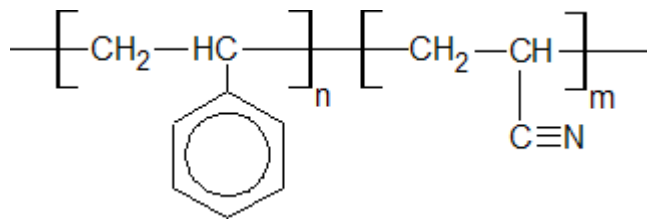


Fuente: http://www.midsa.com.mx/prod_uhmw.php

SAN (Estireno-Acrilonitrilo): este material polimérico es un copolimero de mucho uso a nivel industrial, el contenido de estireno varía entre 65 y 80 % y el resto de acrilonitrilo, posee buena resistencia a los aceites y las grasas, así como a las gasolinas.

Por ser un material constituido de dos monómeros base, cada uno de ellos le aporta propiedades específicas, de tal forma que el SAN posee buena propiedad al impacto, a la tensión y la flexión, es relativamente transparente, se utiliza cuando se requieren partes rígidas que posean buena estabilidad dimensional. Puede encontrarse en una amplia gama de aplicaciones, ya sea desde el sector técnico (fabricación de artículos para el hogar), el médico (equipos de diálisis desechables) y la industria alimenticia (por sus cualidades representa una excelente barrera contra la humedad y el CO₂, utilizándose como protector de alimentos). Nombres comerciales: Lustran, Luran, Tyril y Novodur W.

Su estructura química es:



ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno): es material polimérico compuesto de un estireno-acrilonitrilo con la presencia del polímero butadieno, son materiales heterogéneos, formados por una base homogénea rígida y una elástica, por tal razón, también puede decirse que está compuesto por un copolímero de estireno-acrilonitrilo y un elastómero butadieno, formando los dos también una unión de copolímero. Es un material plástico muy fuerte, con importantes aplicaciones como material de ingeniería, ya que posee buena resistencia mecánica, y buena resistencia al impacto. Además es relativamente fácil de procesar.

Por ser un material compuesto, presenta propiedades que sus componentes le aportan, tales como;

- Resistencia térmica, química y a la fatiga
- Significativa dureza
- No es un material tóxico
- Puede ser moldeado por inyección y/o soplado.

Características de los productos fabricados con ABS:

- resistencia a la abrasión, fatiga, dureza y rigidez
- resistencia química,
- resistencia a la fusión, al impacto
- ductilidad a baja temperatura
- facilidad de procesado (fluidez), brillo, dureza y rigidez
- puede ser revestido con recubrimiento metálico
- bajo costo

Su nombre comercial es: Cycolac⁷.

Debido a que las propiedades del ABS son suficientemente buenas para diversas aplicaciones, entre las que se encuentran: carcasas de electrodomésticos y de teléfonos, maletas, cascos deportivos, cubiertas internas de las puertas de refrigeradores, carcasas de computadoras y fabricación de tubería sanitaria como sustituto del PVC.+ Por su característica de ser cromable se utiliza ampliamente en la industria automotriz. Se pueden usar en aleaciones con otros plásticos, por ejemplo, el ABS con el PVC nos da un plástico de alta resistencia a la flama que le permite encontrar amplio uso en la construcción de televisores.

⁷ Cycolac MG47 resina de SABIC Innovative Plastics es un ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno) material plástico. Este material plástico cuenta con la aprobación de 8 Especificaciones automotrices.CYCOLAC MG47.

Polipropileno (PP): también es un material de la familia de los termoplásticos, que se obtiene por la polimerización por adición del propileno. Perteneció al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos. Al igual que el polietileno posee características especiales, mismas que le han permitido una amplia aplicación, tanto en la industria como en el comercio.

Tabla II. **Características del polipropileno**

POLIPROPILENO
Es muy resistente a la fatiga, aunque no es muy elástico, no es muy transparente, más bien de color opaco
La temperatura máxima permisible se encuentra alrededor de los 120-130 grados centígrados.
Es resistente a ciertos productos químicos, ácidos y alcalinos. No resiste ácidos concentrados o hidrocarburos como el benzol.
APLICACIONES.
Artículos para mecánica, aparatos eléctricos, equipo de laboratorio, bolsas, envases industriales, hilos, cajones para bebidas, fibras para tapicería etc.
NOMBRES COMERCIALES.
Luparen, Vestolen p⁸.

Fuente: <https://polymers.lyondellbasell.com/portal/binary/com.vignette.vps.basell.productgrade>.

⁸ SABIC ® Vestolen Una alta densidad de los grados de la tubería.SABIC® Vestolen A High Density pipe grades.

Tipos de polipropileno: PP homopolímero, se denomina al PP obtenido de la polimerización de propileno puro. Según su tacticidad se distinguen tres tipos: PP atáctico, PP isotáctico, PP sindiotáctico. PP copolímero, puede formar quemaduras de primer grado al contacto con la piel, si se prolonga el contacto durante más de 24 horas.

Ionómero: material plástico que posee un grupo iónico, llamado poli-electrolito, es un copolímero que se encuentra formado por monómeros no iónicos, así como pequeñas cantidades de unidades repetitivas conteniendo iones y constituyendo menos del 15% del polímero. Posee alta resistencia: a la tensión, al impacto; puede utilizarse en suelas para zapatos de atletas, amortiguadores de espuma para lanchas, aislante térmico para tuberías, etc. Como ejemplo; esta el EVA, un acetato de vinil-etileno, resistente a la radiación UV y está aprobado en EEUU, para estar en contacto directo con productos alimenticios. Los nombres comerciales son Geon, Dural, y Bolatron.

Aplicaciones específicas del EVA: tubería para equipo médico, equipo para bebidas, sellos industriales, empaques, entre otros.

Existe una familia de termoplásticos llamados vinilos, que han tenido cuantioso impacto en la fabricación de productos terminados, como el PVC, PVF, CPVC, PVA, entre otros.

Cloruro de polivinilo (PVC): es uno de los polímeros modernos de los más conocidos, se obtiene parte del cloruro de sodio y del gas natural de etileno, posee buena resistencia eléctrica; existen dos formas básicas; una de orden rígido y otra de orden flexible; el rígido sirve para fabricar envases, ventanas, tuberías, etc; el flexible se utiliza para forro de cables, juguetes, calzado, etc. Su nombre comercial es: Geon⁹.

⁹ PolyOne Geon ® Vinyls 8700A Interior de extrusión de PVC.

Es un polímero que abrió un enorme campo en las aplicaciones comerciales e industriales, su presentación es en polvo blanco opaco. No tiene olor intenso, es insípido e inodoro, posee buena resistencia a ingredientes químicos ácidos, no es realmente inflamable y además es reciclable. Se utiliza abiertamente en construcción, salud, alimentos y artículos de uso diario.

Poliestireno (PS): es un material polímero que se obtiene por la adición del estireno, se obtuvo por primera vez en 1930, en Alemania, posee una resistencia limitada a los ataques químicos, buena resistencia térmica y eléctrica, es de baja densidad, su costo bajo, puede ser fácilmente coloreado, también puede ser fácilmente moldeado por inyección o extrusión. Su nombre comercial es: Dylite¹⁰, Cabot y Fiberstran.

Poliestireno de alto impacto (*HIPS*): es un copolímero del estireno, llamado copolímero de injerto, en este caso se usa el polímero del estireno con caucho, lo que le agrega propiedades adicionales como; mayor resistencia al calor y puede obtenerse en una gama de colores transparentes, translúcidos y opacos. Este copolímero puede utilizarse en paneles y perillas de artículos domésticos, paneles de instrumentos, juguetes, empaques. Su nombre comercial es: BX 3580 BASF.¹¹

Acronitrilo estireno (*SAN, STYRENE CRYLONITRILE*): material termoplástico copolímero del estireno, no es de producción mundial, posee las características siguientes; resistencia al calor a los productos químicos, características dieléctricas, resistencia al impacto y a la abrasión, estabilidad dimensional, superficie dura y rígida, excelente barrera contra la humedad, se utiliza para fabricar artículos para el hogar y la industria alimenticia. Los nombres comerciales son: Lustran, Thermocompo y Luran.¹²

¹⁰ DYLITE poliestireno expandible (EPS) resina de alto rendimiento, liderazgo mundial en el mercado de contenedores y tazas. diseñada para productos desechables de moldeo, como vasos de doble uso, tazones de fideos, envases de comida y helado.

¹¹ BX 3580 para botellas, de alto grado de impacto (PS-I) para inyección y soplado por moldeo.

¹² Luran , BASF ofrece SAN, sectores sanitarios, envasado de productos cosméticos, para electrónicos y artículos de oficina.

Poli-Acrilonitrilo (PAN): este polímero no es un plástico nuevo, sus orígenes se remontan desde 1841, cuando el científico Redtenbacher, experimenta con las sustancias base, colaboran en su desarrollo Beilstein, Frankland, pero no fue sino hasta 1893 cuando Maureu¹³ descubre el acrilonitrilo. Como muchos otros polímeros su desarrollo se acelera durante la segunda guerra mundial, y no fue sino hasta 1942, que la firma DuPont lo desarrolla bajo el nombre de Orlón¹⁴, pero no fue producido industrialmente, sino hasta 1952.

El poli-acrilonitrilo se utiliza para hacer otro polímero, la fibra de carbono. Pero los copolímeros que contienen principalmente poliacrilonitrilo, se utilizan como fibras para hacer tejidos, como medias y suéteres o también productos para ser expuestos a la intemperie, como carpas y otros.

Termoestables: los materiales termoestables o termo-fijos también están constituidos por largas cadenas de monómeros ramificados o lineales, pero unidas por enlaces cruzados, formando estructuras tridimensionales. Entre los materiales termoestables están; epoxis, siliconas.

Estos materiales, debido a estos enlaces cruzados, no permiten el movimiento de la molécula, le confieren al material muy buena resistencia, rigidez y dureza, aunque sus propiedades de impacto no son muy buenas, su comportamiento a la tensión es como un material frágil, los enlaces cruzados no son reversibles una vez formados, por tal razón, los materiales termoestables no pueden ser reutilizados, ni reciclarse de forma conveniente. Los termo-fijos más conocidos son: los poliésteres, fenólicos, poliuretano, epoxi y aminos.

¹⁴ The development of Orlon® acrylic fiber stemmed from DuPont's work on rayon. In 1941 a DuPont scientist

Melanina (AMINA): material polimérico termoestable o termo fijo, con una amplia variedad de aplicaciones. Entre sus características más sobresalientes podemos mencionar, que posee una coloración, de transparente a opaco, se usa en aplicaciones alimenticias, no aporta ni sabor ni olor a los productos, es excelente aislante eléctrico, es duro y rígido, así como resiste la abrasión. De igual manera puede formarse la urea amina.

Pueden obtenerse: adhesivos para madera, recubrimientos para madera, resinas para papel, repelentes resistentes a la humedad. Su nombre comercial es: Melamina-formmaldehido cibanoide, FRTP, Melamina fenol-formaldehido, Plenco¹⁵, Prolan, Fiberite y Cymel.

Poliéster: material que posee excelentes propiedades mecánicas y antioxidantes, muy buen aislante térmico y eléctrico, sus usos y aplicaciones son muy variados entre los cuales están: cañas de pescar, fabricación de estanques, tuberías y revestimientos industriales.

Poliuretano: es una poliamida, se puede elaborar en moldeo por inyección, extrusión, en forma disuelta y según otros procesos especiales. Con un aspecto y color de material corriente en el mercado; granulado de color natural y se puede colorear.

Las propiedades del producto acabado son: alta resistencia, exactitud de medidas, resistente a la tracción, al desgaste y al desgarre. Tiene buenas propiedades dieléctricas, baja absorción de agua, tenacidad, rigidez, bajo peso específico, amortiguación, resistencia a la abrasión, así como buena resistencia al calor, intemperie, disolventes, carburantes, aceites y otros agentes químicos.

¹⁵ Una serie de formulaciones de copolímeros melanina-fenólica está disponible con celulosa y minerales en una amplia gama de colores. Los colores se pueden asemejar a los estándares de los clientes con los instrumentos informáticos sofisticados. Equipo medico y odontológico.

Algunas aplicaciones: piezas para lavadoras, para aislamiento eléctrico, aspiradoras de polvo, cojinetes, engranajes, juntas así como juguetes y suelas.

- Según su síntesis se dividen en
 - Polímeros por condensación: en este caso, se refiere básicamente a la forma en que son sintetizados estos polímeros, el proceso tiene la característica de que se genera algún tipo de subproducto, como el agua, o el alcohol metílico.

Entre los materiales sintetizados por condensación están; el poliéster, las poliamidas y los poliuretanos.

- Polímeros por adición: estos hacen referencia al proceso en que son sintetizados los materiales, en este caso se adicionan de manera secuencial una larga cadena de monómeros, entre los cuales están por adición: el polietileno, el cloruro de polivinilo, etc.
- Por su composición química se dividen en
 - Polímeros orgánicos: son materiales que en su cadena principal poseen átomos de carbono, por ejemplo: las proteínas, la celulosa y el caucho.
 - Polímeros vinílicos: sus moléculas están formadas exclusivamente por carbono. Están por ejemplo las poliolefinas o sea productos sintetizados a partir de olefinas como el etileno, dando lugar a materiales como el polietileno y el polipropileno.
 - Orgánicos no vinílicos: estos materiales además de tener carbono en su molécula, tienen oxígeno o nitrógeno, entre ellos están los poliésteres y poliuretanos.

- Según sus aplicaciones se dividen en
 - Elastómeros: polímero con particularidad de ser muy elástico pudiendo incluso, recuperar su forma luego de ser deformado. Por ejemplo el caucho sintético, el polisopreno como caucho natural, el poliuretano, estos últimos son adhesivos. El elastómero de butadieno estireno se utiliza en la fabricación de neumáticos.
 - Plásticos: poliméricos, se utilizan en una gran variedad de aplicaciones industriales y comerciales, la más conocida la fabricación de bolsas plásticas.
 - Fibras: es la conformación de fibras poliméricas. Una de las utilidades muy significativas del poliéster y polietileno es en el uso comercial e industrial. Una de las múltiples aplicaciones de una fibra polimérica es en el área textil y en la fabricación de bolsas de fibra industriales.
 - Recubrimientos: son aplicaciones de tipo superficial o recubrimiento, los plásticos han hecho una presencia significativa, como por ejemplo en el uso de recubrimiento de paredes, utilizando materiales como el látex, así como recubrimiento de terrazas con componentes vinílicos.
 - Adhesivos: en este caso, es impresionante ver como cada día se perfeccionan estos materiales, en especial los de tipo epóxicos que tienen amplias aplicaciones industriales, como por ejemplo en la fijación de pernos de anclaje y mecanismos.
- Según el incremento de temperatura se comportan y dividen en
 - Termoplásticos: ésta es su principal característica, ya que cuando son sometidos a cierto nivel de temperatura se comporta de forma plástica y su maleabilidad es alta.

- Termoestables: la característica básica de estos materiales es que no pueden ser reprocesados debido al tipo de enlace, ya que primero entran en combustión.

1.3. Reproceso de polímeros

Como en todo proceso de transformación de materias primas en productos terminados, siempre hay algún porcentaje de producto que se considera fuera de conformidad o de calidad, afortunadamente los materiales poliméricos pueden ser reprocesados y en toda planta de plásticos se puede encontrar este reproceso, este material es molido y pulverizado para que pueda ser reutilizado en la fabricación de nuevos productos terminados.

Los factores a considerar dentro del reproceso de material plástico son: el tipo de material a moler, el tamaño de agujeros de la criba a utilizar en el equipo, la contaminación que se hubiere producido durante el proceso, su almacenamiento, su identificación y el rendimiento de la maquinaria. En la figura 4 se ilustra maquinaria utilizada para el reproceso.

Esta máquina posee una capacidad de aprox. 1,500 Kg/h de granza cuando procesa film polipropileno biorientado.

La productividad de esta máquina supone el doble de una planta del mismo tamaño del año 1995.

Figura 4. **Máquina de reproceso**



Fuente: foto 2008: La planta del 25 aniversario- una EREMA 1716 T-HP.

1.4. Reciclado de polimeros

Los plásticos, por tardar un promedio de 500 años en reincorporarse al medio ambiente, se les conocen como materiales no biodegradables; sin embargo, poseen una característica sumamente importante y es que son 100 % reciclables, su reutilización es de suma importancia, tanto desde el punto de vista del medio ambiente como desde el punto de vista de los costos, tanto de operación como desde el consumo de energía. El reciclado de materiales plásticos básicamente consiste en la recolección, limpieza, selección y proceso de re-transformación en materia prima.

Lamentablemente a pesar de que el plástico es uno de los materiales más utilizados, es a la vez, uno de los menos reciclados en todo el mundo.

Etapas del reciclaje: generalmente se hace a partir de la basura domiciliaria, este al menos en nuestro medio, es un proceso lento y que ocupa mucha mano de obra, a su vez el mismo proceso de limpieza requiere de la utilización de detergentes.

El sistema de recolección en los países desarrollados difiere significativamente respecto a nuestro medio, ya que en ellos se recolecta el material en forma sistemática, mientras que aquí se hace hasta en los vertederos generales.

Recolección: se ejecuta en los centros de acopio o en los vertederos.

Molienda: proceso primario en la que se disgrega el material en pequeñas partes de no más de un cm., luego el material se lava con agua y detergente, en algunos casos con soda cáustica, para luego enjuagarlo repetidamente.

Centrifugado: se hace girar el material a alta velocidad para extraer el agua del enjuague, en este proceso se llegan a extraerse hasta el 95 % del agua. Luego el material es secado y posteriormente se pasa a una máquina extrusora, para reprocesarlo en fibras, para posteriormente convertirlo en *pellets* que pueden ser reutilizados en nuevos productos.

Una secuencia de la maquinaria para el proceso mecanizado

- Molino
- Lavadora
- Extrusora
- Cortadora de fibra

En las siguientes ilustraciones de la figura 5 se describe una secuencia de a→h de este proceso.

Figura 5. Proceso de peletizado



a



b



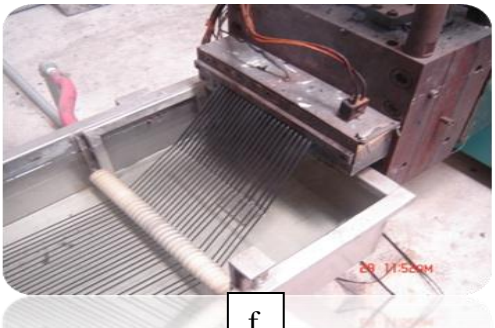
c



d



e



f



g



h

Fuente: elaboración Propia, fotografías Complejo Industrial Los Planes

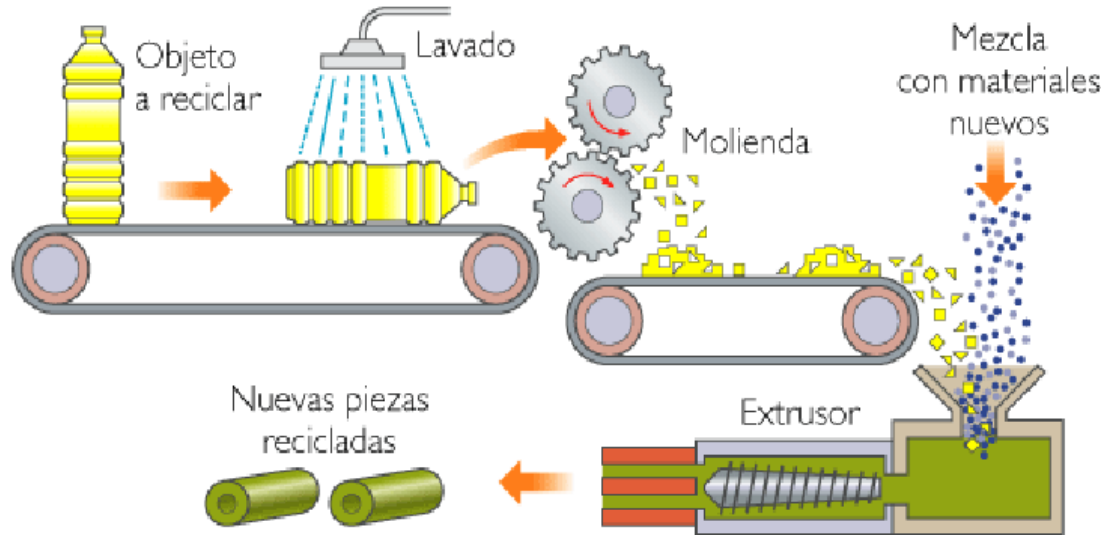
También existen plantas completamente automatizadas para el proceso de reciclaje, ver las figuras 6 y 7.

Figura 6. **Planta de reciclaje**



Fuente: elaboración propia

Figura 7. **Gráfica proceso de reciclado mecánico del plástico**



Fuente: kalipedia.com

1.5. Producto terminado y proceso

1.5.1. Tubería PVC. CPVC

El CPVC (cloruro de polivinilo clorado) es actualmente un importante plástico de ingeniería que se utiliza en aplicaciones donde la temperatura de operación excede los 60 °C y donde la resistencia química es un factor importante. Posee ventajas muy significativas como las siguientes:

- Facilidad y seguridad en la unión
- Baja transmisión térmica
- Sin corrosión
- Baja pérdida de fricción
- Alto índice de flujo, elástico, duro y durable
- Baja transmisión acústica
- Resistente al fuego (auto-extinguible)

- Atóxico
- No conduce la electricidad
- Sin necesidad de muchas herramientas para su instalación.

En las figuras se puede ver la diversidad de accesorios y tubería que se puede fabricar a partir del CPVC.

Figura 8. Tubería y accesorios CPVC



Fuente: elaboración propia

Figura 9. Aplicación, tuberías y accesorios PVC



Fuente: elaboración propia

Figura 10. **Tuberías para fluidos**



Fuente: fotografía elaboración propia

El PVC, actualmente, ocupa una posición muy competitiva en el mercado comercial e industrial, en cuanto a su gran diversidad de aplicaciones y la gran variedad de productos que pueden fabricarse de él, como por ejemplo: tuberías para evacuación y sus accesorios, para presión y sus accesorios, para drenaje y sus accesorios, así también las tuberías AWWA C-900 y C-905, con sus respectivos accesorios.

Tuberías PVC para evacuación y accesorios

- Tuberías PVC evacuación serie B
- Tuberías PVC evacuación multicapa serie BC
- Accesorios PVC evacuación encolar
- Accesorios PVC evacuación manipulados
- Accesorios de fijación para tubería PVC
- Tubo PVC flexible sanitario
- Tubería PVC canalización
- Canalón y accesorios
- Adhesivo y limpiador
- Sifones, sumideros y rejillas

También se ha desarrollado una línea de tubería y accesorios de PVC para alta presión, se utiliza en instalaciones mecánicas neumáticas de plantas para fabricación de productos plásticos. Algunos de los productos que se fabrican son:

Tubería PVC para presión y accesorios

- Tuberías PVC encolar
- Tuberías PVC junta elástica
- Tuberías PVC roscadle
- Accesorios PVC presión encolar
- Accesorios PVC presión manipulados encolar
- Accesorios PVC presión mixtos
- Accesorios PVC presión roscados
- Adhesivo y limpiador

Tubería PVC para drenaje

De igual manera, también se fabrica tubería de PVC utilizada para drenajes, en la obra civil de casas y edificios, se puede observar en la siguiente lista de productos:

- Tubería drenaje circular
- Tubería drenaje abovedado
- Drenaje vertical

En Guatemala hay empresas que se dedican a fabricar tubería y accesorios de PVC. A continuación un listado de características y propiedades de tubería fabricada por una empresa nacional:

Características generales de los tubos PVC

- Características de conservación y durabilidad

- Resistente a la corrosión interna y externa; no permite incrustaciones
- Resistente a los efectos de la abrasión
- Resistente al ataque electrolítico
- Resistente a la acción de algas, microorganismos y bacterias
- Larga vida de servicio
- No son atacadas por los roedores

- Características físicas y mecánicas
 - Muy liviano
 - Superficies internas lisas
 - No es tóxico
 - No produce olores ni sabores en el agua
 - Dimensiones exactas y estables a través del tiempo
 - Gama amplia de espesores de pared (para diferentes presiones de trabajo)
 - Calidad uniforme

- Características químicas
 - Químicamente inerte
 - Resistente al ataque de la gran mayoría de sustancias químicas
 - Excelentes propiedades dieléctricas

Aplicaciones principales

- Instalación de abastecimiento de agua potable
- Drenaje y alcantarillado sanitario
- Irrigación
- Conducciones eléctricas y telefónicas
- Sistemas de enfriamiento y aire acondicionado
- Aplicaciones industriales

Tuberías AWWA C-900 y C-905

Las tuberías manufacturadas por el Grupo Durman Esquivel pueden solicitarse, tanto en medida IPS (diámetro externo compatible con la Norma ASTM D-2241 usado en América Latina, como también en medida CI (designación para tuberías de hierro colado o fundido, muy usada en conducción y distribución de agua potable en USA).

Esta última clasificación incluye a la AWWA C-900 y C-905, que es para tuberías PVC compatibles con medidas SI. AWWA son las siglas en inglés para Asociación Americana para Trabajos con Agua (*American Water Works Association*).

En América Latina son muy utilizadas en redes contra incendios (enterradas o que estén fundidas en concreto) por su facilidad de maniobra y oferta de sus accesorios para incendios, son compatibles con este diámetro de tuberías, así como también a que la norma implica consideraciones específicas para sobre-presiones en la vida útil, y son aplicables para dichas redes.

Las tuberías C-900 y C-905 cuentan con las ventajas que el PVC tiene sobre los demás materiales, a la vez, también cuenta con la conveniente junta de empaque de hule o tipo *Rieber*.

Así mismo, está disponible la alternativa de PTF (PVC termo fusionado). Actualmente se fabrica para el rango de 100mm (4") hasta 400mm (16") y las normas permiten hasta 1200mm (48")

Figura 11. **Tuberías PVC para fluidos**



Fuente: <http://www.durman.com>

Características de los accesorios PVC

- Características generales de los accesorios
 - Características de conservación y durabilidad
 - ✓ Resistente al deterioro por corrosión interna y externa
 - ✓ No permite incrustaciones ni adherencias
 - ✓ Resistente a los efectos de la abrasión y al rayado
 - ✓ Inerte al ataque electrolítico
 - ✓ Resistente a la acción de algas, microorganismos y bacterias
 - ✓ Larga vida de servicio
 - ✓ No son atacadas por los roedores
 - Características físicas y mecánicas
 - ✓ Muy liviano Superficies internas lisas
 - ✓ No es tóxico
 - ✓ No produce olores ni sabores en el agua
 - ✓ Dimensiones exactas y estables a través del tiempo
 - ✓ Calidad uniforme
 - ✓ Gama amplia de espesores de pared (para diferentes presiones de trabajo)

- Características químicas
 - ✓ Químicamente inerte
 - ✓ Resistente al ataque de la gran mayoría de sustancias químicas
 - ✓ Excelentes propiedades dieléctricas

- Aplicaciones principales
 - Instalación de abastecimiento de agua potable
 - Drenaje y alcantarillado sanitario
 - Desagües pluviales
 - Irrigación
 - Sistemas contra incendios y presurizados en general
 - Conducciones eléctricas y telefónicas
 - Sistemas de enfriamiento y aire acondicionado

Proceso de fabricación tubería PVC

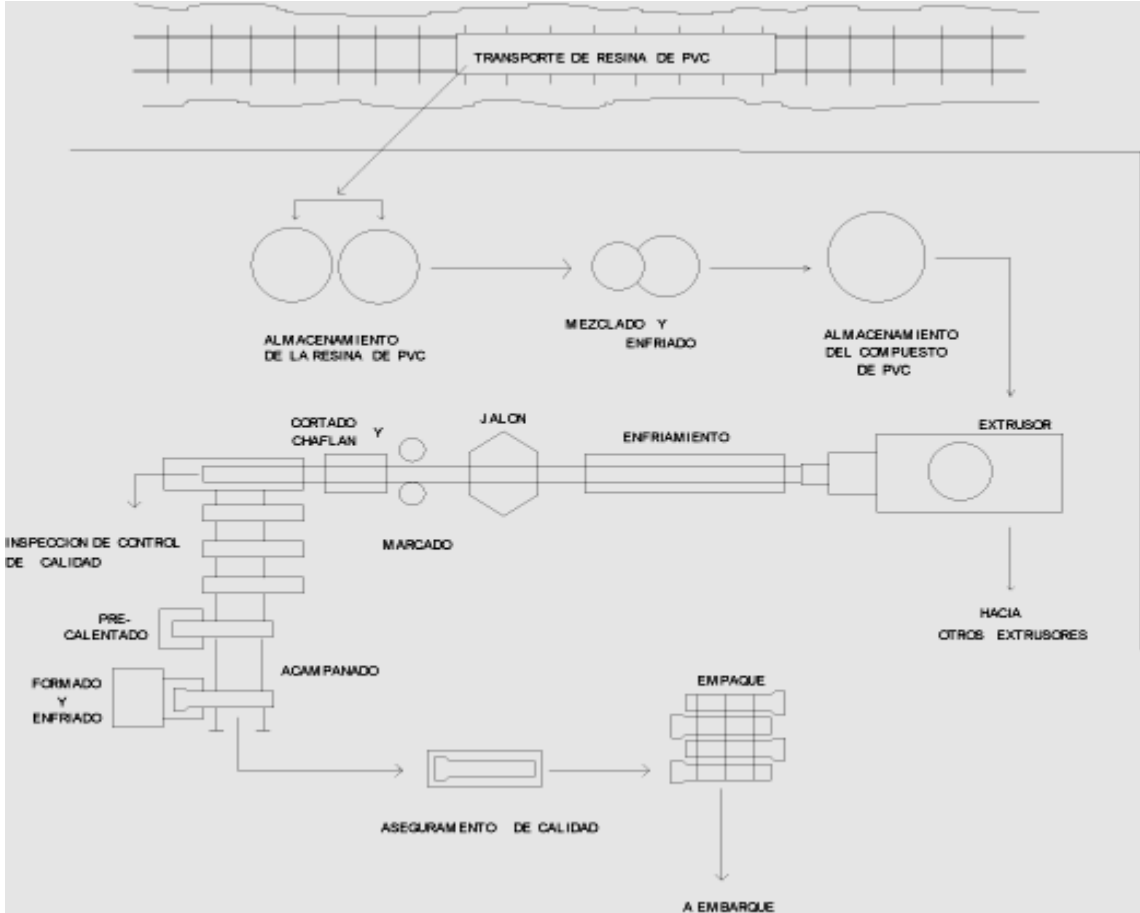
El proceso de fabricación de tubería de PVC se inicia con el almacenamiento de la materia prima en la bodega respectiva, luego pasa al área de mezclado en donde se le agregan los respectivos aditivos, así como los colorantes. Una vez que el compuesto está preparado se almacena en una bodega de paso, para su posterior utilización.

Figura 12. Accesorios PVC



Fuente: catálogo de tubos y accesorios PVC.

Figura 13. **Procesos de fabricación del tubo PVC**



Fuente: eis.uva.es.

En el momento que se necesita dicho compuesto pasa al el extrusor, aquí por un proceso de elevación de temperatura el material adquiere la temperatura de plastificación, por medio de un tornillo sin fin es transportado por todo el cañón de plastificación a la boquilla de salida, a partir de la boquilla sale una manga cilíndrica, la cual pasa a un baño de agua fría para llevarlo a temperatura ambiente, a la salida del baño de agua fría se encuentra una máquina que tiene como finalidad halar el tubo para introducirlo en una máquina impresora-cortadora que lo marca y corta según la longitud especificada. Seguidamente se hace un control de calidad, luego la parte frontal del tubo se precalienta para conformarle un acampanado adecuado, luego pasa a una operación de aseguramiento de la calidad, posteriormente pasa al área de almacenamiento.

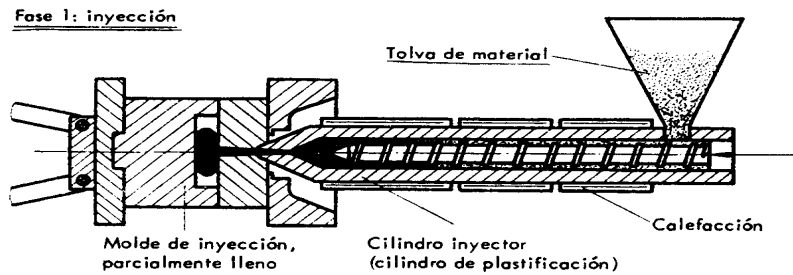
Proceso de fabricación de accesorios PVC

El proceso de fabricación de los accesorios de PVC se inicia de igual manera que el del tubo, con la diferencia que en este paso la resina pasa a una máquina de inyección, por medio de la cual se fabricarán los diferentes accesorios.

Proceso de inyección de accesorios PVC

En esta etapa, una vez que la materia prima se encuentra en la tolva, el tornillo sin fin o tonillo extrusor empieza a girar, trasladando dicha materia a todo lo largo del cañón plastificador, el cual se encuentra a una temperatura adecuada (temperatura de plastificación) el material se funde y se acumula en la cámara de inyección. La unidad de inyección se acerca al molde para prepararse para la siguiente fase.

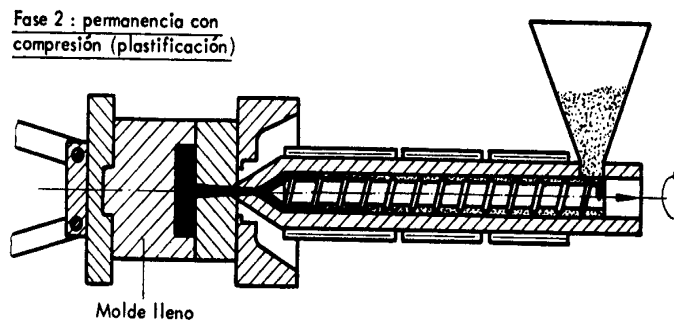
Figura 14. Fase 1 inyección



Fuente: kimmysworld94.blogspot.com.

El mecanismo extrusor impulsa hacia adelante, produciéndose la inyección dentro del molde (compresión).

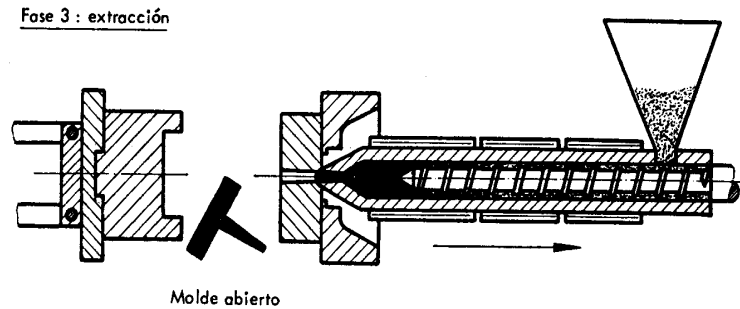
Figura 15. Fase 2 compresión



Fuente: kimmysworld94.blogspot.com.

Después de un determinado periodo de tiempo de enfriamiento dentro del molde, la o las piezas inyectadas son expelidas por la acción de apertura y expulsión de los mecanismos respectivos.

Figura 16. Fase 3 extracción o expulsión

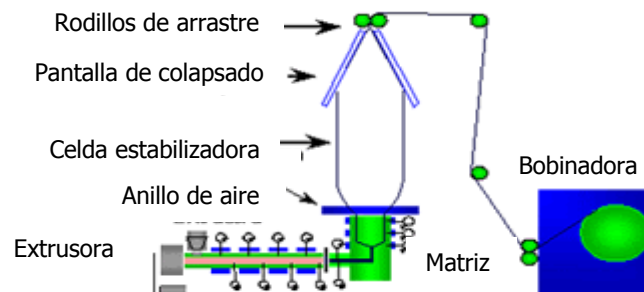


Fuente: kimmysworld94.blogspot.com.

1.5.2. Soplado de película

En el soplado de películas el material plastificado en el cañón de extrusión se pasa a través de una boquilla anular, dando una manga de pared delgada. Esta manga se sopla con aire hasta que alcance las dimensiones deseadas a través del mandril del dado. El proceso contiene los siguientes elementos indicados en el diagrama siguiente.

Figura 17. Diagrama de extrusora para película soplada



Fuente: quiminet.com

Uno de los procesos de fabricación de productos de plásticos lo constituye la fabricación de bolsas plásticas, existe una gran diversidad de ellas, igual que una gran diversidad de colores, así como una gran diversidad de aplicaciones tales como: comercial, agroindustrial, muebles, farmacéutica, textiles, industrial.

Figura 18. Cabezal de soplado de película



Fuente: LUPOLEN, Técnicas de elaboración, p. 17.

Las bolsas se fabrican de polietileno de alta y baja densidad, y de alto peso molecular. En la gráfica 19 se aprecian los rollos a partir de los cuales se conforman las bolsas plásticas.

Figura 19. Rollos de telas plásticas



Fuente: bolsas y plásticos.com

Rollo o bobina: rollo tubular en alta y baja densidad, con fuelle, sin fuelle, abierto por un lado, rollo impreso, rollo tratado, rollo con protección de UV, rollo coextruido¹⁶, rollo gofrado, rollo pigmentado y rollo termoencogible¹⁷.

Aplicación: rollo para invernadero, agricultura, granjas, la conducción de agua, muebles, construcción, uso alimenticio, y la industria automotriz.

Materia prima: alta densidad de alto peso molecular y baja densidad (PX 20020X¹⁸, PX20020P, PX22004), virgen, lineales, aditivos y pigmentos.

Características de bolsa plana:

- Bolsa en baja y alta densidad, sello estrella, sello de fondo y/o lateral.
- Bolsa con fuelle lateral, con fuelle de fondo, con solapa interna y externa.
- Bolsa en rollo, bolsa impresa, bolsa antiestática, bolsa gofrada, bolsa perforada, bolsa pigmentada, bolsa para *linner* y bolsa termoencogible.

Dimensiones de bolsas

Plana de 30cm. a 140cm. y 140cm. más fuelle para totalizar 250cm en baja densidad.

En rollo o bovina de 30cm. a 170cm. y 170cm. más fuelle para totalizar 300cm. en baja densidad.

¹⁶ Coextrusión, variación en el proceso, en el que se utilizan dos máquinas extrusoras simultáneamente.

¹⁷ Material que se utiliza para empacar aplicándole calor.

¹⁸ PemexPX20020X, Pemex , PX20020X, PX 20020 X, PX20020, 20020X, 20020PX, Polyethylene, Low Density, Polyethylene Low Density, PolyethyleneLowDensity, LDPE, Polyethylene, PE, Pemex.

Aplicación: para uso en grado alimenticio, tipo industrial, hielo, comercial, empaque, cubre tarimas, empaque de envase, en la agricultura, granos, en la industria farmacéutica, productos químicos, grasas y derivados, hospitales, en industria de muebles, lácteos y derivados, emparadoras, embutidos y la industria automotriz.

Material: alta densidad de alto peso molecular y baja densidad (PX20020X, PX20020P, PX22004), virgen, lineales, aditivos y pigmentos. Los materiales están aprobados por la *FDA*.

Empaque: bolsa plana en paquetes de 25 kilos entarimados en una estiba de 8 capas, bolsa en rollo de 30 a 70 kilos cada rollo.

En la gráfica 20 se aprecia los diferentes tipos de bolsa plana que se pueden fabricar en una gran diversidad de tamaño y colores.

Figura 20. **Bolsas planas a color**



Fuente: bolsas y plasticos.com.

Impresión flexo gráfica en: rollo, películas, bolsa, lámina a 6 tintas, en tambor central, natural y pigmentado de 1 a 6 tintas.

Dimensiones: medida útil de impresión 90cm. de ancho.

Aplicación: comercial, agroindustrial, muebles, farmacéutica, textiles e industrial.

Materias primas: alta densidad de alto peso molecular y baja densidad.

Tinta: a base solvente, contenido bajo en plomo aprobado por la FDA.

Películas planas: alta y baja densidad, tratadas y pigmentadas.

Dimensiones: de 30 cm. a 230 cm. en baja densidad y de 300 cm. a 150 cm. en alta densidad.

Aplicación: para envasado automático, impresas, para laminación, para impresión, para la agricultura, para la avicultura, invernaderos etc.

Material: alta densidad de alto peso molecular y baja densidad (PX20020X, PX20020P, PX22004), virgen, lineales, aditivos y pigmentos.

Los materiales están aprobados por la FDA

Figura. 21. **Películas plásticas planas**



Fuente. bolsas y plásticos.com.

Proceso: La fabricación de bolsas de plástico empieza de la misma forma en que se inician todos los procesos, a partir de la formulación y elección de la materia prima, posteriormente pasa a una máquina extrusora sopladora de film, en donde se obtiene una forma cilíndrica continua, posteriormente se convierte en rollos, para pasar al área de flexografía, en donde se imprime la información comercial, para posteriormente pasar al área de formado y corte. Y por último pasa al área de empaclado.

A continuación una descripción general de una pequeña industria usada para la fabricación de bolsas de polietileno.

- La capacidad instalada de producción es de 70 toneladas mensuales para la fabricación de bolsas de polietileno.
- Todas las máquinas extrusoras pueden procesar polietileno de alta y baja densidad siempre que el tornillo extrusor sea para alta.
- La planta posee una máquina recicladora para 100 toneladas mensuales de tres cuartos de litro y un litro, con su respectiva tapa.
- Una máquina estampadora que puede alcanzar hasta 4 colores, actualmente en nuestra industria, solo cuenta con los aditamentos para 2 colores.
- La bodega posee 825 mts² de construcción.

Figura 22. **Bolsas de plástico**



Fuente: todoparaelcomercio.com.

1.5.3. Soplado de contenedores

La fabricación de envases a partir de materiales poliméricos ha tenido un auge sin precedentes, a partir de este proceso y utilizando una amplia gama de materiales plásticos, se puede fabricar una enorme cantidad de formas y tamaños de envases plásticos, desde contenedores de unos pocos mililitros, hasta de muchos galones. El área de aplicación es tan grande como la de las bolsas, abarcando la industria química, alimenticias, agrícola, comercial, cosmética, etc.

Extruir y soplar para fabricar envases de plástico

El moldeo por soplado es una de las técnicas empleadas para fabricar grandes cantidades de artículos como los envases o contenedores de plástico.

Dichos artículos se emplean en la actualidad de forma masiva para transportar y contener líquidos o sustancias a granel, como por ejemplo, envases para aceites minerales, aceites comestibles, aceites esenciales, perfumes y una gran diversidad de productos comerciales, así como industriales.

Proceso: en la fabricación de estos envases, se utiliza el método de extrusión y soplado, para este proceso se alimenta de materia prima a la máquina extrusora, la cual elabora una manga que sale por un mecanismo llamado cabezal Parison, esta manga cae hasta alcanzar la longitud total del molde, al pasar por este punto se cierra el molde, aprisionando el material en sus extremos superior e inferior de la cavidad, inmediatamente se descarga una cantidad de aire a baja presión, haciendo que la manga tenga contacto con las paredes frías de la cavidad del molde, conformando el envase con dicho proceso. Una vez terminado el ciclo de enfriamiento, el molde es abierto por un mecanismo, el envase es extraído del molde por un botador mecánico y finalmente se eliminan las rebabas que han quedado en la periferia del producto. Para luego pasar a un control de calidad.

Este es un proceso de producción a gran escala, donde las piezas son sometidas después de su fabricación a ensayos de estanqueidad, etiquetado e incluso llenado, montaje de las tapas, sellado y embalaje (línea de fluidos, alimentos, talcos, etc.).

En el proceso se puede utilizar una amplia gama de termoplásticos, aunque en la práctica los más empleados son los termoplásticos amorfos como; el poli-cloruro de vinilo (PVC), el policarbonato (PC) o mezclas de éste con ABC. También se usan termoplásticos semicristalinos como el polietileno (PE), la poliamida (PA) y el polipropileno (PP) además del (PET).

Una de las razones de la utilización de estos materiales es que deben cumplir ciertos requisitos para hacer más fácil el moldeo por extrusión-soplado, el termoplástico ha de contar con un grado de viscosidad adecuado, si éste es demasiado bajo, la manga caerá demasiado rápidamente de la boquilla del cabezal y el espesor de la pared perderá uniformidad. Por el contrario si la masa es muy viscosa, se dificulta el soplado del producto a formar.

Figura 23. Envases soplados termoplásticos



Fuente: LUPOLLEN, Técnicas de elaboración, p. 48c

Las materias primas más utilizadas son las poliolefinas¹⁹. Estas se usan en el moldeo de envases como botellas, envases de gran volumen o bidones²⁰, además de piezas técnicas como tanques de combustible o tuberías.

Figura 24. **Envases soplados de PE**



Fuente: LUPOLEN, Técnicas de elaboración, p. 48^a.

En los envases destinados al agua potable (de 20 litros o más) se emplea el policarbonato²¹, ya que es un material resistente a los golpes y con aspecto cristalino. Por este motivo, también se emplea en la fabricación de cajas y envases para golosinas.

También se utilizan poliamidas para fabricar piezas mecánicas, como turboconductos de aire para los compartimentos de turbomotores, ya que se trata de un material de alta resistencia al calor. Otros materiales que se pueden emplear con esta técnica de moldeo son el óxido de polifenileno (PPO) y el acrilonitrilo.

¹⁹ Denominación general para los polímeros, los cuales se obtienen por polimerización radicalizada de olefinas. Los ejemplos más importantes son: PE, PP, PB.

²⁰ Tambos de gran tamaño, como envases para agua purificada.

²¹ Polímero sintetizado con carbono, con aplicaciones en la construcción y la industria.

El butadieno estireno (ABS) o mezclas como el politeleftarato de butilo, se usan en aplicaciones como parachoques en vehículos.

El uso de PVC como material de soplado en envases se ha ido reduciendo frente a otros materiales y es utilizado en unos pocos países. En algunos hay campañas específicas para sacarlo del mercado. No es el caso de la construcción, en donde se sigue utilizando dicho material debido a su elevada estabilidad.

Procesar PVC mediante moldeo por extrusión-soplado es complicado, ya que de una inadecuada manipulación puede liberarse ácido clorhídrico (En el ser humano este ácido produce efectos adversos potenciales en la; inhalación, ingestión, piel, ojos así como otros efectos crónicos²²).

Figura 25. **Productos soplados en PVC**



Fuente: elaboración propia.

²² http://www.cisproquim.org.co/HOJAS_SEGURIDAD/Acido_clorhidrico.pdf

1.5.4. Inyección

En la actualidad existe una gran diversidad de productos plásticos derivados del proceso de inyección (Ver 1.5.1 PVC, accesorios). El proceso básico es el mismo y lo que varía es la secuencia de operaciones y en algún momento la configuración de la maquinaria.

Los materiales que se utilizan para los procesos de inyectado son varios, entre ellos los materiales; poliolefinicos, PVC, CPVC y la mayoría de materiales plásticos.

Ejemplo de productos inyectados en las ilustraciones de las figuras 26 y 27.

Figura 26. **Productos inyectados**



Fuente: LUPOLEN, Técnicas de elaboración, p. 64

Figura 27 Carcasa y equipos de protección inyectados



Fuente: DELTA ELECTRIC, Catálogo de equipos, p. 12.



Fuente: Mouller, Catálogo de equipos, p. p.

1.6. Aditivos

Son ingredientes que dotan a los materiales polímeros de las propiedades específicas que demandan el mercado o el producto. Estos productos les confieren propiedades insensibles a la luz, al fuego y al agua, lo que los ablanda o da dureza, tenacidad o elasticidad, los hace resistentes a la agresión química o a la radioactividad; en definitiva, todos los que los convierte en plásticos a medida.

Cada día se requiere de plásticos más manejables, más ecológicos, lo más polivalentes posible y además a precios cada día más competitivos dentro del mercado global. Una de las funciones de los aditivos es mejorar la relación costo-beneficio de los plásticos. Los nuevos productos sustituirán a los productos que se ofrecen actualmente en el mercado cuando éstos ya no puedan cumplir los requisitos de transformación para una producción amigable con el ambiente. Ejemplo: los pigmentos que contienen metales pesados (en especial los que contienen cadmio) son considerados tóxicos y perjudican al medio ambiente, por lo que deben ser reemplazados por nuevas formulaciones las que deberán ser menos perjudiciales.

Aditivos de proceso y aditivos de aplicación

Los aditivos de proceso engloban a los estabilizantes, a los agentes lubricantes, a desmoldeantes y a los aceleradores. Se trata de aditivos para termoplásticos cristalizables especialmente para poli-olefinas; como el polietileno (PE) o el polipropileno (PP). Facilitando de ese modo la transformación de los materiales polímeros en cuestión, pero también así pueden cambiar sus propiedades. Por ejemplo los lubricantes disminuyen la viscosidad de la masa fundida y optimizan su comportamiento en las máquinas de termo-formado.

Los aditivos de aplicación; son sustancias que ejercen una influencia positiva en la aplicación del plástico. En este grupo se clasifican los antioxidantes, aditivos que evitan la descomposición del plástico e impiden durante un tiempo determinado las alteraciones estructurales del plástico utilizado como producto final, reaccionan por la acción del sol, del aire, del agua, de los productos químicos o por esfuerzos físicos.

Dentro de este grupo se cuentan también las partículas de carga y los colorantes, los pigmentos, los agentes ignífugos y los antiestáticos. Estos últimos evitan que la pieza de plástico se cargue con electricidad estática. Por su acción, la resistencia eléctrica o la resistencia superficial del plástico se reduce para que la superficie derive con rapidez corrientes eléctricas.

La expresión preparación de compuestos (*compounding*), es el proceso de agregar los aditivos en el sector de los plásticos. Y en la industria de las pinturas, se denomina formulación. No se consideran aditivos otros polímeros que se mezclan en elevadas proporciones con el material de base. Estos materiales añadidos en el proceso de *compounding* tienen la finalidad de dotar al plástico de las condiciones necesarias para la transformación y la aplicación.

La utilización de aditivos en la mezcla de polímeros no está exenta de problemas. Se complica sobre todo cuando el plástico enriquecido con distintos aditivos y preparado convenientemente en la mezcladora, están destinados a productos médicos, industria alimenticia o electrónica. Los plásticos que entran en contacto directo con los alimentos por ejemplo, no pueden contener determinados aditivos por encima de ciertos valores límites ya que son para proteger la salud del consumidor. Existe una legislación específica para cada uno de estos aditivos.

Los tipos de aditivos pueden ser

- Estabilizantes
- Espumantes
- Plastificantes

Estabilizantes para PVC son: plomo, jabones metálicos, estaño, atóxicos, etc.

Complejos espumantes son estabilizantes. Y complejos estabilizantes son lubricantes.

Los plastificantes son para PVC, U-PVC, ABS, PE, PP, caucho, así los termoplásticos como el EPDM y EVA:

- Lubricantes
- Dificadores de impacto
- Ayudantes de proceso
- Espumantes
- Aditivos de polimerización
- Antioxidantes
- Estabilizadores a la luz
- Retardantes de llama
- Blanqueadores ópticos
- Secadores para pinturas

Tabla III. Referencia sobre aditivos

RESINA	REFERENCIA	PRODUCTOR	PAIS	APLICACIÓN
ABSORBEDORES DE RAYOS UV	ADITIVO <i>UVASORB</i> HA 77 DF	5 V <i>INTERNATIONAL</i>	ITALIA	ADITIVACION RESINAS
	ADITIVO <i>UVASORB</i> HA 88 FD	6 V <i>INTERNATIONAL</i>		
AYUDANTES DE PROCESO	SERIE AXEL	AXEL <i>PLASTICS</i>	ESTADOS UNIDOS	
CARBONATO DE CALCIO	<i>IMPERAG</i> 100	PROVEEDORES VARIOS	COLOMBIA	ADITIVACION RESINAS
COMPUESTO DE PURGA	DYNA PURGE SERIE M	<i>DYNA PURGE</i> , división <i>SHUMAN</i> <i>PLASTICS</i>	ESTADOS UNIDOS	LIMPIEZA DE TORNILLOS Y BARRILES
	DYNA PURGE SERIE P			
	DYNA PURGE SERIE V			
	DYNA PURGE SERIE F			
	DYNA PURGE SERIE SF			
	DYNA PURGE SERIE X			
	DYNA PURGE SERIE B			
	DYNA PURGE SERIE C			
	DYNA PURGE SERIE E			
COMPUESTO ESPUMANTE	CELOGEN	UNIROYAL		
FILTRO ULTRAVIOLETA	ADITIVO <i>UVASORB</i> SV	3 V <i>INTERNATIONAL</i>	ITALIA	ADITIVACION RESINAS
	ADITIVO <i>UVASORB</i> 3C	4 V <i>INTERNATIONAL</i>		
SILICONA LÍQUIDA	<i>EXTREME DUTY</i>	DESTISOL	COLOMBIA	
	<i>HEAVY DUTY</i>			

Fuente: plasticseurope.es.

1.7. Seguridad Industrial en el proceso de fabricación de productos poliméricos

En todo proceso donde se involucra sistemas o elementos de máquinas en movimiento, la seguridad industrial es fundamental e imprescindible, ya que con ello se resguarda significativamente la integridad de las personas que se encuentran operando o no la maquinaria y equipo, tanto de inyección como de soplado, ya que todos ellos se operan con muy altas presiones en algunos ciclos de su operación. De forma estándar toda máquina cuenta con sus protecciones de seguridad, ya sean éstas de índole, eléctrica, electrónica, o mecánica, por ejemplo; compuertas de seguridad que desconectan toda la máquina en caso de ser abiertas, sistemas sensores que impiden el cierre total cuando encuentran algún obstáculo. Sin embargo, hay una serie de acciones y normas que se deben respetar cuando se operan estas así como cualquier otro tipo de maquinaria industrial.

Existen a nivel mundial una serie de organizaciones que se preocupan tanto de la seguridad de operación de la maquinaria como por la seguridad personal de todos los operadores y personas involucradas en planta. Algunas de estas organizaciones son la OSHA²³, ISO, así como organismos nacionales e internacionales interesados.

Como responsabilidad ética se debe animar al operario, así como al personal de mantenimiento a respetar toda aquella disposición de orden interno que norme el manejo seguro de máquinas y quipos, ya que todas las normas y reglas a seguir son para la protección del personal en planta.

²³ *Occupational safety and health administration*

1.7.1. Reglas generales de seguridad

- Mantener limpias la maquinaria, así como las herramientas.
- Después de cualquier actividad dejar limpia el área de trabajo.
- Mantener las herramientas en su lugar después de utilizarlas.
- Mantener limpias las áreas de acción de la máquina.
- No eliminar ningún sistema de protección de la máquina.
- No realizar ningún tipo de acción humana cuando la máquina se encuentra en operación.
- Si la máquina se encuentra en reparación debe haber un rótulo en rojo que indique: Máquina en mantenimiento u otro.
- Mantener el área de la máquina libre de agua o aceite de cualquier tipo, esto evita posibles resbalones y por consiguiente accidentes.
- Si la máquina presenta algún tipo de desperfecto o requiere de mantenimiento que no se encuentra dentro de las atribuciones asignadas, avisar inmediatamente al superior.
- Mantener la máquina con todos sus indicadores luminosos de accionamiento.
- Verificar que el mantenimiento programado se esté realizando efectivamente.
- Llevar una bitácora del programa de limpieza y mantenimiento.
- Los operarios deberán ser capacitados constantemente en operación y mantenimiento rutinario.

2. INSTALACIONES MECÁNICAS Y MONTAJE

2.1. Maquinaria y equipo

Maquinaria en la industria del plástico, es toda máquina que procesa directamente plastificando las resinas de los polímeros y equipo se le llama a la maquinaria periférica o auxiliar que se involucra indirectamente para dicho proceso.

2.1.1. Máquinas inyectoras

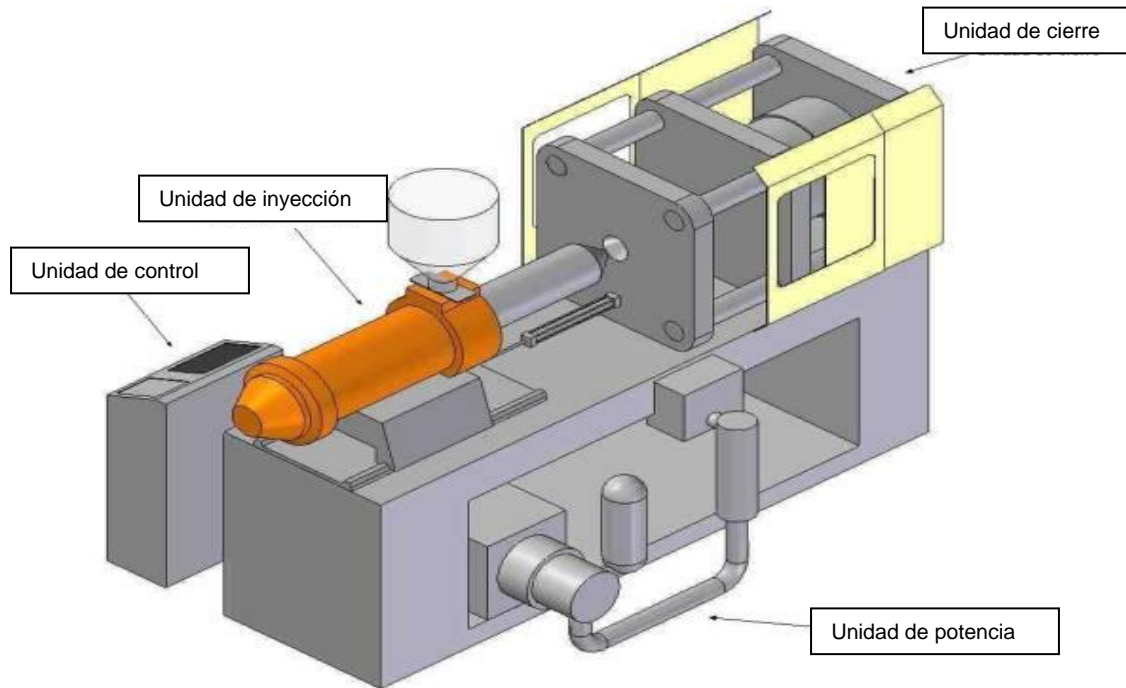
Constituyen un punto focal dentro de los procesos de fabricación de productos plásticos. La descripción del proceso de inyección esta descrito en la página 37.

En la actualidad existe una gran variedad de marcas de máquinas, así como una diversidad en cuanto a sus accionamientos. Fundamentalmente existen máquinas con accionamiento oleodinámico y eléctrico.

En la figura 28 está un esquemático de una máquina inyectora, donde se pueden observar sus distintos componentes y sistemas o unidades de accionamiento.

Unidad de potencia: existen máquinas con unidad de potencia oleodinámica y otras con unidad de potencia eléctrica, aunque las máquinas con unidad de potencia eléctrica están aún restringidas en cuanto a su potencia. Una unidad de potencia oleodinámica es aquella que utiliza un sistema de bombeo de un fluido llamado aceite hidráulico, el cual es bombeado a alta presión y es el que en suma, posibilita todos los accionamientos de los mecanismos de la máquina, así como la presión de inyección.

Figura 28. **Unidad de potencia**



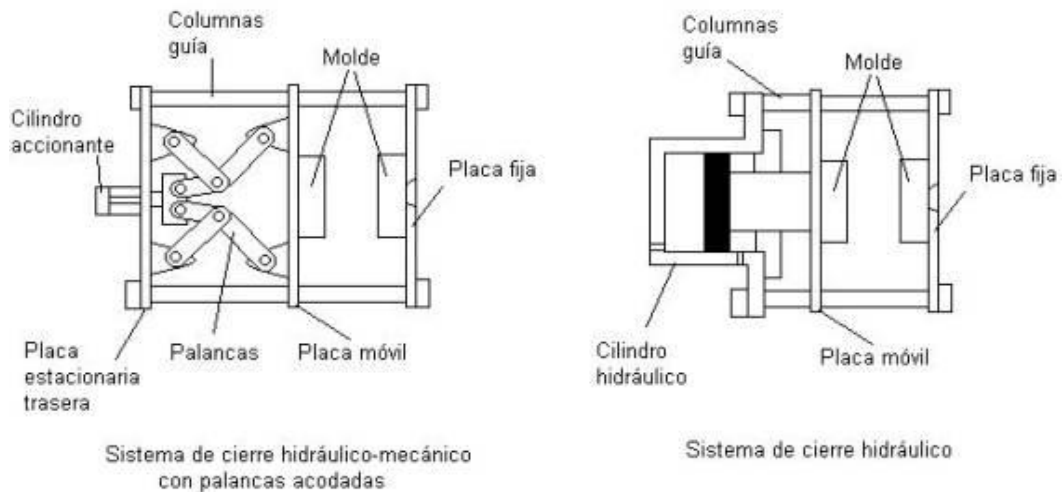
Fuente: docencia.udea.edu.com.

Unidad de inyección: esta unidad es la que facilita la adquisición de la materia prima, la cual por medio de un tornillo sin fin es alimentado hasta el extremo del cañón, en donde posteriormente es inyectado a alta presión dentro del molde de inyección, en este punto se observan los movimientos básicos que se producen en la unidad: rotación del tornillo, aproximación de la unidad al molde, viceversa e inyección.

Unidad de control: es una parte muy esencial de la inyectora, es donde se controlan todos los movimientos de la máquina. Actualmente vienen dos sistemas específicos, uno la parte de potencia, que es la zona donde se manejan altas corrientes eléctricas; como el encendido de motores, alimentación de resistencias eléctricas, y la otra es la parte electrónica del control del proceso, actualmente se están utilizando sistemas computarizados, conocidos como programadores lógicos programables (PLC), que incluyen todos los accionamientos periféricos y sensores.

Unidad de cierre: esta parte de la máquina es sumamente importante, porque es en donde se realiza la apertura y cierre del molde, además de que es aquí donde se entrega mucha potencia al cierre del molde, para poder soportar la presión de inyección. En este punto cabe resaltar que existen diferentes tipos de cierre, como los que se muestran en la figura 29.

Figura 29. **Unidad de cierre o prensa**



Fuente: descom.jmc.utfsm.cl.

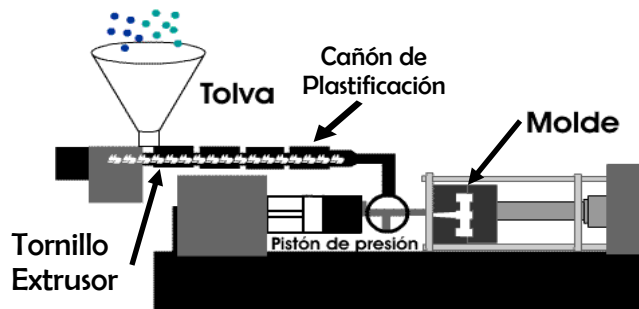
Especificaciones de una máquina inyectora

- Capacidad o fuerza de cierre: usualmente se da en toneladas (ton).
- Capacidad de plastificación: es la cantidad máxima de material que es capaz de suministrar el tornillo, por hora, cuando plastifica el material; se da en kg/h.
- Velocidad de inyección: es la velocidad máxima a la cual puede suministrar la unidad de inyección el material hacia el molde; se da en cm^3/s .

- Capacidad de inyección: es el volumen de material que es capaz de suministrar la máquina en una inyección ($\text{cm}^3/\text{inyección}$). Es común dar este valor en gramos, tomando como referencia la densidad del poliestireno.
- Presión de inyección: es la presión máxima a la que puede bombear la unidad de inyección el material hacia el molde. Usualmente se trabaja a un 60% de esta presión o menos.

En la figura 30 se observa un esquema de una máquina inyectora donde se aprecian con más detalle las partes ya identificadas.

Figura 30. Esquema de una inyectora

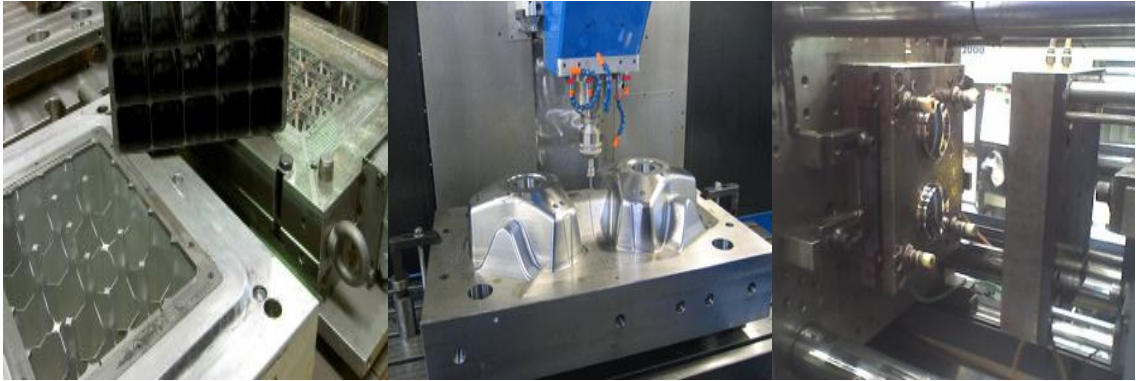


Fuente: matriceriaonline.com.

Parte importante en una inyectora, a pesar que no forma parte integral de ella, el molde (matriz), el cual se ubica montado en la unidad de cierre de la figura 30.

El molde: forma parte esencial de la máquina de inyección, es en la matriz que se obtienen las diferentes formas de los productos terminados. Están fabricados generalmente de acero para moldes de inyección y sus características específicas dependen del producto y del material a inyectar. El molde contiene una matriz o cavidades donde se genera el producto, también contiene canales o ductos por los cuales el polímero plastificado fluye a presión hacia las cavidades.

Figura 31. **Moldes de inyección**



Fuente elaboración propia.

Moldeo por inyección: proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero en estado plastificado (fundido o ahulado) en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta.

Figura 32. **Máquinas inyectoras**



Fuente: coronet.eu.com.

2.1.2. Máquinas sopladoras de película

El proceso de soplado de película, se desarrolló en el ítem 1.5.2, por lo que en esta parte nos corresponde solamente hacer una descripción de la maquinaria.

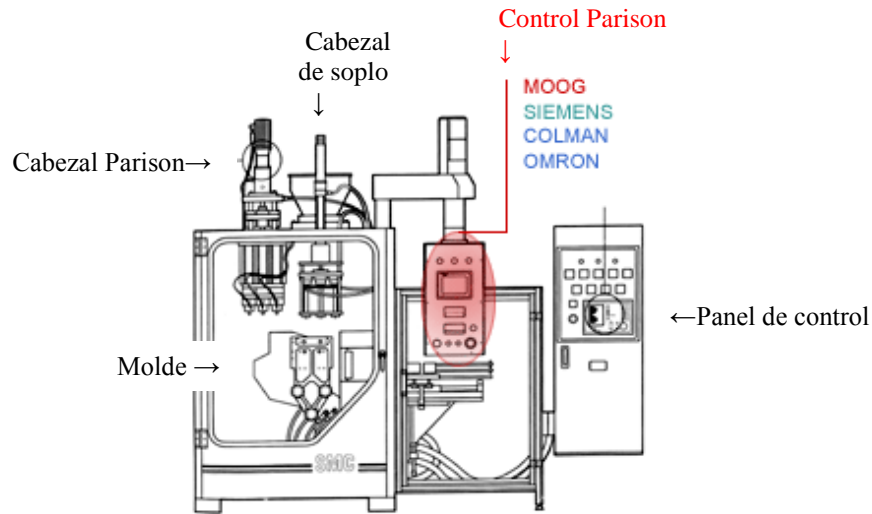
Como se ha descrito en el tema de los polímeros, todas las máquinas utilizan el principio de extrusión de materia prima, es decir, utilizan una unidad extrusora y dependiendo de su función tendrán otros equipos que podrían llamarse auxiliares. En el caso de las máquinas de soplado, a la salida del extrusor se tiene un equipo llamado cabezal Parison y otro llamado cabezal de soplado.

2.1.3. Máquinas sopladoras de envases

El desarrollo del envasado de productos se centró primero en recipientes de diversos materiales como la arcilla en la fabricación de jarras, luego con el desarrollo del vidrio se tuvo un avance muy fuerte en la fabricación de envases, con el apareamiento del plástico se provocó una revolución enorme en la fabricación de envases, de tal manera que para fabricarlos se desarrollaron todo tipo de maquinaria y se han utilizado una diversidad de polímeros.

En general, las máquinas sopladoras de envase utilizan el mismo principio básico en la fabricación de cualquier producto plástico, a excepción de que, una vez la materia prima en estado plástico sale del extrusor, pasa a el cabezal Parison, (regulador del espesor de la película de la manga a expulsar) en donde sale en forma de manga cilíndrica, para posteriormente ser introducido en el molde y seguidamente se le introduce aire a presión con el cabezal de soplo, precisamente para soplar o inflar la manga dentro del molde (conformar figura). La mejor forma de captar este tipo de máquinas es con un esquema, ver figura 33.

Figura 33. Esquema de una sopladora



Fuente: BEKUM GmbH, lo más importante.

2.1.4. Compresores de aire

Son equipos auxiliares o periféricos que prestan un servicio sumamente importante en una fábrica de plástico y toma gran relevancia cuando se enfoca al objetivo del presente trabajo, como es la instalación y montaje de máquinas inyectoras y sopladoras, ya que la red de aire comprimido deberá satisfacer los requisitos de instalación mecánica de la máquina, así como los requisitos de operación de accionamientos.

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Los compresores son sistemas que trabajan con aire comprimido. Y las formas de compresión son: intermitentes (desplazamiento positivo); estos atrapan el aire, reduciendo el volumen y aumentando la presión. También atrapan el aire en espacios y éste es transportado sin cambio de volumen, la compresión por flujo reverso del lado de alta presión (descarga de presión) y por fin desalojo del aire comprimido.

Tipos de compresores

- Lóbulos rectos
- Lóbulos helicoidales
- Engranés

Clasificación según el método de intercambio de energía

- Sistema pendular
- Reciprocante o alternativos
- De espiral (orbital, *scroll*)
- Rotativo-helicoidal (Tornillo, *Screw*)
- Rotodinámicos o turbomáquinas: axiales y radiales

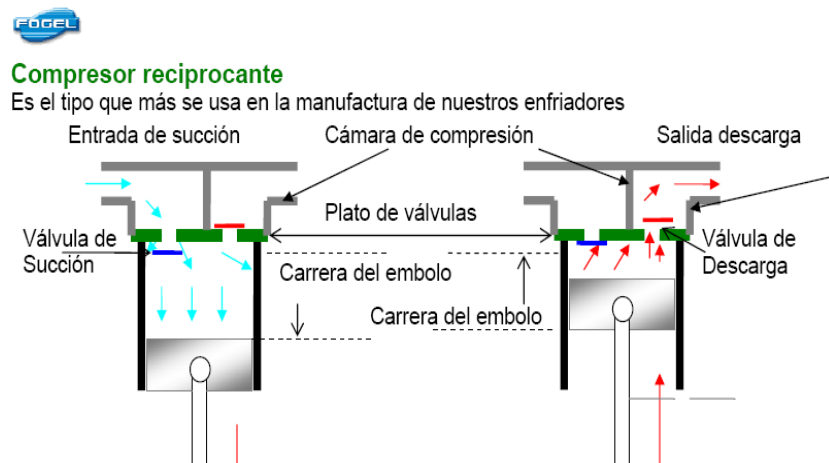
Compresores continuos: en este tipo la compresión del aire se efectúa mediante la impulsión del aire por rotores con alabes que se mueven a gran velocidad, transfiriéndolo a difusores estacionarios donde la energía de velocidad se transforma en presión. Estos compresores se denominan dinámicos. Y entre los tipos continuos están: los centrífugos, flujo axial y flujo mixto.

Compresor: máquina que se utiliza para comprimir un fluido (aire), a una presión dada.

Existen dos tipos de máquinas compresoras, las volumétricas (aumento de presión por reducción de volumen) y los turbocompresores (el aire arrastrado por una rueda móvil adquiere una determinada velocidad, la cual se traduce en un aumento de presión en la rueda y en el difusor de salida).

El más antiguo es el compresor de émbolo, se emplea exclusivamente para presiones elevadas (alta presión). Y trabaja: en la primera carrera (fase del émbolo) el aire es aspirado a una presión p_1 y el volumen aspirado varía de 0 a V_1 . Al retroceder el émbolo, este aire es comprimido pasando de la presión p_1 a la presión p_2 , así también su volumen varía de V_1 a V_2 . En la segunda fase de la carrera el aire es expelido a presión p_2 . Debido al trabajo de compresión, se genera gran cantidad de calor, el cual debe refrigerarse. Para presiones muy elevadas se procede en varias etapas, realizándose en cada una la relación de compresión del orden de 6 a 7 émbolos opuestos, cada uno de los cuales está unido rígidamente a un pistón compresor.

Figura 34. Esquema del compresor reciprocante



Fuente: catálogo técnico FOGEL.

Clasificación de compresores por tipos

- Émbolo oscilante
- Compresor de pistón
- Compresor de membrana
- Émbolo rotativo
- Compresor rotativo celular
- Compresor helicoidal bicelular
- Compresor *roots*

Compresores de émbolo: estos compresores están diseñados para trabajar a presiones de 1bar. Es el más utilizado en la actualidad, ya que se emplea para comprimir a media y alta presión.

El de émbolo oscilante se utiliza para obtener el aire a presiones elevadas, se dispone de varias etapas en el compresor. Se efectúa una compresión previa en el primer émbolo, seguidamente se efectúa un enfriamiento, para luego ser comprimido por el siguiente émbolo. El volumen de la segunda cámara tiene una relación más pequeña. Durante la compresión se genera calor, el cual debe ser evacuado por el sistema de enfriamiento. Los compresores de émbolo oscilante pueden enfriarse por aire o por agua. Según cada etapa las presiones de trabajo que se generan son:

- Hasta 400 Kpa (4bar) 1 etapa
- Hasta 1500 Kpa (15bar) 2 etapas
- Más de 1500 Kpa (15bar) 3 etapas o más

Compresores de desplazamiento rotativo: estos compresores son de tornillo, acoplados a un motor eléctrico y son accionados por este motor, viene con accesorios, conexiones de tuberías, cables y montados sobre una plataforma.

En un compresor de aire tipo tornillo, la compresión se produce mediante el engranaje de dos rotores helicoidales (macho y hembra) montados en ejes paralelos y encerrados en una carcasa de hierro fundido (encapsulados), con lumbreras de admisión y las respectivas salidas ubicadas en los extremos opuestos. El rotor macho tiene 4 lóbulos espaciados a intervalos de 90° y el rotor hembra tiene 6 ranuras espaciadas a intervalos de 60°. Las ranuras del rotor hembra engranan con el rotor macho y reciben fuerza desde el mismo rotor macho. Cuentan con cojinetes de bolas de contacto angular, montados en el extremo de descarga para impedir el movimiento axial de los rotores y traen émbolos de contra empuje que alivian la mayor parte de la carga de empuje ejercida sobre estos cojinetes.

Al ser descargada del compresor la mezcla de aire-refrigerante se encaminan al sistema de separación. Este sistema está totalmente contenido en el tanque separador, extrae del aire de descarga todo el refrigerante, menos unas pocas partes por millón. El refrigerante regresa al sistema y el aire va al pos-enfriador para luego ser servido.

Compresores recíprocos: podemos mencionar los de pistón, los de aspas deslizantes, los de lóbulos rectos y los de lóbulos helicoidales.

Compresores de pistón: la compresión inicia cuando el cilindro está en su máximo volumen con el gas a la presión de succión. Al reducirse el volumen del cilindro por el movimiento del émbolo, se eleva la presión por encima de la presión de descarga, con objeto de abrir la válvula de descarga y aún no ha terminado el recorrido. Al terminar el recorrido de desalojo del aire comprimido a presión constante, se queda un remanente de aire a presión por la holgura entre el émbolo y la tapa del cilindro. Al egreso del émbolo se cierra la válvula de descarga, disminuye la presión del gas remanente hasta que se abre la válvula de succión. Se succiona gas a la presión de entrada al compresor para repetir el ciclo. Para presiones de descarga elevadas se emplean dos etapas de compresión con el fin de ahorrar energía y de reducir la temperatura de descarga.

Figura 35. **Compresor de pistón rotativo**

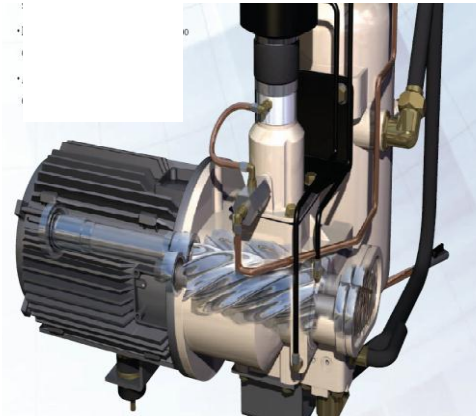
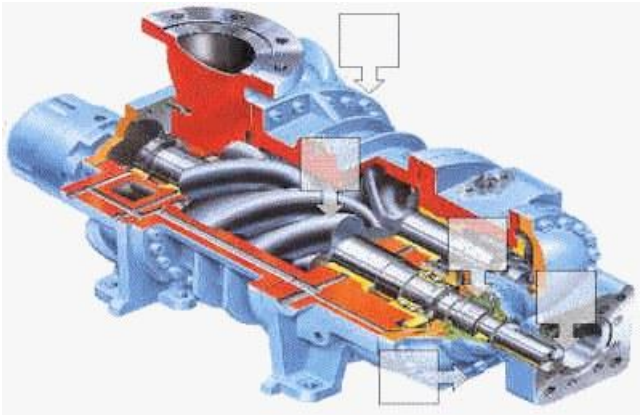


Figura 36. **Compresor rotativo**



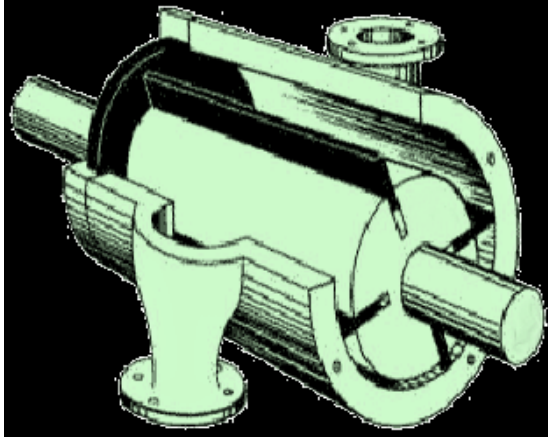
Fuente: interempresa.net.

Figura 37. **Compresores de tornillo**

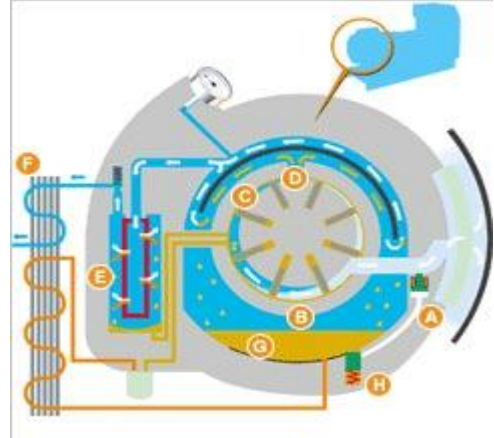


Fuente: quiminet.com.

Figura 38. **Compresor de aspas deslizantes**



Fuente: arqhys.com

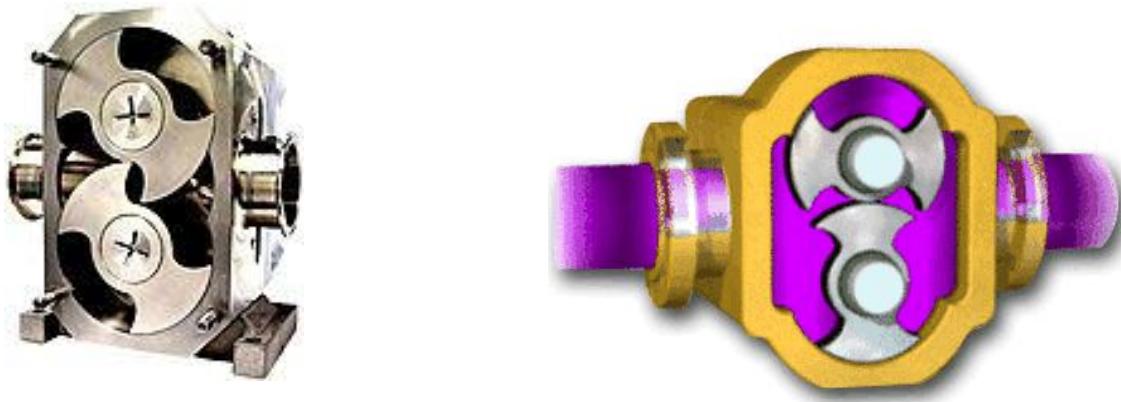


Fuente: tecnoeduca.com

Compresores de aspas deslizantes: utiliza un sistema de paletas de carbón deslizantes, no tiene ningún tipo de válvulas y la única diferencia en los orificios de entrada y de salida es su área. La compresión se lleva a cabo por medio de la diferencia de volumen que se va consiguiendo debido a que el rotor se encuentra fuera del centro de rotación del eje.

Compresores de dos lóbulos rectos: en este compresor el volumen entre cada lóbulo y la carcasa no cambia durante el giro. El aire atrapado en ese espacio aumenta su presión por un flujo de retroceso cuando dicho espacio se comunica con la descarga. Las aberturas no tienen válvulas. No existe contactos entre los lóbulos ni de estos con la carcasa. Se construyen con holguras muy pequeñas y tolerancias muy estrictas entre esos elementos. La rotación de los lóbulos se sincroniza mediante engranajes de alta presión y no requieren lubricación. Hay que protegerlos del ingreso de polvo y de la entrada de aire muy caliente. Para ciertas aplicaciones requieren pre-enfriadores de aire y enfriadores de aceite de la caja de engranajes. Cada lóbulo hace la entrega de dos paquetes por una revolución. Se pueden acoplar dos máquinas en serie para lograr un arreglo de dos etapas seccionando sus dimensiones adecuadamente.

Figura 39. **Compresor de lóbulos rectos**



Fuente: quiminet.com.

Compresores de lóbulos helicoidales o en espiral: la presión del aire se logra atrapándolo entre dos rotores o tornillos, uno macho o principal con cuatro lóbulos salientes en espiral y otro hembra con seis ranuras donde engranan los del eje principal, también en espiral. El aire se comprime progresivamente y avanza en sentido axial desde la succión a la descarga. El ciclo de compresión es como en los compresores de paletas deslizantes.

2.1.5. Enfriador (*Chiller*)

El *Chiller* es un equipo auxiliar, que cumple una función de gran importancia en la industria del plástico, su aplicación es básica para las máquinas inyectoras como para sopladoras, ya que mantiene el agua de enfriamiento del molde. Funciona manteniendo un circuito cerrado entre el *Chiller* y los respectivos circuitos de enfriamiento del molde, pudiendo bajar la temperatura si se desea debajo de cero grados.

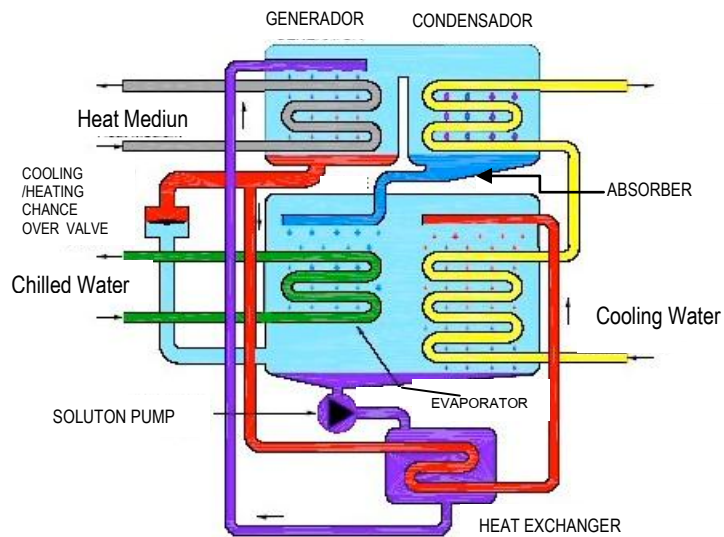
Figura 40. *Chiller* enfriado por agua



Fuente: Wittmann, Catálogo de equipos, p. técnica.

Su funcionamiento: utiliza un sistema de refrigeración mecánica, el agua de enfriamiento se hace re-circular dentro del sistema por medio de una bomba.

Figura 41. *Diagrama del chiller*



Fuente: cientificosaficionados.com.

Chiller centrales enfriadas por agua

- Compresores Copeland
- Ahorro de espacio en planta
- Circuito de refrigeración independiente opcional
- Medidores de presión llenados con aceite
- Punteo de gas caliente
- Panel eléctrico NEMA 3 y aprobado por UL

2.1.6. Torres de enfriamiento

Las torres de enfriamiento al igual que el *chiller*, son equipos periféricos para enfriamiento, como fluido refrigerante también utilizan agua, pero este fluido se utiliza para el enfriamiento de los sistemas hidráulicos, tanto de las máquinas inyectoras como sopladoras.

Figura 42. Torres de enfriamiento



Fuente: argenfrio.com.ar.

2.2. Tubería para aire comprimido y agua

En las plantas industriales en las cuales hay que transferir fluidos de un lugar a otro, se ha encontrado que la aplicación correcta de las tuberías es de suma importancia. El criterio de la forma de diseñar la tubería, el conocimiento de las funciones de la planta, el tener la capacidad para modificar, así como para mejorar la eficiencia de las operaciones y la optimización de los costos es vital.

Consideraciones fundamentales: esforzarse por lograr una instalación mecánica libre de problemas y una destreza para un buen montaje práctico de tubería; consta de varios elementos y tanto el diseñador como el instalador se deben al mantenimiento.

La selección del tamaño adecuado o particular de los tubos, dependerá de un equilibrio entre el costo de los materiales, el consumo de energía y el mantenimiento futuro. Por lo tanto, al seleccionar los tamaños de tubos se debe tomar en cuenta; la eficiencia de la instalación de acuerdo a las presiones requeridas en la maquinaria de producción así como las requeridas en los equipos periféricos.

Esfuerzos de flexión: los esfuerzos de flexión se producen en las instalaciones mecánicas de tuberías, a causa de las cargas resultantes de la dilatación térmica y/o del peso mismo del tubo.

Flexión de los tubos: también se debe tener en cuenta la flexión de los tubos entre los soportes, que suele ser el factor determinante del espacio entre los soportes. Las flexiones en las tuberías horizontales se deben mantener entre 2.5mm y 12.5mm en su punto medio. Se deben proveer soportes adicionales en lugares de carga como válvulas, bridas, accesorios o cambios de dirección.

2.2.1. Tuberías y accesorios metálicos

La tubería, así como los tubos de pared delgada, son los materiales de uso más común en la actualidad. Y la aplicación principal es la conducción de líquidos, gases, aire y pastas aguadas.

En los pedidos de tubos, además de especificar las designaciones de peso estándar y/o el espesor de pared, se incluyen las especificaciones publicadas por *ASTM*, *API*, *WWP*, *AWWA* O *ANSI* en las cuales se establecen las normas mínimas requeridas para el producto. El tubo normal (estándar), suele estar incluido en las especificaciones publicadas por *ASTM*.

Las clasificaciones de los tubos son de peso normal (estándar), extrafuerte (*XS*) y doble extrafuerte (*XXS*). En tubos de tamaños nominales de 1/8" a 10", los espesores de la cedula 40 *ANSI* son idénticos a los del tubo de peso normal.

La cédula 80 (1/8" a 8" nominales) es idéntica al tubo extrafuerte y la de cédula 160 recae entre extrafuerte y doble extrafuerte.

Los tubos de peso normal (estándar) se utilizan para gas o plomería en general a baja presión. El tubo extrafuerte, con su pared más gruesa, es para aplicaciones de presiones medianas y el tubo doble extrafuerte es para aplicaciones de alta presión.

Conexiones y acoplamientos: estos accesorios están disponibles como codos de 45° y de 90°, té, reductores, uniones, crucetas, ramales en "Y", acoplamientos y tapones que pueden ser lisos o roscados.

Los materiales utilizados en la fabricación de estos accesorios son; acero forjado, acero fundido, acero galvanizado, hierro maleable y latón.

2.2.2. Tubos de plástico

Además de otras características reconocidas como son la facilidad para trabajarlos, la duración y la economía, los tubos de plástico han tenido una amplia aceptación en gran número de aplicaciones por una serie de razones prácticas, aparte de su resistencia a los productos químicos.

Sus propiedades: tienen resistencia física, rigidez menor y son más sensibles a las temperaturas. Poseen suficientes propiedades esenciales para satisfacer los requisitos de rendimiento en la mayor parte de las aplicaciones industriales. Asimismo, tienen una relación resistencia-peso excelente, son durables, prácticos de instalar y mantener.

2.3. Montaje mecánico

El montaje incorrecto de una máquina, puede hacer que la máquina camine, porque casi todo el movimiento es en el plano horizontal.

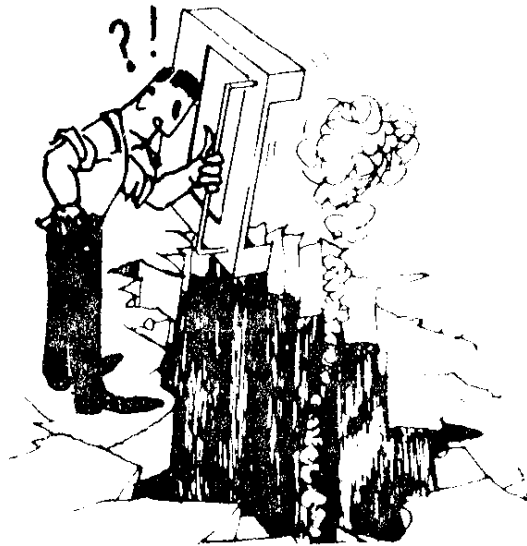
Figura 43. Montaje incorrecto horizontal



Fuente: *International division package machinery company.*

El montaje deficiente de una máquina, puede también dar por resultado un esfuerzo excesivo sobre el piso.

Figura 44 **Montaje incorrecto vertical**



Fuente: *International division package machinery company.*

Cargas que actúan sobre un cimiento

En toda cimentación de máquinas se ha de realizar un detenido estudio de la misma en relación con el terreno en la cual se ha de asentar y de las cargas que ha de soportar; teniendo que tomar en consideración el efecto que pueden producir las cargas sobre el cimiento. Por lo tanto, las cargas impuestas en una cimentación de máquinas son las cargas estáticas, que constituyen la carga permanente que hay que calcular en toda cimentación, a saber; como el peso propio del cimiento, el peso de las máquinas sin funcionar, los esfuerzos dinámicos que pueden ser regulares e irregulares, el esfuerzo de montacargas y grúas con que se instalarán y se montarán las máquinas y equipos.

Todas las cargas dinámicas resultantes de las anteriores consideraciones se sustituyen por una sobrecarga estática ideal que nos proporcione sobre el cimiento tensiones equivalentes a los esfuerzos dinámicos de las máquinas; para esta apreciación usamos un coeficiente de vibración. Esta sobrecarga se aumenta para tener cubierto los momentos de distinto signo que se producen al alternar las fuerzas y este aumento es el que determina su multiplicación por coeficiente de fatiga.

La distribución de cargas estáticas impuestas por la máquina sobre la superficie de la cimentación y el carácter de las cargas, la magnitud y punto de aplicación de las cargas dinámicas que se desarrollan durante el proceso de operación de la máquina; es información que el fabricante o constructor de la maquina debe proporcionar al diseñador de la cimentación.

Para maquinas diesel, la carga total es tal que la presión reducida en la superficie superior de la cimentación usualmente no exceda de 3 a 5 kg/cm².

Para máquinas de pistón horizontal este valor es aún más pequeño. En cualquiera de los casos, los valores permisibles de concreto y mampostería son considerablemente más grandes.

Dependiendo de las cargas impuestas por las máquinas a la cimentación, se usará un tipo de concreto adecuado. Existen varios tipos de concreto, tales como: 100, 110, 175, 210, 280 y 350.

El concreto 210 (210 kg/cm²) tiene una relación de volumen 1-2-3 (una de cemento, dos de arena y tres de agregado grueso) con 29 litros de agua por cada saco de cemento de 50 kg. Este es el compuesto que se usa generalmente para cimientos de máquinas.

Montaje de la máquina (pasos)

- Elevar la máquina con el equipo apropiado, elevada la máquina montar en cada agujero de la base los soportes de nivelación (los cuales son también amortiguadores);
- En los espárragos o tornillo que constituyen parte del *Kit* de los soportes, dejar una luz prudencial que permita guardar la misma distancia longitudinal en los espárragos o tornillos, con objeto de que la nivelación sea sencilla. Ver las figuras 45, 46 y 47.

Figura 45. **Sopladora sin soportes de amortiguación**



Fuente: elaboración propia.

Figura 46. **Soporte amortiguador manual (Inyectora)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 47. **Soporte amortiguador simple (inyectora)**



Fuente: elaboración propia.

- Bajar la máquina
- Ubicarla en el área seleccionada
- Asentar la máquina con exactitud
- Proceder a nivelar la máquina de la siguiente forma;
 - Primero nivelar longitudinalmente y
 - Segundo nivelar transversalmente

La nivelación correcta de la máquina es indispensable para reducir al mínimo el desgaste de los pasadores, cojinetes, guías y también para eliminar la desalineación entre las placas porta-matrices.

- Hacer las conexiones de las instalaciones mecánicas de agua, aire y de las instalaciones eléctricas
- Montar el equipo periférico que trae la máquina y conectarlo según las instrucciones del fabricante

3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

3.1. Tipos de alimentación y tensión eléctrica

Acometida: conjunto de conductores y componentes utilizados para transportar la energía eléctrica, desde las líneas de distribución del proveedor de energía eléctrica, a la instalación eléctrica de la fábrica o inmueble.

Cables de servicio: son los cables que vienen desde el poste del proveedor de servicio a la caja del contador.

Capacidad de conducción de conductores: se refiere a la capacidad máxima de conducción de los conductores eléctricos, expresada en amperios.

Canalización: son los canales, parrillas, ductos o tubos por donde se hacen pasar los conductores, con el fin de protegerlos mecánicamente y evitar el contacto con personal no calificado con los mismos. Los canales pueden ser:

- Tubos tipo conduit y sus accesorios
- Canaletas de lámina y respectivos accesorios
- Canales subterráneos con revestimiento de concreto
- Parrillas metálicas aéreas
- Cunetas subterráneas con parrillas metálicas y tapas de concreto

Carga instalada: es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que se conectará.

Instalación eléctrica: accesorios que son instalados en una fábrica o inmueble. Incluye; contador, juego de paneles, interruptores, equipo eléctrico y el cableado de distribución de energía eléctrica para el funcionamiento adecuado de la maquinaria, equipos e iluminación de dicha fábrica.

Interruptor automático: dispositivo automático diseñado para abrir un circuito automáticamente cuando la corriente en amperios llega a un nivel determinado.

Transformador: es una máquina eléctrica que se utiliza para elevar o reducir las tensiones eléctricas o para hacer variar algunas de las características de las corrientes alternas. Un transformador trifásico consta de tres núcleos, tres arrollamientos primarios y tres secundarios que pueden ser acoplados en estrella o en delta.

3.1.1. Alimentación eléctrica aérea

Se utiliza cuando el banco de transformadores está montado en un poste o en una parte alta y existen obstáculos entre dicho banco, el poste y el inmueble (interruptor principal), o si este último presenta obstáculos en particular por su ubicación catastral o de diseño por características propias de forma.

3.1.2. Alimentación eléctrica subterránea

Si el calibre del cable requerido entre el banco y el interruptor, necesita más capacidad de conducción que el calibre 4/0 y según la norma dice; montar dos ductos de 4" con curvas de 4", un conducto se utilizará para pasar los cables y el otro para una emergencia futura. De modo que uno quede a la altura, de 18" abajo del secundario.

3.1.3. Voltaje nominal

Es el valor asignado a la magnitud de la tensión de un sistema con el fin de clasificarlo. Por ejemplo: 120/240, 240/480, voltios, etc. El voltaje medido podrá variar del valor nominal en un rango que permita la operación satisfactoria del equipo.

3.2. Distribución secundaria

Un transformador ordinario consta de un núcleo de hierro dulce sobre el cual se devanan dos conductores: uno el primario, por el cual pasa la corriente que se ha de transformar y dos el secundario, en el cual es engendrada la corriente transformada.

La distribución secundaria da inicio en el conectado de los cables, en los bornes de la salida del transformador, dichos bornes proporcionan un voltaje secundario inferior al voltaje primario (voltaje de entrada), de los cables al interruptor principal de la fábrica o inmueble, y de este principal a un interruptor primario del panel de distribución, en dicho panel están montados los interruptores de cada alimentación correspondiente a cada máquina, equipo, sistemas de iluminación, entre otros.

3.3. Requerimiento eléctrico de la maquinaria

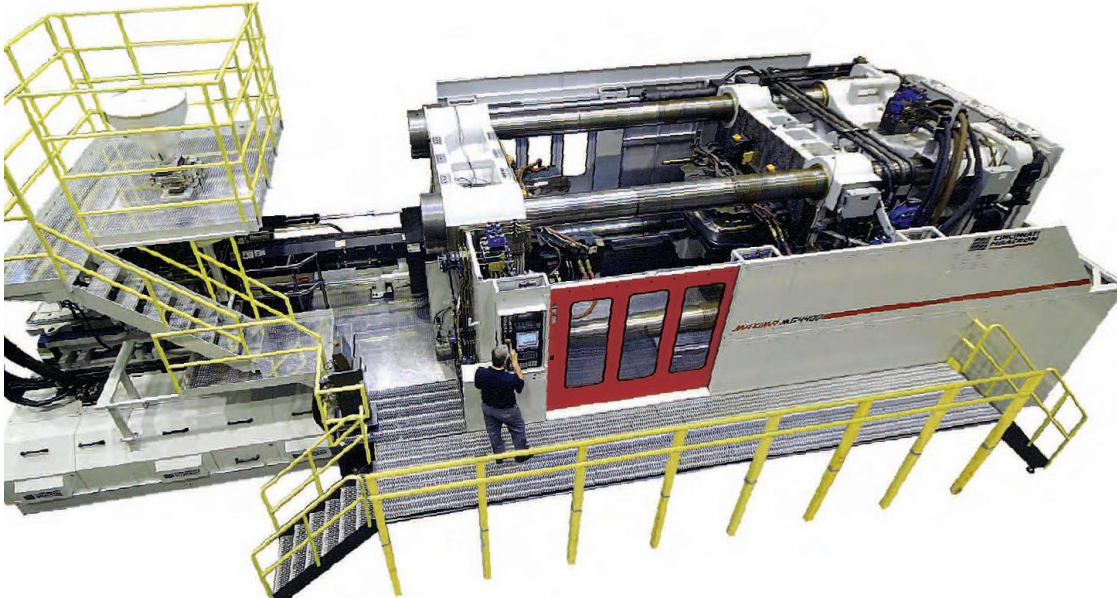
La maquinaria industrial desde el punto de vista es compleja, por esa razón debe estudiarse detenidamente los requerimientos de la potencia eléctrica en cada máquina. Por ejemplo tratándose de una máquina inyectora, regularmente llega acompañada de equipo periférico de servicio, entonces se han de tomar en consideración todas las cargas eléctricas de servicio, para elaborar un cuadro de cargas, y finalmente obtener los requerimientos eléctricos totales de la máquina. Para ejemplificar está parte ver la inyectora Cincinnati Milacron Máxima **MG1800** en las figuras 48 y 49.

Figura 48. **Inyectora MG 1800**



Fuente: CINCINNATI MILACRON, Catalogo de maquinaria, p. técnica.

Figura 49. **Vista del mecanismo porta moldes**



Fuente: CINCINNATI MILACRON, Catalogo de maquinaria, p . técnica.

En la tabla IV en la 1ª fila hay varias series del mismo modelo de máquina, ver la Modelo 10100, en la 3ª columna, para obtener informacion y calcular la corriente.

Tabla IV. Hoja técnica de inyectora

MAXIMA MG 1800

Injection Unit	ENGLISH	10100	16000	23000
Injection capacity max ¹⁾	oz	179	231	288
displacement volume	in ³	326	421	524
injection pressure max	psi	27,500	21,300	27,500
injection rate (theoretical)	in ³ /sec	54	70	88
screw stroke	in	22.1	22.1	27.6
screw diameter	in	4.33	4.92	4.92
screw L/D ratio	L/D	22.7 ²⁾	20.0 ²⁾	22.4 ²⁾
low torque screw speed max	rpm	184	162	4)
low torque at screw	in-lb	79,500	79,500	4)
at pressure	psi	2500	4)	4)
low torque recovery rate ³⁾	oz/sec	6.5	8.2	4)
high torque screw speed max	rpm	128	128	116
high torque at screw	in-lb	123,300	123,300	169,800
at pressure	psi	2500	2500	2500
high torque recovery rate ³⁾	oz/sec	4.5	6.5	5.9
number of heating zones	qty	4/1	4/1	4/1
total heat capacity	kW	61	65	91
nozzle holding force	tons	12	12	12
unit stroke	in	38.2	38.2	38.2
injection power (calculated)	hp	225	283	292
Clamping Unit				
clamping force	tons	1820	1820	1820
opening force	tons	92	92	92
mold opening stroke	in	104.3	104.3	104.3
clamp speed	in/sec	30	30	30
max daylight with ejector system	in	129.9	129.9	129.9
max daylight without ejector system, with optional traverse cylinder location	in	155.4	155.4	155.4
min/max mold thickness with ejector system	in	25.6 / 70.9	25.6 / 70.9	25.6 / 70.9
min/max mold thickness w/o ejector system	in	25.6 / 96.4	25.6 / 96.4	25.6 / 96.4
min/max mold thickness w/o ejector system, with optional traverse cylinder location	in	51.1 / 96.4	51.1 / 96.4	51.1 / 96.4
maximum mold weight	lbs	78,925	78,925	78,925
platen size (h x v)	in	94.5 x 77.5	94.5 x 77.5	94.5 x 77.5
distance between tie rods (h x v)	in	72.2 x 55.3	72.2 x 55.3	72.2 x 55.3
tie rod diameter	in	10.8	10.8	10.8
eject stroke max	in	11.8	11.8	11.8
eject force @150 bar (2190 psi)	tons	33.7	33.7	33.7
mold locating ring inside diameter	in	5.0	5.0	5.0
General Data				
length overall	in	501.7	528.3	545.1
width overall	in	164.5	164.5	164.5
height overall	in	131.3	131.3	131.3
net weight (without oil)	lbs	221,430	238,430	246,330
hydraulic system pressure max	psi	2600	2600	2600
pump capacity @ 100 psi (7 bar)	gpm	245	245	245
electric motor	hp	210	210	210
total oil reservoir capacity	gal	618	618	618
water requirements	heat			
exchanger @85° F (29° C)	gpm	45	45	45

1) Conversion factor 0.95 g/cc based on polystyrene

2) L/D calculation includes feedthroat width

3) Calculated, based on polystyrene

4) Does not apply to this model



Fuente: CINCINNATI MILACRON, Catálogo de maquinaria, p. características.

NOTA: ver en el anexo hoja técnica de una máquina sopladora.

Ahora tomar los datos de las potencias que aparecen en la tercera columna, debajo del modelo 10100:

Capacidad total de calentadores = 61 KW.

Capacidad del motor eléctrico = 210 HP.

Con estos datos calcular la potencia total instalada (PTI)

- Convertir los HP. a KW.

Aplicar formulas: para 3 fases del motor según la tabla V

- $I = (HP \times 746) \div (1.73 \times E \times \%Ef. \times FP)$
 $I = (210 \times 746) \div (1.73 \times 460V \times 1 \times .95) = 207.22$ amperios
- $KW = (I \times E \times 1.73 \times FP) \div 1000$
 $KW = 156.66$

- $PTI = \sum$ de las potencias = 61KW + 156KW = 217KW

Aplicar la fórmula de la tabla V para encontrar la corriente:

- $I = (KW \times 1000) \div (1.73 \times E \times FP)$

 $I = 287$ amperios

Tabla V. Fórmulas eléctricas

PARA ENCONTRAR	CORRIENTE DIRECTA	CORRIENTE ALTERNA	
		1Ø	3Ø
AMPERIOS CUANDO SE SABE EL CABALLAJE	$\frac{H.P. \times 746}{E \times \% Ef.}$	$\frac{H.P. \times 746}{E \times \% Ef. \times FP.}$	$\frac{H.P. \times 746}{1.73 \times E \times \% Ef. \times FP.}$
AMPERIOS CUANDO SE SABE LOS KW	$\frac{KW \times 1000}{E}$	$\frac{KW \times 1000}{E \times FP.}$	$\frac{KW \times 1000}{1.73 \times E \times FP.}$
CABALLAJE (SALIDA)	$\frac{I \times E \times \% Ef.}{746}$	$\frac{I \times E \times \% Ef.}{746}$	$\frac{I \times E \times \% Ef.}{746}$
KW	$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times FP.}{1000}$	$\frac{I \times E \times 1,73 \times FP.}{1000}$
KVA	I = Amperios FP.= Factor de Potencia Kva = Kilovoltio Amp. E = Voltios KW = Kilovatios Hp = caballoje %Ef.= Eficiencia	$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E}{1000}$
AMPERIOS CUANDO SE SABE LOS KVA		$\frac{KVA \times 1000}{E}$	$\frac{KVA \times 1000}{1.73 \times E}$

Fuente: EEGG, Normas para acometidas eléctricas, p. 114.

Cargas monofásicas, calibre del conductor de cobre requerido para cargas en 230 v. con un 2% de caída de voltaje

Tabla VI. Cargas monofásicas

Carga Vatios	Carga Amp.	Longitud del conductor en metros															
		15	18	21	24	27	30	38	46	53	61	68	76	83	91	106	122
1150	5	14	14	14	14	14	14	14	14	12	12	12	12	10	10	10	10
1380	6	14	14	14	14	14	14	14	12	12	12	12	10	10	10	10	8
1610	7	14	14	14	14	14	14	12	12	12	12	10	10	10	10	8	8
1840	8	14	14	14	14	14	14	12	12	12	10	10	10	10	8	8	8
2075	9	14	14	14	14	14	14	12	12	10	10	10	10	8	8	8	8
2300	10	14	14	14	14	14	12	12	10	10	10	10	8	8	8	8	6
2760	12	14	14	14	14	12	12	10	10	10	8	8	8	8	6	6	6
3220	14	14	14	12	12	12	12	10	10	8	8	8	8	6	6	6	6
3680	16	12	12	12	12	12	10	10	8	8	8	6	6	6	6	6	4
4140	18	12	12	12	12	10	10	10	8	8	6	6	6	6	6	4	4
4600	20	12	12	12	10	10	10	8	8	8	6	6	6	6	4	4	4
5750	25	10	10	10	10	10	8	8	6	6	6	6	4	4	4	4	2
8050	35	10	10	8	8	8	8	6	6	4	4	4	4	2	2	2	2
9200	40	10	8	8	8	6	6	6	4	4	4	4	2	2	2	2	1
10350	45	8	8	8	8	6	6	6	4	4	4	2	2	2	2	1	1
11500	50	8	8	8	6	6	6	4	4	4	2	2	2	2	1	1	0
13800	60	6	6	6	6	6	4	4	2	2	2	2	1	1	1	0	00
16100	70	6	6	6	6	4	4	4	2	2	2	1	1	0	0	00	00
18400	80	4	4	4	4	4	4	2	2	2	1	1	0	0	00	000	000
20750	90	4	4	4	4	4	4	2	2	1	1	0	0	00	00	000	000
23000	100	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	00	00	00	000	000	4/0
26460	115	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	00	00	00	000	4/0	4/0

Fuente: EEGG, Normas para acometidas eléctricas, p. 115.

3.4. Sistema de protección eléctrica de la maquinaria

Con el amperaje calculado en el inciso anterior, se procede a buscar en el mercado un interruptor que proteja de cualquier fenómeno eléctrico que pueda ocasionar daño a la máquina, que tenga una capacidad mínima de 300 amp. y de 460V. Este interruptor se montará en el panel eléctrico de la máquina, siempre que ésta no traiga su propio interruptor de protección.

Para calcular los cables conductores, asumir una distancia de 10m, entre el panel eléctrico de la máquina y el panel de distribución de planta. Con un 2% de caída de voltaje según la tabla VI.

Utilizar cinco conductores (un cable para tierra física, otro para neutro y tres para líneas vivas) de calibre 3/0, de una sección de 85.03 mm², con una capacidad de 310amp al aire y una capacidad en tubería de 200 amp. cada uno. Según tabla VII

Como la longitud del cable no es significativa usar un interruptor de la misma capacidad que la máquina, de 300 amp. el mismo voltaje para protección de los conductores y se montará en el panel de distribución.

Si se utiliza tubería para los conductores, ésta deberá ser 1.5 veces el diámetro exterior del cable. Y se tendrá que usar para este caso en particular un conductor de calibre 350 MCM, el cual tiene una capacidad en tubería de 310 Amp.

Nota: si la máquina trae equipos electrónicos, construir un pozo de tierra física y conectar la máquina a dicha tierra. Tomar en cuenta el tipo de servicio eléctrico que le proporciona el proveedor de electricidad a la empresa, porque de ello depende la vida útil del equipo electrónico de la máquina y de la planta.

Tabla VII. **SIEMENS** conductores THW

CALIBRE	SECCIÓN	CAPACIDAD	CAPACIDAD	TUBERÍA
AWG ó MCM	mm²	Al aire. Amp.	En tubería Amp.	Pulgadas
14	2.08	20	15	½
12	3.31	25	20	¾
10	5.26	40	30	¾
8	8.37	65	45	1
6	13.30	95	65	1¼
4	21.15	125	85	1½
2	33.63	170	115	2
1/0	53.48	230	150	2
2/0	67.43	265	175	2½
3/0	85.03	310	200	2½
4/0	107.20	360	230	3
250	126.64	405	255	3
350	177.35	505	310	4
500	253.35	620	380	4
750	380.00	785	475	5
1000	506.11	935	545	5

Fuente: SIEMENS

3.5. **Materiales requeridos para la instalación eléctrica**

- Dos interruptores de 300A / 460V
- 50m de cable calibre 3/0
- Cinchos plásticos 12" (para sujetar los cables a la parrilla)
- Tubos conduit galvanizados de 2½" de diámetro
- Coplas conduit galvanizadas
- Curvas de 90° conduit galvanizadas de 2½" de diámetro
- Bushing metálicos de 2½" de diámetro
- Contratueras metálicas de 2½" de diámetro
- Cajas condulets tipo fondo LB de 2½"
- Abrazaderas Omega para uso pesado, para tubo de 2½"

4. PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE INSTALACIÓN

4.1. Planeación

Figura 50. **Planeación**



Fuente: inza-cauca.gov.com.

Existen muchas formas de conceptualizar el criterio de planeación, uno de los autores (T. Goetz) la describe como: “Hacer que ocurran cosas que de otro modo no ocurrirían”.

La planeación es el proceso de establecer metas y elegir los medios para alcanzar dichas metas

La planeación fija con precisión las cosas o actividades que deben hacerse o ejecutarse, a la vez que se define de forma concreta los cursos de acción, según los principios que habrán de orientar la secuencia de las operaciones, así también el tiempo en que habrá de ejecutarse las acciones tomadas.

La planificación en si misma puede dividirse en diferentes factores o actividades del proceso, que permiten una clarificación de las actividades a desarrollar, principalmente cuando de lo que se está hablando es de proyectos de ingeniería como el de instalación de maquinaria y equipo, estos factores a saber son: objetivos, procedimientos, programas y técnicas

4.1.1. Objetivos

Estos son los resultados finales que queremos alcanzar, son los deseados y es nuestro fin. Estos deben ser expresados de forma clara, por escrito y que todos los involucrados en el proyecto puedan leer con legibilidad, así como interpretar y entender con mucha claridad. En el caso de este proyecto de instalación y montaje, uno de esos objetivos podría ser, “lograr la instalación y montaje dentro de los límites de tiempo previamente establecidos”.

4.1.2. Procedimiento

Dentro de las actividades del montaje de maquinaria y equipo, no cabe ninguna operación o actividad que no tenga perfectamente definido un procedimiento, ya que por ser actividades concatenadas, una sucede a la siguiente y deben entrelazarse de forma perfecta. Derivado de ello se define el procedimiento como la serie de actividades que se encuentran perfectamente correlacionadas, interrelacionadas cronológicamente y que constituyen la forma en que puede ser ejecutado un trabajo, para los efectos estos procedimientos deben constituirse como un manual para acceso a todas las personas involucradas en el proyecto. Por ejemplo cabe mencionar, el procedimiento de las instalaciones mecánicas: para drenaje, alimentación de agua, aire comprimido y alimentación eléctrica.

4.1.3. Programa

La programación de las actividades es parte sumamente importante y se podría definir como listas gráficas, generales o específicas que indican en términos también generales o específicos las actividades a realizar en un periodo de tiempo, con el fin de que sean alcanzados los objetivos planteados tanto a corto o mediano plazo.

En el caso de la instalación y montaje de maquinaria, se haría un listado gráfico de todas las actividades a realizar, independientemente si son mecánicas, eléctricas o de otra naturaleza.

4.1.4. Técnicas

Dado que la planificación es una parte esencial de las actividades de un proyecto de esta naturaleza, hoy día se han desarrollado una serie de técnicas que facilitan la planificación y la graficación de todas las actividades a ser desarrolladas.

Dentro de estas técnicas están las siguientes

- Manuales
- Diagramas de Flujo
- Graficas de Gantt
- CPM-PERT

4.2. Organización

Es el proceso de estructurar el trabajo que los individuos o grupos deban ejecutar con los elementos necesarios. (Sheldon)

Una vez que se tengan claros todos los factores de la planeación, ahora toca organizar todas esas actividades, las cuales se han de convertir en acciones concretas en el momento de la ejecución.

Podemos decir entonces que la organización, sería el arreglo de las funciones que se reconocen necesarias, a la vez que se brinda una indicación de la autoridad y de la responsabilidad que se les asigna a las personas que tendrán a su cargo la ejecución de funciones específicas dentro del proyecto.

Para poder ampliar un poco más lo expuesto se recurre a un concepto general de lo que es la organización. Se define como la acción y resultado de organizar u organizarse.

Por todo lo anterior, se observa que se está ante la organización de las personas que participaran en el proyecto; de sus acciones, de sus funciones y de sus actividades específicas.

La organización también está compuesta de diferentes factores, como se describe a continuación.

4.2.1. Puestos de trabajo

La definición de cada puesto de trabajo es prácticamente una estrategia para alcanzar los objetivos deseados. El puesto define una posición con una actividad previamente determinada, la que a su vez nos definirá una posición dentro de la organización. Esta actividad es producto de un análisis específico y que también puede ser definido por los requerimientos del proyecto, generalmente se requiere de un análisis técnico en el que ha de destacarse la experiencia, la destreza, el grado de esfuerzo tanto físico como mental.

De la adecuada identificación de los puestos de trabajo y de los perfiles que se asignen depende en gran manera el éxito del proyecto.

Dentro de los puestos más comunes que se podrían encontrar en un proyecto como el que se plantea en este trabajo, tenemos: mecánicos, electricistas, electrónicos, ayudantes, especialistas, ingenieros, etc.

4.2.2. Personas

Una vez que se tenga perfectamente definido el puesto, con sus requerimientos técnicos y humanos, se pasar a la etapa de selección de aquellas personas que habrán de formar parte del proyecto, debiéndose recordar que la persona no debe adecuarse al puesto, sino a la inversa. Dependiendo del tipo de organización de empresa que se tenga, también puede dar el caso de contratar personal externo o temporal, y de la misma manera que se ha hecho con el personal interno, ha de seleccionarse aquel personal que reúne las características técnicas y personales para cada puesto de trabajo.

4.2.3. Autoridad y responsabilidad

La autoridad y la responsabilidad son dos factores esenciales que facilitan las labores de las personas que hemos seleccionado para cada puesto. Cada puesto va acompañado de una cuota significativa de autoridad delegada indudablemente, esta delegación solamente puede estar completa, cuando a esta persona también se le exige un alto grado de responsabilidad. En este punto se debe tomar en consideración que autoridad no significa fuerza, la autoridad en todo caso es el elemento indispensable para aquellos puestos donde la persona designada ha de tener personal bajo su mando. No olvidar que también existen otros tipos de autoridad como la técnica y la experiencia, y es en fundamento a éstas que la persona puede ocupar una posición de forma integral.

En el caso de los proyectos de instalación y montaje, es fundamental una autoridad y una responsabilidad perfectamente demarcadas, ya que de no darse, puede que los objetivos no sean alcanzados, debido a los problemas que pueden derivarse de una falta de autoridad y responsabilidad de parte del personal técnico.

4.3. Ejecución

Para llevar a cabo físicamente las actividades que resulten de los pasos de planeación y organización, es necesario que el gerente tome medidas que inicien y continúen las acciones requeridas para que los miembros del grupo ejecuten la tarea. Entre las medidas comunes utilizadas por el gerente para poner el grupo en acción está dirigir, desarrollar a los gerentes, instruir, ayudar a los miembros a mejorarse lo mismo que su trabajo mediante su propia creatividad y la compensación a esto se le llama ejecución.

La ejecución es la parte más dinámica de todo el proyecto, significa poner manos a la obra, esta es una acción integral, no solo los operarios, ayudantes, técnicos, ingenieros deben actuar, también las gerencias, supervisores etc.

La ejecución es una actividad principalmente de personas, y por lo tanto la correcta ejecución de todas las actividades del proyecto, solamente depende de él. Por esta importante razón en el control de la administración de un proyecto es trascendente considerar factores inherentes y que mantendrán un clima adecuado a lo largo de la ejecución del proyecto. Entre las actividades importantes de la ejecución están.

- Comunicación
- Dirección
- Coordinación

4.3.1. Comunicación

Existen una buena diversidad de canales de comunicación, la finalidad última de todos ellos es mantener un flujo continuo y retroalimentado de información, esta ha de facilitar las labores de todos los involucrados en el proyecto, todo el personal ha de conocer a fondo las operaciones que se están realizando y la comunicación con todos los mandos es esencial a fin de poder solucionar cualquier hito que pudiera presentarse a lo largo del proyecto.

Para el efecto, la comunicación ha de ser clara, concreta, en ambas direcciones, puede ser de forma escrita y verbal, pero teniendo sumo cuidado en ir generando una base de datos que permita una retroalimentación en tiempo real y que además se constituya en un historial.

4.3.2. Dirección y coordinación

La dirección y coordinación de las actividades de un proyecto son de suma importancia, dado que dirigir significa servir de guía, incluso de modelo para las actividades que se están realizando, la coordinación no solo se refiere a las actividades dentro del proyecto, sino también a la coordinación de todos los departamentos, personas o empresas externas al mismo tiempo. Producto de una dirección y una coordinación eficiente se podrán obtener proyectos exitosos.

4.4. Control

Siempre es conveniente comprobar, dar seguimiento o vigilar lo que se está haciendo para asegurar que el trabajo está progresando en forma satisfactoria hacia el objetivo predeterminado.

La comprobación y verificación constante conlleva a una retroalimentación que ha de facilitar el monitoreo del avance del proyecto, el control es dinámico y nace desde el mismo inicio del plan, en este punto todas las técnicas mencionadas anteriormente sirven como guía clara para definir si los objetivos del proyecto están siendo alcanzados.

4.4.1. Medición y comparación de resultados

Con frecuencia se debe medir el tiempo y comparar los resultados obtenidos desde el primer día de inicio de los trabajos del proyecto y así también comparar con la agenda programada para cada día, para cada semana y verificar si los resultados están en el tiempo proyectado.

4.4.2. Análisis y corrección

El análisis se lleva a cabo con el tiempo, la calidad, la precisión y la ejecución de los trabajos, así como la verificación de los mismos de acuerdo al proyecto y los requerimientos de los manuales de cada máquina y equipo.

La corrección se ejecuta inmediatamente al darse cuenta que se está faltando a: el tiempo estipulado, la calidad y la precisión. Así también tomar en cuenta todos aquellos parámetros que nos informan que se está cometiendo errores en contra de; instalaciones, montajes, así como de la maquinaria y equipos del proyecto.

5. MANTENIMIENTO GENERAL, MAQUINARIA E INSTALACIONES

5.1. Conceptos de mantenimiento

El mantenimiento es una actividad profesional dedicada a la conservación de equipos y maquinarias de producción, para asegurar que éstos se encuentren constantemente y por el mayor tiempo posible, en óptimas condiciones de confiabilidad y de operación.

Si, se habla de mantenimiento de equipos y maquinaria, se está introduciendo en una rama de la Ingeniería que ha tenido una evolución constante. Para los efectos de este trabajo de graduación, el enfoque será en cuanto a su relación con cualquier proyecto de instalación y montaje, dado que se dan dentro del ámbito de acción del Departamento de Mantenimiento. Para poder alcanzar este objetivo se plantean una serie de conceptos generales que permitan el acercamiento posterior al proyecto, a las actividades del mantenimiento específico del equipo o maquinaria que ha sido instalado.

Instalación de equipo y maquinaria

Se puede considerar a la instalación de equipo y maquinaria como un conjunto de técnicas de Ingeniería que nos permite, localizar, ubicar y facilitar el funcionamiento según diseño de equipo y maquinaria. Es importante hacer mención en este punto, que ese conjunto de técnicas de Ingeniería son esenciales, que todo el personal involucrado en el proyecto debe conocerlas y lo que es más importante, ponerlas en práctica. En este sentido podríamos poner como ejemplo: la tecnología moderna de anclaje de maquinaria, con todo lo que ello conlleva, desde diseño del perno hasta maquinaria de instalación.

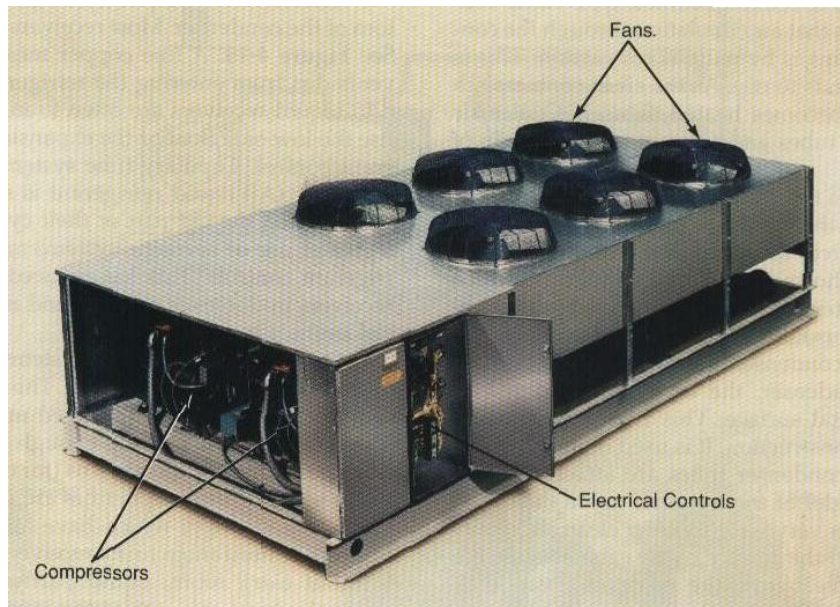
Maquinaria

La maquinaria será entonces un conjunto de máquinas o una máquina individual mediante las cuales se puede fabricar un determinado producto y pueden observarse fácilmente porque siempre se encuentran dentro de la línea de fabricación. Como ejemplo de maquinaria podríamos precisamente citar a una máquina inyectora y una máquina sopladora, si fuera el caso de la industria del plástico.

Equipo

Los equipos son máquinas auxiliares y que generalmente prestan un servicio a todo el proceso productivo, se les conoce también como equipos periféricos, pueden distinguirse muy fácilmente, ya que generalmente se encuentran fuera de las líneas de fabricación, en la periferia de las plantas. Un ejemplo de equipo podría ser una caldera, un compresor, un *Chiller*, etc.

Figura 51. **Chiller enfriado por aire**



Fuente: York, catálogo de ventas.

Departamento de mantenimiento

Para esta descripción, y a consecuencia de este tema en particular se utiliza el concepto de organización por departamentos por lo que el Departamento de Mantenimiento es el conjunto de recursos humanos y físicos, cada cual con funciones específicas que posibilitan a los quipos y máquinas que operen según su diseño.

En el ámbito de esta temática de instalación de equipo específico, el Departamento de Mantenimiento juega uno de los papeles más preponderantes, ya que generalmente es a través de su expertise que se ejecutan este tipo de proyectos, por tal razón el personal de mantenimiento se encuentra bien capacitado para responder a todos los requerimientos de un proyecto como el presentado en esta investigación.

Concepto de mantenimiento: serie de trabajos que se debe ejecutar en algún equipo o maquinaria, lugar u otro. A fin de conservar el servicio para el cual fueron diseñados.

Los conceptos de mantenimiento se han ido modificando significativamente en la medida que la tecnología y la informática han hecho su impacto en toda actividad de orden industrial. Por ello se considera el siguiente concepto.

Mantenimiento: es la unificación de todos los criterios de observación de los distintos departamentos que componen una empresa, respecto al mantenimiento, cuyo único fin es la generación de beneficios económicos a través de una utilización consiente y racional de todos los recursos, utilizando todas las técnicas y tecnologías disponibles a fin de mantener en servicio según diseño; los equipos y maquinaria.

Un Departamento de Mantenimiento tiene los siguientes objetivos generales.

- Mantener en servicio los equipos y maquinaria dentro del sistema productivo y conservar los equipos manteniendo sus especificaciones de fabricación.

Esto solamente son algunos ejemplos de lo que podría ser un objetivo general, cada empresa ha de definir con claridad el propio en función de su visión y misión.

Como objetivos específicos están:

- Instalación de equipo y maquinaria
- Conservación de edificios
- Conservación de instalaciones

De igual manera que en los objetivos específicos, aquí solamente son una muestra, ya que cada empresa ha de fijar los propios.

Una característica muy especial del mantenimiento es que debe ser planificado, siguiendo paso a paso los principios de la gestión de mantenimiento, haciendo uso de las técnicas modernas de control y programación. En todo Departamento de Mantenimiento debe existir un equipo físico y humano especializado, con funciones bien definidas, así también con características adecuadas a las necesidades del proceso productivo del que se esté haciendo cargo.

La calidad de las operaciones o actividades del mantenimiento debe prevalecer aún sobre las urgencias en el restablecimiento de los servicios, esto aumentará significativamente el grado de permanencia de los equipos y maquinaria en operaciones futuras. Toda actividad que se realiza dentro de un esquema de mantenimiento cualquiera sea el que se esté utilizando, deben elaborarse registros o bitácoras, que son las que con el tiempo se volverán información histórica de gran utilidad para el monitoreo del desempeño.

Causas de los tiempos de fuera de servicio

Dentro de las actividades totales del departamento de mantenimiento pueden existir una gran cantidad de causales de fuera de servicio, en general podemos decir que el equipo y la maquinaria en sí mismo puede ser una causa, esto puede ocurrir por las características mecánicas, eléctricas o electrónicas de operación propias de cada máquina y equipo, las que pueden ser de origen de diseño o por malas prácticas de mantenimiento.

Por otro lado se puede identificar el área misma de operación, la que puede constituirse en un ambiente agresivo para la propia maquinaria, aunque en este punto también habría que considerar las características de diseño inicial de los materiales y elementos de máquinas con el que se diseñó. Dentro de los elementos se puede catalogar como de agresivos están: el polvo, el aire, la temperatura, la humedad, etc.

Como toda técnica, el mantenimiento también puede dividirse en varios tipos; preventivo, correctivo y de avería, para los efectos de este trabajo de graduación, únicamente se describirá de forma directa el mantenimiento preventivo y de cómo un proyecto de instalación y montaje puede incidir en su posterior ejecución.

5.2. Mantenimiento preventivo de maquinaria e instalaciones

El mantenimiento preventivo es un paso intermedio en la evolución de alternativas respecto al mantenimiento; sin embargo ocupa un lugar preponderante, dado que es la base para todo tipo de mantenimiento.

Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas, equipos e instalaciones utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes.

De acuerdo al concepto del mantenimiento preventivo²⁴: serie de actividades necesarias a desarrollar en un tiempo determinado en algún equipo, maquinaria e instalación, con el objeto de que esa actividad no interrumpa el servicio para lo cual fue diseñado. Este es un concepto fundamental para el mantenimiento preventivo, está basado en la inspección y en la información del fabricante. El mantenimiento preventivo gira básicamente alrededor de varias actividades principales a saber:

- Visitas
- Revisiones
- Lubricación
- Limpieza

Visitas: son inspecciones visuales periódicas, que se efectúan en todas las áreas de la planta, tienen como objetivo hacer un chequeo de lo visible en los equipos, maquinaria, edificios etc. Esta actividad es parte de una rutina, planificada y controlada. Debe ser efectuada por las personas que ocupan cargos de dirección en el Departamento de Mantenimiento, aunque también puede asignarse a una persona determinada para que ejecute dicha rutina y elabore un informe.

La finalidad de las visitas es poder detectar riesgos potenciales en toda la planta y con esa indagación poder generar información para la planificación de las inmediatas o futuras actividades de mantenimiento.

Revisiones: un programa regular de mantenimiento e inspección de una planta requiere de revisiones e inspecciones periódicas. Esta es una oportunidad para que el ingeniero de planta revise todos los dispositivos de seguridad de la planta. Debe ponerse atención en las unidades que concierne directamente a la prevención de accidentes, como de averías e interrupciones de la producción no programadas.

²⁴ “Un enfoque analítico del mantenimiento industrial”. Ing. Douce Villanueva, Enrique.

El personal de ingeniería de la planta debe tener un conocimiento funcional de las normas de seguridad así como el desgaste y las roturas normales en el equipo. La inspección general de la planta debe incluir:

- Todas las construcciones, el equipo físico y periférico de la planta.
- Inspección de la maquinaria nueva antes de ser colocada para su operación.
- Inspección de las superficies de trabajo, de tránsito y de los medios de salida.
- Equipo especial como: plataformas energizadas, ascensores para el personal, plataformas de trabajo montadas sobre vehículos y elevadores grúas.
- Manejo de materiales y facilidades de almacenamiento.
- Maquinaria, cubiertas de la maquinaria y equipo eléctrico.
- Equipo de gas y aire comprimidos.
- Equipo especial como; recipientes de presión, acumuladores hidráulicos, tambores, hornos y equipo para soldar eléctricamente como oxiacetilénico.
- Herramientas de mano, portátiles energizadas y todo equipo manual.
- Control ambiental, controles de equipo, ventilación y contaminación, para sustancia tóxicas y peligrosas.

Debe establecerse métodos de inspección para todos los equipos, máquinas y procesos nuevos. Nada debe ser puesto en operación, hasta que se hayan verificado todas las precauciones y el ingeniero de planta haya evaluado su operación. Deben darse instrucciones para la operación segura a todos los trabajadores que tengan que ver con las máquinas.

Lubricación: un sistema eficaz de lubricación es cualquier sistema o dispositivo que dosifica el lubricante adecuado, en el punto adecuado, en la cantidad adecuada y en el tiempo adecuado. Los sistemas pueden variar, desde el lubricado manual hasta un sistema centralizado complejo. La escalada de costos y el desarrollo de maquinaria de precisión de alta velocidad hacen necesarios los cambios en las prácticas de lubricación en plantas.

Limpieza: la limpieza de los edificios es la consideración principal para reducir al mínimo el peligro de las caídas. Algunas reglas básicas en esta área son las siguientes:

- Todos los lugares de trabajo deben mantenerse limpios y ordenados. Los pisos deben mantenerse limpios y secos con la cantidad de agua adecuada.
- Todos los caminos, incluyendo los pasillos, las rampas y las escaleras, deben mantenerse libres de objetos y en buenas condiciones.
- Las operaciones de carga en los pisos deben mantenerse dentro de los límites prescritos.
- Todas las aberturas de los pisos y las paredes deben protegerse por medio de barandas estándar o tapas adecuadas.
- Las escaleras deben ajustarse a las normas aceptables.
- Debe haber un número suficiente de salidas y estar bien ubicadas, de manera que el edificio se pueda evacuar rápidamente en caso de emergencia.
- Todas las escaleras portátiles deben ajustarse a las normas y códigos aplicables, así también deben tener un mantenimiento adecuado.
- Las escaleras portátiles no deben tomar el lugar de los pisos con escalones.

- Los trabajadores deben seguir las prácticas adecuadas para el uso de las escaleras de mano con respecto a la colocación, el soporte, el ángulo entre la base horizontal y el plano vertical de soporte y su proximidad a otros peligros (por ejemplo a cables eléctricos).
- Los andamios, que son plataformas elevadas de trabajo, deben estar diseñados con un factor adecuado de seguridad y protección para los trabajadores.
- Los andamios deben estar protegidos por todos sus lados expuestos, deben tener buen mantenimiento y deben ser inspeccionados.
- No deben construirse andamios metálicos cerca de equipo eléctrico.

5.2.1. Guías de inspecciones diarias para máquinas de producción y equipos periféricos

5.2.1.1. Guía de inspección diaria para sopladoras

- Verificar presiones, temperaturas y fugas de aceite.
- Verificar el funcionamiento de las unidades de mantenimiento del aire.
- Verificar auditivamente fugas de aire.
- Verificar fugas de agua.
- Detectar tornillos o piezas flojas y ruidos anormales.
- Verificar que los pirómetros funcionen correctamente.
- Verificar que cada termo-copla este bien montada y en buen estado.
- Verificar que el molde esté perfectamente sujeto.
- Verificar el frenado de las cuchillas, no deben golpear.

- Purgar condensado en filtros y depósitos de aire.
- Verificar temperatura en motores eléctricos.

5.2.1.2. Guía de inspección diaria para inyectoras

- Verificar presiones, temperaturas y fugas de aceite.
- Verificar el funcionamiento de las unidades de mantenimiento de aire.
- Verificar auditivamente fugas de aire.
- Verificar fugas de agua.
- Detectar tornillos o piezas flojas y ruidos anormales.
- Verificar que los pirómetros funcionen correctamente.
- Verificar que cada termo-copla esté bien montada y en buen estado.
- Verificar que el molde esté perfectamente sujeto.
- Purgar condensado en filtros y depósitos de aire.
- Verificar temperatura en motores eléctricos.
- Drenar aceite sucio de depósitos de captación.

5.2.1.3. Guía de inspección diaria para compresores

- Verificar la temperatura.
- Verificar fugas de aceite.
- Verificar fugas de aire.
- Verificar el diferencial de presiones.

- Verificar el nivel de aceite.
- Verificar la rutina normal del ciclo de carga y descarga.

5.2.1.4. Guía de inspección diaria para Chiller

- Inspeccionar las conexiones eléctricas.
- Inspeccionar el motor y sus dispositivos de seguridad.
- Inspeccionar los ruidos del compresor.
- Inspeccionar la cantidad del medio refrigerante.
- Inspeccionar que el refrigerante este seco.
- Inspeccionar el nivel de aceite.
- Inspeccionar flujo de agua.
- Inspeccionar si existe goteo de gas.
- Inspeccionar los soportes de la tubería.
- Inspeccionar en las tapas de válvulas el diferencial de temperatura.

5.3. Plan de mantenimiento preventivo para máquinas de producción de plástico

5.3.1. Programa de mantenimiento preventivo para inyectoras

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

INYECTORA Y- _____
 MARCA _____
 MODELO _____
 AÑO ___ TRIMESTRE ___

MARCAR: realizado con X No realizado con O planificado con P														
SEMANTAL Y MENSUAL	Mes	ENERO				FEBRERO				MARZO				PERIODO
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Limpieza exterior de máquina														Semantal
Nivelar aceites														"
Engrasar columnas guías														"
Revisión, limpieza, y ajuste de zapatas guías														"
Limpieza de flujómetro														"
Revisar funcionamiento de alarmas														"
Limpieza externa de motores														"
Revisión de ventilador y pánels eléctricos														Mensual
TRIMESTRAL Y SEMESTRAL	Mes	ENERO				FEBRERO				MARZO				PERIODO
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Limpieza y revisión de motores														Trimestral
Filtrado de aceite hidráulico														Semestral
Limpieza de filtro de bomba														"
Limpieza y revisión, de bomba y circuitos														"
ANUAL Y MÁS	SEMANA	MES	AÑO	REALIZADO	PERIODO		NOTAS							
					meses									
Sacar muestra de aceite					Cada 12		P/ análisis en Lab.							
Limpieza general a fondo					Cada 12									
Cambio de aceite y lavado de deposito					Cada 24									
Revisar desgastes a ejes y chumaceras del mecanismo de rodillera					Cada 12									
Revisión de líneas de salida, cambio de cojinetes y barnizar motor eléctrico					Cada 12									
Revisar desgastes en columnas guías					Cada 12									

Observaciones:

Fuente: elaboración propia

5.3.2. Programa de mantenimiento preventivo para sopladoras

SOPLADORAS- _____
 MARCA _____
 MODELO _____
 AÑO ____ TRIMESTRE ____

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MARCAR: realizado con X No realizado con O planificado con P														
SEMANTAL Y MENSUAL	Mes	ENERO				FEBRERO				MARZO				PERIODO
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Limpeza exterior de máquina														Semantal
Nivelar aceites														"
Lubricar mecanismos														"
Revisión de unidad de mantenimiento														"
Revisar abertura de limpeza del cañón														"
Limpeza exterior de motores														"
Revisar funcionamiento de alarmas														"
Revisión de bandas termoeléctricas														"
Revisar y limpiar turbinas y páneles Elect.														Mensual
Revisar mecanismo de corte														"
Revisar filtro de presión														"
Revisar acumulador														"
TRIMESTRAL Y SEMESTRAL	Mes	ENERO				FEBRERO				MARZO				PERIODO
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Revisión interna de motores														Trimestral
Limpeza de filtro de succión														"
Reapretar tornillos de contactores														Semestral
Limpeza y revisión de equipo eléctrico														"
Limpeza de contactores eléctricos														
Filtrar aceite hidráulico														
Revisar conexiones roscadas														
Revisar caja reductora (sedimentos)														
ANUAL Y MÁS	SEMANA	MES	AÑO	REALIZADO	PERIODO meses	NOTAS								
Sacar muestra de aceite y limpiar tanque					Cada 12	P/ análisis en Lab.								
Cambio de filtro de succión					Cada 12									
Desincrustar y limpiar Intercambiador					Cada 12									
Revisar y limpiar circuitos neumáticos					Cada 12									
Revisión de líneas de salida, cambio de cojinetes y barnizar motor eléctrico					Cada 12									
Revisar desgastes de mecanismos					Cada 24									
Cambio de aceite hidráulico					Cada 24									
Cambio de aceite de caja reductora					Cada 24									

Observaciones:

Fuente: elaboración propia

6. GUÍA DE INSTALACIÓN DE MÁQUINAS

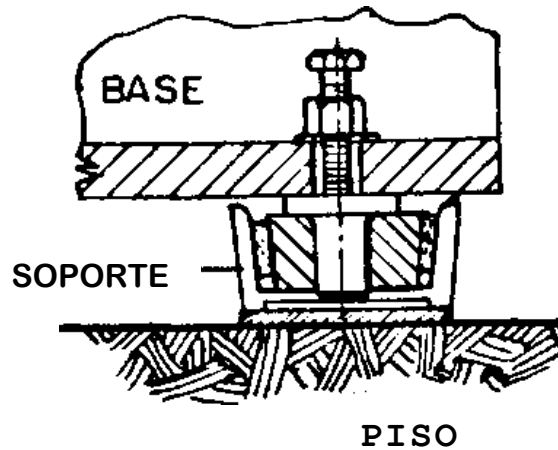
6.1. Inyectoras

En este tipo de máquinas se requiere fundiciones según se especificará más adelante y normalmente no se anclan al piso. Éstas utilizan zapatas de hule (amortiguadores de vibración) en los puntos de apoyo como se indican en el diagrama de montaje de cada máquina.

Los amortiguadores de vibración aíslan del piso la mayor parte de la vibración de la máquina. La dirección del movimiento de las máquinas es principalmente en el plano horizontal, tienen siempre la tendencia a caminar o moverse sobre el piso, a menos que se use un sistema amortiguador. Los amortiguadores de vibración no se sujetan al piso, lo que facilita la relocalización de la máquina. Es importante tomar en cuenta, que aunque se usen los amortiguadores de vibración, el piso no sea de superficie lisa o pulida, debido al derrame y las acumulaciones de aceite o grasa. Es ideal que el piso deba tener una textura áspera y sea de cero fricciones.

Soportes para nivelación: éstos amortiguan las vibraciones verticales y horizontales y tienen una gama de ajuste que es adecuada para la mayoría de aplicaciones, habiendo sido diseñados específicamente para máquinas moldeadoras de inyección. Existen varios estilos para la mejor conveniencia del montador de máquinas. Ver figuras 52 y 53.

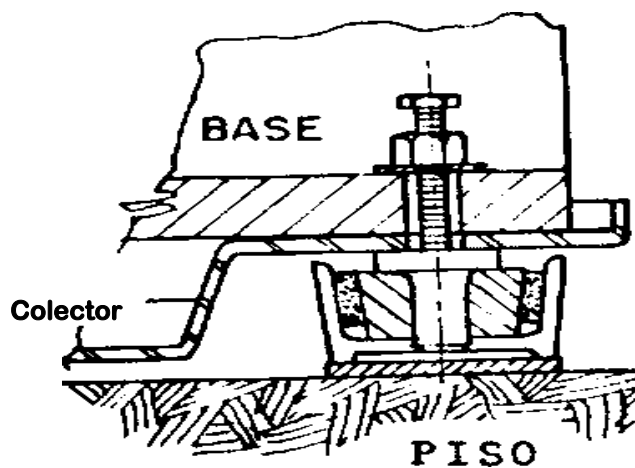
Figura 52. Soporte para nivelación



Fuente: international division package Machinery Company, p. 2.

Consultar el plano de cimentaciones de la máquina a montar, para determinar la cantidad de soportes y el lugar exacto donde deben colocarse debajo de la base.

Figura 53. Soporte para nivelación con colector



Fuente: international division package Machinery Company, p. 2.

Al montar los amortiguadores de vibración, el colector debe ir debajo de la máquina, pero arriba de los amortiguadores de vibración. Si los amortiguadores descansan en el colector, la máquina comenzará caminar tan pronto como el aceite o la grasa pasen debajo de los amortiguadores.

Verificar que el amortiguador de vibraciones a usarse en la máquina a montar, esté equipado con ajustes de nivelación.

En algunas máquinas los soportes anti-vibratorios están disponibles como equipamiento opcional, por causa del terreno.

Si la máquina será instalada en una losa-piso de concreto con acero reforzado, el aprovisionamiento de fundiciones especiales no será necesario. Sin embargo, solo un experto en estática puede decidir si el piso de la planta tiene suficiente capacidad de apoyo.

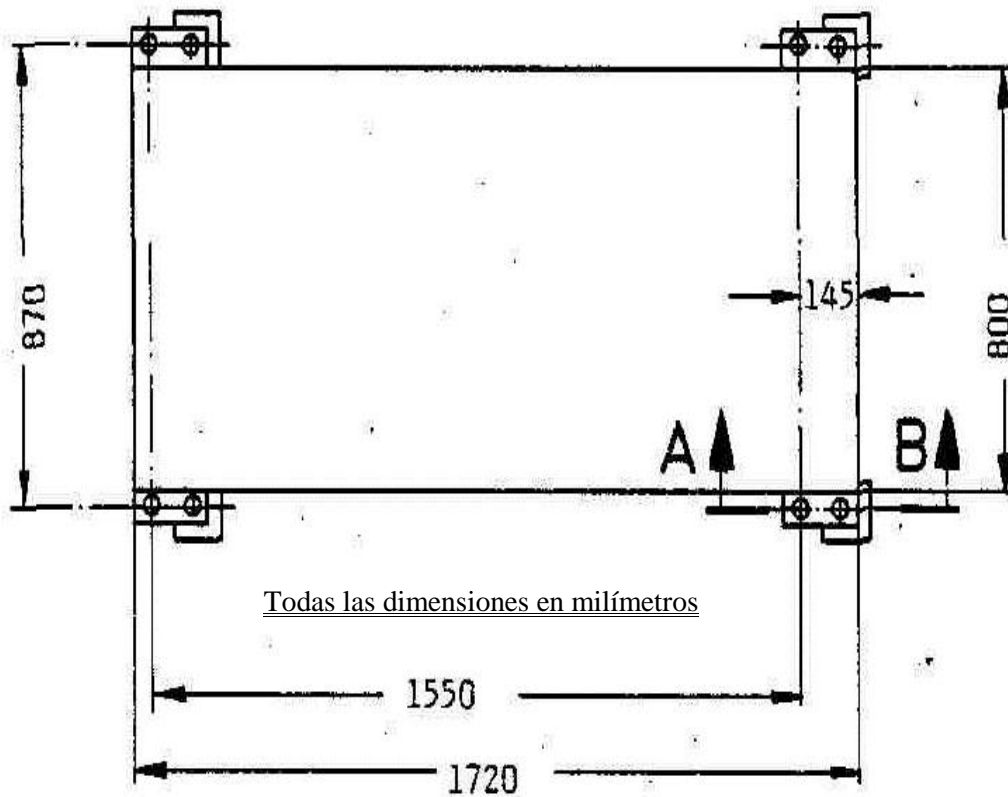
Si por el contrario, la máquina va a ser instalada en un piso normal o de tierra, las fundiciones deben ser proporcionada por el fabricante de la máquina, o calculadas adecuadamente. Dichos cálculos deben ser interpretados por un experto en estática en relación a las condiciones locales. (ver en el inciso 6.2 Consideraciones de cimentaciones)

La nivelación correcta de la máquina es indispensable para reducir al mínimo el desgaste de los pasadores, cojinetes, guías, partes móviles, elementos de mecanismos y también para eliminar la desalineación entre las placas de montaje de matrices.

6.2. Sopladoras

En este tipo de máquinas se requiere de anclajes cuando el fabricante lo recomienda, ya que por su diseño y características particulares que especificará en; la guía, el plano de cimentación y el diagrama de anclaje de cada máquina sopladora, deberán seguirse sus indicaciones.

Figura 54. Planos de cimentación



Fuente: BEKUM GmbH, Manual de mantenimiento de sopladora, p. 5

Cimientos para inyectoras y sopladoras

Es extremadamente difícil establecer un límite para el valor permisible de amplitud de vibraciones de cimentaciones con base en los principios generales. Hay algunos casos en los cuales las vibraciones con una amplitud arriba de 0.4 a 0.5 mm. (0.016 a 0.020 pulg.) No tienen ningún efecto dañino. Puede ocurrir que aun cuando la amplitud de vibración de la cimentación de una máquina es más pequeña que un límite permisible aceptado, la estructura contigua vibrará debido a la resonancia.

La experiencia hace posible que si no va a ocurrir resonancia en edificios y estructuras contiguos, entonces la amplitud de vibración de una cimentación no deberá exceder de 0.20 a 0.25 mm. (0.0079 a 0.0098 pulg.). Este rango de valores de amplitudes puede servir como base para la evaluación para el cálculo adecuado en el diseño de cimentaciones. Ver diagrama en el anexo.

Consideraciones de cimentaciones

La condición principal para observar cuando se diseña una cimentación de una máquina, es importante considerar que las dimensiones mínimas de la cimentación deberían de ser seleccionadas, de tal modo que, las amplitudes de sus vibraciones forzadas no excedan al valor permisible.

Para poder disminuir la transmisión de vibraciones, la profundidad de una cimentación de máquina debe ser menor que la profundidad de los cimientos de paredes y de columnas adyacentes. Pero la información teórica y experimental de propagación de ondas en los suelos, nos guían a la conclusión que para cimentaciones de máquinas más profundas que los cimientos de paredes no tienen efecto en transmisión de vibraciones.

Por lo tanto, la profundidad de una cimentación de máquina puede ser seleccionada sin tomar en cuenta la transmisión de vibraciones.

Para poder tener un ajuste uniforme en la cimentación, es recomendable colocar el centro común de gravedad del sistema (cimentación y máquina) en la misma línea vertical con el centroide del área de cimentación en contacto con el suelo. En cualquier caso la excentricidad en la distribución de masas no deberá exceder de 5% de la longitud del lado del área de contacto.

Mientras más grande sea el área de contacto de la cimentación, más pequeña es la presión en el suelo y más alta son las frecuencias naturales de la cimentación. Esto es de importancia considerable para máquinas de frecuencia baja.

Las cimentaciones para máquinas de frecuencia baja deberán ser diseñadas para que sus frecuencias naturales sean mucho más altas que la frecuencia operacional de la máquina.

Las frecuencias naturales de las cimentaciones son afectadas por el valor absoluto de la masa de cimentación y por su distribución en el lugar.

Para nuestro caso particular de máquinas inyectoras y sopladoras, éstas entran en la clasificación de máquinas de frecuencia baja y rango de la amplitud de vibraciones baja. Entonces únicamente es necesario contar con una losa-piso industrial, nivelado que soporte (Kg. /m²) el peso de la máquina a montar.

Para calcular los kilogramos por metro cuadrado de capacidad de soporte de la losa-piso existente, con objeto de instalar y montar una máquina de inyección o soplado, se utiliza la siguiente fórmula práctica:

$$Cs = PM \times 0,77$$

Donde: **Cs** = Capacidad de soporte máximo de la losa

PM = peso de la máquina en Kg. (hoja técnica de la máquina)

0,77 = una constante

Esta constante incluye las cargas muertas y vivas mayoradas mínimas que deberá soportar la losa.

La capacidad de soporte de la losa (piso) debe ser medida físicamente con un Esclerómetro para ensayos de hormigón, el cual dará una lectura (kg/m^2), que se debe comprobar con el resultado de la fórmula anterior descrita. (Si es necesario, hacer la conversión de kg/cm^2 a kg/m^2)

Se debe utilizar un buen criterio en el uso de esta fórmula, ya que se depende del peso de la máquina, el resultado que obtengamos de fórmula y de la lectura que se obtenga del esclerómetro. Si ésta lectura es inferior al resultado obtenido de la fórmula, se tendrá que solicitar la asistencia de un especialista en cimentaciones. (Ilustración del esclerómetro en anexo)

Tomar en cuenta para el área de cimentación

- El área de la máquina a montar.
- Agregar a la periferia de dicha máquina un aproximado de $\pm 0.50\text{m}$.
- Contar con un espesor de losa adecuado.
- Dicha área o losa deberá estar construida con su respectiva armazón de barras de acero corrugado para construcción, de diámetro adecuado, y de grado 40 o 60.
- Los cimientos o losa deben de ser provistos de cada punto de apoyo, según lo indique el diagrama o planos de montaje de cada máquina.
- La armazón-base de la máquina, es anclada por los costados, a los tornillos de nivelación, según lo indique el diagrama de la máquina.

Equipo requerido para levantar y mover la maquinaria

Utilizar una grúa o montacargas con la capacidad adecuada al peso de la máquina a mover (consultar la hoja técnica de características para ubicar el peso de la máquina).

Montar las respectivas zapatas de amortiguamiento antes de descansar la máquina en el cimiento.

6.3. Métodos de anclaje

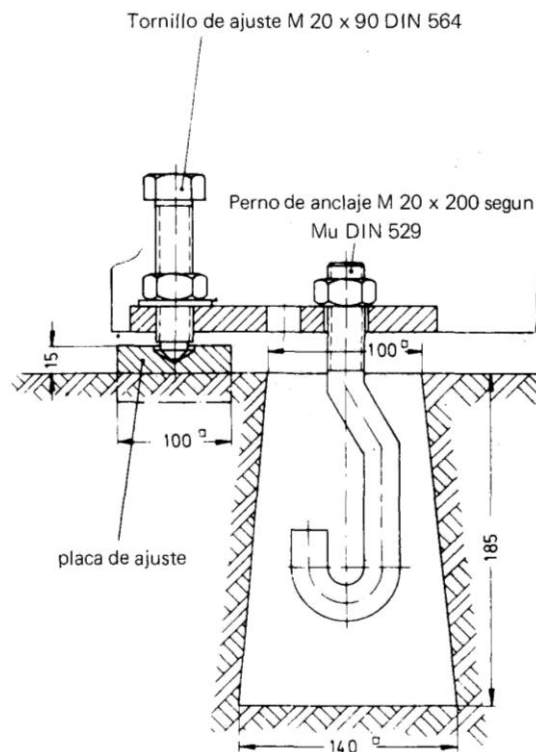
Existen varios métodos para anclar o fijar máquinas y equipos sobre losas o pisos industriales. En este trabajo de graduación únicamente se presentan dos métodos por ser los más prácticos técnicamente y accesibles localmente en el mercado: como el método del hormigón y el de los adhesivos.

6.3.1. Método de concreto

Una vez hechos los cimientos para la máquina, se fabricara a cincel los agujeros en los cimientos, según las posiciones indicadas en el plano de cimientos. Hasta entonces se deberá montar la máquina sobre las platinas de ajuste provistas con la máquina, así también roscar los tornillos de ajuste para proceder a nivelarla; seleccionando una superficie rectificada al centro de ella para apoyar el nivel (usar un nivel de tipo industrial de burbujas axial y transversal como mínimo), primero nivelar la máquina axialmente y luego transversalmente. Después alojar los pernos de anclaje, en los orificios de la base de la máquina, que deberán coincidir con los agujeros hechos en la superficie del cimiento.

Por último, verter el hormigón en los agujeros, con los pernos en su posición, hasta llenar los agujeros a nivel del piso. Cuando el hormigón ha fraguado, apretar las tuercas de los pernos de anclaje para fijar la máquina. Ver en figura 53 el *kit* de anclaje.

Figura 55. **Dibujo de anclaje en cemento**



Fuente: BEKUM GmbH, Lo más importante, p. 5

6.3.2. Adhesivos cerámicos y epóxicos

Con los cimientos adecuados, colocar la máquina sobre las platinas de ajuste, roscar los tornillos de ajuste y nivelar la máquina según inciso 6.3.1. En seguida utilizar un taladro provisto de una broca (para concreto) de diámetro adecuado a los agujeros de la base de la máquina, perforar el hormigón (utilizando como guía los mismos agujeros que trae la base de la máquina) a una profundidad según la longitud de los pernos de anclaje, luego limpiar el polvo de cada agujero con aire a presión o aspirarlo, por último, verter el adhesivo cerámico o epoxico indicado. Seguir las instrucciones que indica el procedimiento de curado en cada adhesivo en particular.

El adhesivo cerámico: se emplea para adherir en este caso, los pernos de acero al hormigón. Las juntas o sello que produce este adhesivo son resistentes a él; agua, los detergentes, los ácidos y las bases. Se utiliza en lugares donde es necesaria la acción de la propiedad de resistencia química.

El adhesivo epóxico: se utiliza para nivelar equipo, maquinaria o adherir pernos cuando existe una mayor exigencia de secado. En pocas horas se obtiene la suficiente resistencia para poner en marcha cualquier maquinaria o equipo.

6.4. Instalaciones eléctricas

Cada máquina es provista con sus respectivos paneles eléctrico de mandos y de distribución, este último panel debe ser conectado a las líneas de acometida (L1, L2, L3, N & T) que vienen del panel de distribución de la planta. Consultar la hoja técnica de características, así como el diagrama eléctrico de la máquina y trabajar con la potencia total instalada de la máquina.

Los cables de color amarillo-verde siempre son conductores a tierra.

Definir los calibres de los cables eléctricos a utilizar (L1, L2, L3, N & T), la capacidad del interruptor de protección de máquina, la capacidad del interruptor de protección de líneas de la máquina al panel de distribución de la planta, así como la tubería a utilizar. Estos cálculos se hicieron en los incisos 3.2 al 3.5.

Si las condiciones físicas de planta lo permiten, utilizar parrillas aéreas para llevar o montar los cables eléctricos y bajar con tubería al panel de distribución de la máquina. Esta técnica permitirá una buena ventilación de los cables eléctricos, una mayor capacidad de conducción en los cables eléctricos, así como una buena inspección y mantenimiento de los mismos.

Se comprueba el sentido de giro en los motores con el siguiente procedimiento: desmontar la tapa de protección del ventilador del motor, poner un instante a funcionar el motor de la bomba hidráulica, e inmediatamente interrumpir la energía eléctrica, de esta manera se visualizará si el sentido de giro del motor es correcto o incorrecto, con este método instantáneo no se dañará la bomba y se obtendrá la verificación de giro del motor.

6.5. Aire comprimido

Cada máquina de soplado e inyección requiere aire a alguna presión, al consultar la hoja técnica de características de la máquina se obtendrá; el consumo y la presión de aire requerida por la máquina. Proceder a suministrar esos requerimientos. Respetar los diámetros NPT de los puertos de entrada y salida de aire (ver el diagrama de los puertos de aire) y no efectuar ninguna reducción innecesaria en los puertos.

Las tuberías de la línea de aire deben ir aéreas siempre y al bajar a la máquina se debe hacer saliendo por la parte superior del tubo de abasto, para luego bajar en dirección del puerto de entrada de la máquina (Ver diagrama de puertos de aire de la máquina). Esta técnica evitará que el agua que se forma en las tuberías de aire llegue a los diferentes accesorios y equipos neumáticos de la máquina.

Al final de la instalación verificar con el manómetro de entrada de aire, que la lectura sea la presión de aire requerida por la máquina.

Al alimentar con aire las máquinas de soplado, es necesario suministrar un aire seco, limpio y libre de aceite. Estas características son importantes cuando se soplan cuerpos huecos destinados al empaque de alimentos así como de productos químicos y farmacéuticos.

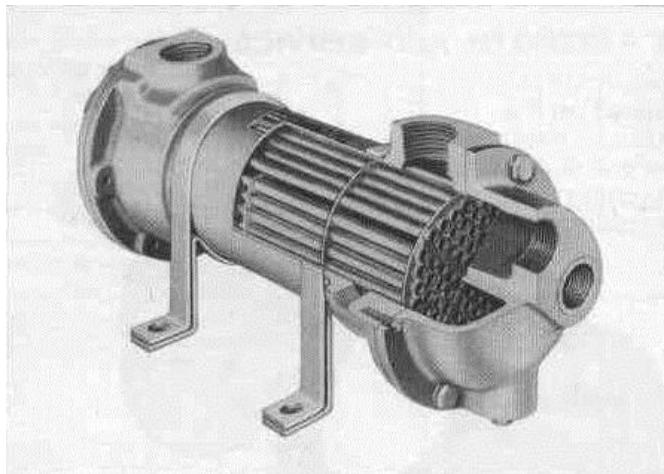
6.6. Agua para refrigeración

6.6.1. Refrigeración en inyectoras

Para una máquina inyectora, únicamente se necesita el flujo de agua proveniente de una torre de enfriamiento a una temperatura aproximada de 25 °C, con un caudal en litros/h y una velocidad para satisfacer los requerimientos de los circuitos de refrigeración; del intercambiador de calor, así como del molde. (Consultar la hoja de características técnicas de la máquina) y definir la bomba para caudal o presión.

Intercambiador de calor (serpentín): el objetivo de este serpentín es mantener el flujo de aceite a una temperatura de trabajo entre los 45 °C a 55 °C. Con el flujo de agua circulando por sus respectivos circuitos de tubería delgada a una velocidad ideal, dicho flujo de agua roba las calorías que transporta el aceite, que fluye por sus respectivos circuitos, de esta manera se realiza una transferencia térmica que contribuye con el buen funcionamiento de la bomba, así como con todos los mecanismos hidráulicos que trabajan en la máquina.

Figura 56. **Intercambiador de calor**



Fuente: Standard Refrigeration Company, p. 3

Molde de inyección: el objetivo de los circuitos de refrigeración en el molde es el mismo: robar las calorías que se transfieren a las cavidades por el contacto de la masa plastificada que entra a una presión y temperatura de plastificación adecuada, según la materia prima correspondiente.

Es importante que al conectar las mangueras de refrigeración, se respeten los diámetros NPT de los puertos que traen los moldes. Conectar de un lado del molde las entradas del flujo de agua y en el lado opuesto del molde, las respectivas salidas del flujo de agua. Regular la velocidad del agua con válvulas de paso tipo bola a la entrada de la máquina, de esta manera se controlará la temperatura del molde por medio de la velocidad del agua.

Conservar el mismo criterio para el intercambiador de calor o instalar una electroválvula que se abra y se cierre al sensar la temperatura del aceite. Es importante tomar en cuenta lo siguiente:

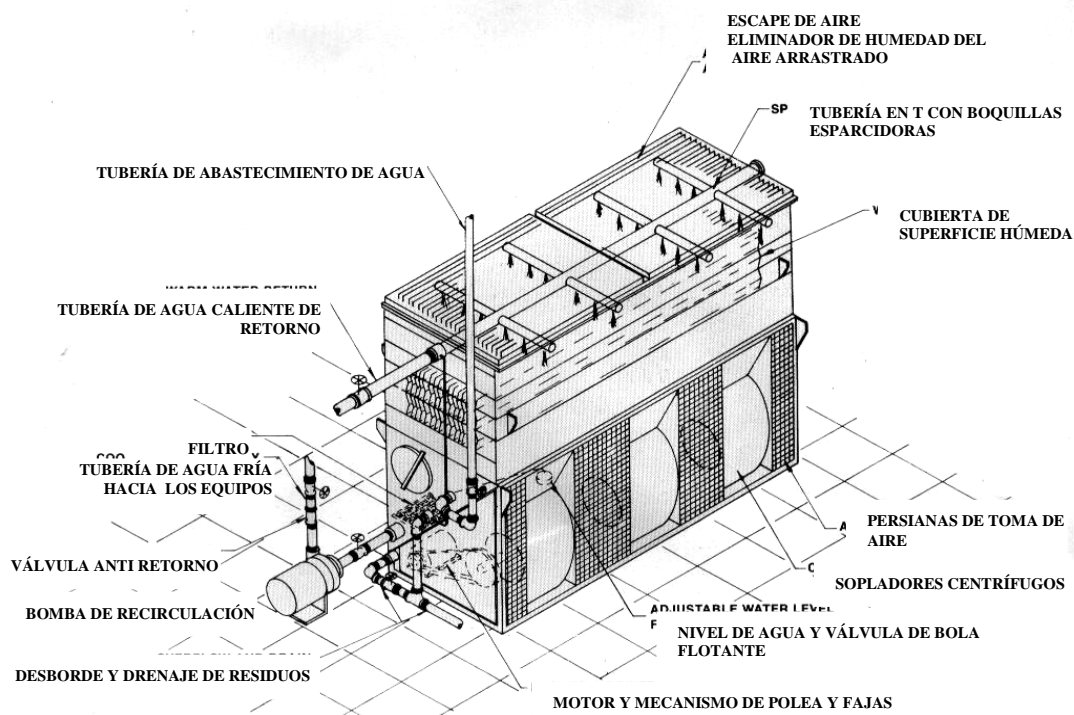
- Cuando el aceite hidráulico posee una temperatura abajo del rango antes mencionado, entonces se producirá un ruido anormal en la bomba.
- El diámetro del puerto de conexión en la máquina prescribe el tamaño de la tubería de alimentación, tomar en cuenta esta dimensión para fines de los cálculos de las instalaciones mecánicas.
- En la salida del flujo de agua (en la máquina), la tubería de descarga siempre debe ser de mayor diámetro hasta el depósito de agua caliente. Esta técnica hace posible que el flujo de agua se conduzca a presión holgada.

6.6.2. Refrigeración en sopladoras

Para una máquina sopladora se necesitan dos flujos de agua a distintas temperaturas; un flujo de agua a temperatura de 25 °C proveniente de una torre de enfriamiento, y otro flujo a una temperatura entre los 10 °C y 14 °C que provenga de un enfriador de agua (*Chiller*).

El agua de la torre la utiliza el tambor de plastificación, para mantener la materia prima a determinada temperatura y ésta pueda ser transportada sin que se aglomere en la entrada del cañón, con esta técnica el tornillo trasladará fácilmente hacia la parte interna del cañón de plastificación la materia prima a trabajar.

Figura 57. Torre de enfriamiento



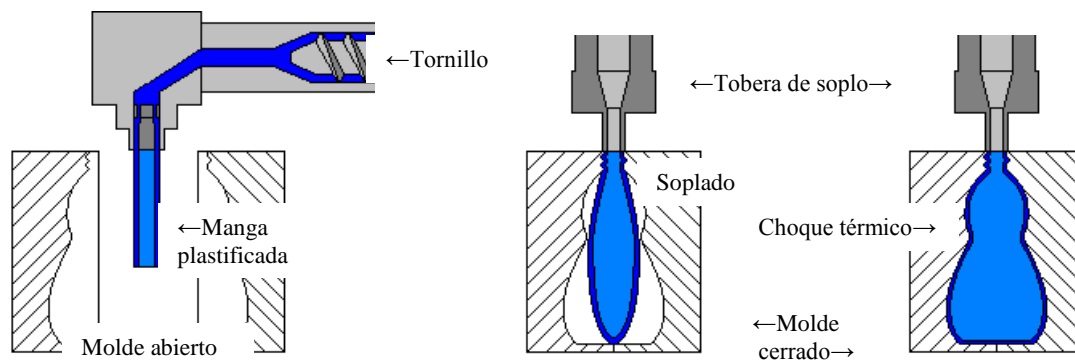
Fuente: *Mayer Refrigerating Engineers, Inc. Quotation and Specifications*, p.56

El flujo de agua de la torre se utiliza también en el intercambiador de calor, regulando la temperatura del aceite entre los 45 °C a 55 °C. Lo hace robando las calorías que trasporta el aceite hidráulico entre sus circuitos correspondientes y efectuando esta transferencia, el flujo de agua cumple el objetivo de enfriar.

El otro flujo de agua a una temperatura entre los 10 °C y 14 °C, proveniente de un refrigerador de agua (*Chiller*), es utilizado para los circuitos de enfriamiento del molde así como para el circuito de la tobera de soplado.

Molde de soplado: un molde de este tipo debe contar con tres circuitos de refrigeración independientes entre sí, (circuito del cuello, circuito del cuerpo y circuito del fondo) estos circuitos deberán mantener una temperatura controlada o regulada independiente. Por medio de válvulas de paso tipo bola, se regula la velocidad del flujo de agua en cada uno de los circuitos del molde. El objetivo que se persigue es tener las cavidades frías para que se produzca un choque térmico, en el momento en que la manga plastificada hace contacto con el molde. La manga sale del cabezal Parison a una temperatura de plastificación correspondiente al volumen requerido en el molde, esta manga plastificada obtenida es soplada dentro de la cavidad, choca con las paredes de las cavidades del molde, se conforma y enfría rápidamente.

Figura 58. Diagrama del molde de soplado



Fuente: estrucion-soplado.gif.

La temperatura de plastificación del cañón extrusor y del cabezal Parison, varía de acuerdo a la materia prima que se está usando, así como al tamaño, peso y diseño del producto a soplar.

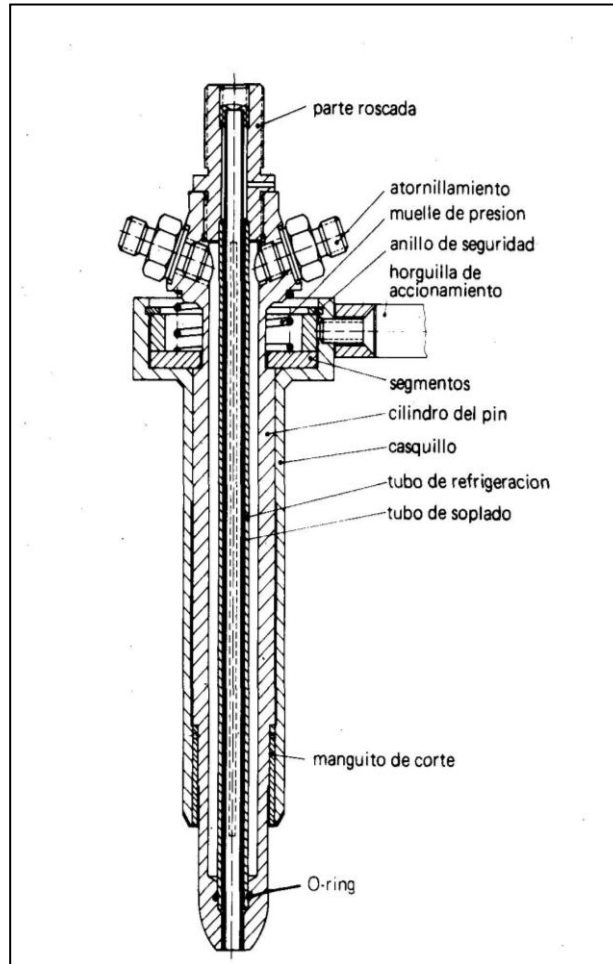
Al conectar las mangueras de refrigeración, respetar los diámetros NPT de los puertos que traen los moldes, conectar de un lado del molde la entrada de agua y en el lado opuesto del molde las respectivas salidas de agua.

Nota: si al obtener el producto soplado del molde, éste presenta una superficie tipo piel de naranja, proceder a elevar la temperatura del agua y esperar un número de ciclos prudenciales para visualizar el resultado de dicha maniobra, repetir esta acción cuantas veces sea necesario hasta que el fenómeno desaparezca.

Tobera de sopro (mandril): mecanismo térmico que se compone de una punta, una guillotina, un cuerpo cilíndrico perforado, estos tres de acero y un alma cilíndrica perforada de bronce o acero inoxidable. Dicha tobera es accionada en sentido axial por un cilindro de doble efecto. Por la tobera el aire pasa a presión y sale orientado inflando la manga plastificada, (para conformar el producto requerido) a través de la boca y cuello del molde.

Dicho mandril; tanto la punta de la tobera como la guillotina, tienen un contacto directo para conformar el producto en la parte superior del molde; generándose un choque térmico y un choque mecánico, dicha tobera es enfriada por agua proveniente de un enfriador (*Chiller*) a la misma temperatura (entre 10 °C y 14 °C). Se regula la temperatura con la velocidad del agua por medio de una válvula de paso tipo bola.

Figura 59. **Tobera de soplado**



Fuente: BEKUM GmbH, Lo más importante, p. 8.

Intercambiador de calor (serpentín): el funcionamiento así como el objetivo de éste equipo (serpentín) está explicado en el numeral 6.6.1.

Cuando el aceite hidráulico posee una temperatura abajo del rango de trabajo, entonces se producirá un ruido anormal en la bomba. Evitar este mal precalentando el aceite, cerrando la válvula que da paso al flujo de aceite o al flujo de agua hacia el intercambiador (revisar la temperatura del agua si no está muy baja) y permitir que la temperatura del aceite se eleve a los 55 °C.

CONCLUSIONES

1. Proporcionar una guía práctica y útil para desarrollar proyectos de instalación y montaje de máquinas de soplado e inyección, con sus respectivos equipos, la cual es un instrumento de consulta para estudiantes y de implementación para profesionales de la Ingeniería Mecánica.
2. En el Departamento de Mantenimiento debe tener claras sus funciones, ya que una máquina con un montaje inadecuado, es la causa de futuras fallas, así como de averías y por ende, de una producción por debajo del estándar esperado y diseñado por el fabricante de la máquina.
3. La planificación de las actividades es de suma importancia, ya que en un proyecto de instalación y montaje, es necesaria la coordinación de todos los departamentos de la empresa involucrados, tales como: el Departamento de Producción, el de Planificación, el de Compras, las bodegas, el Departamento de Mantenimiento, inclusive las gerencias relacionadas. De esta manera la etapa de ejecución del proyecto no se verá en riesgo, y por lo tanto se tendrá exactitud en la fecha de entrega.
4. La capacidad eléctrica de la maquinaria debe calcularse con suficiente tiempo de anticipación (antes de tener la máquina en bodega), ya que la demanda eléctrica de la máquina debe conocerse pronto, para determinar si el banco de transformadores o sub-estación existente en la planta, tiene la capacidad requerida por la futura maquinaria y equipo. Con la certeza de la existencia de la capacidad eléctrica, solo hasta entonces, la gerencia podrá empezar con el proceso de la nueva adquisición.

RECOMENDACIONES

1. Es importante el conocimiento sobre maquinaria, equipos, procesos y materiales antes de proceder a la instalación y montaje de una máquina, y en específico sobre las máquinas de inyección y soplado.
2. En el proyecto de la instalación y montaje se deben tener al alcance, las técnicas y herramientas que permitan realizar con éxito dicho proyecto.
3. Poner énfasis en la etapa de planificación del proyecto; una planeación fija y precisa de cada una de las actividades que deben ejecutar, definir de forma concreta los cursos de acción, dividir en diferentes actividades el proceso de ejecución y definir el tiempo de ejecución de las acciones a tomar.
4. Coordinar de forma significativa con todos los departamentos que se verán involucrados en el proyecto.
5. Verificar que la losa sobre la que se montará la maquinaria cumpla con los requisitos del fabricante o con las características de la maquinaria en particular. En caso contrario proceder a la construcción de una losa asistiéndose de un especialista en cimentaciones.
6. Contar siempre con la hoja técnica de características, con los manuales de operación, instalación y mantenimiento, de la máquina a montar. De la misma manera para los equipos auxiliares que acompañan la máquina.

7. Previo a la instalación de la máquina asegurar que se cuenta con todos los servicios requeridos por el fabricante o por las características propias de la misma.
8. Verificar que las competencias profesionales y técnicas del personal que participará en la instalación y montaje, sean las apropiadas para el desempeño del proyecto.
9. Si no se cuenta con la capacidad eléctrica requerida por la nueva maquinaria y equipo, entonces se planificar el montaje de un banco eléctrico que cubra esta nueva necesidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALDANA, David. “Consideraciones para cimentaciones de maquinaria”. Trabajo de graduación, Ingeniero Mecánico Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1978. 80 p.
2. ASKELAND, Donald. *Ciencia e ingeniería de materiales*. España: Thomson, 1999. 790 p. ISBN 9706863613
3. ATLAS COPCO. *Manual sobre aire comprimido y aplicaciones, machinery lubrication*. 10 abril 2008, [30 abril 2009]. Disponible en Web: <<http://www.construsur.com.ar/News-sid-199-file-article-pageid-3.html>>
4. BADISCHE ANILIN & Soda-Fabrik AG. *Plásticos de la Basf*. Alemania: Ludwigshafen basf, 1968.136 p.
5. _____. *Técnicas de elaboración*. LUPOLEN Tomo II. Alemania: Ludwigshafen basf, 1964. 94 p.
6. BEKUM. *BaeIMantenimiento*. Alemania: Bekum, 1980. 120 p.
7. _____. *Lo más importante sobre su equipo de soplo*. Alemania: Bekum, 1983. 20 p.
8. BOLSAS Y PLÁSTICOS INTERNACIONALES S.A. *Rollos, Bolsa Plana, Impresión y Película Plana*. México: [30 abril 2009]. Disponible en Web: <<http://www.bolsasyplasticos.com/infra.htm>>

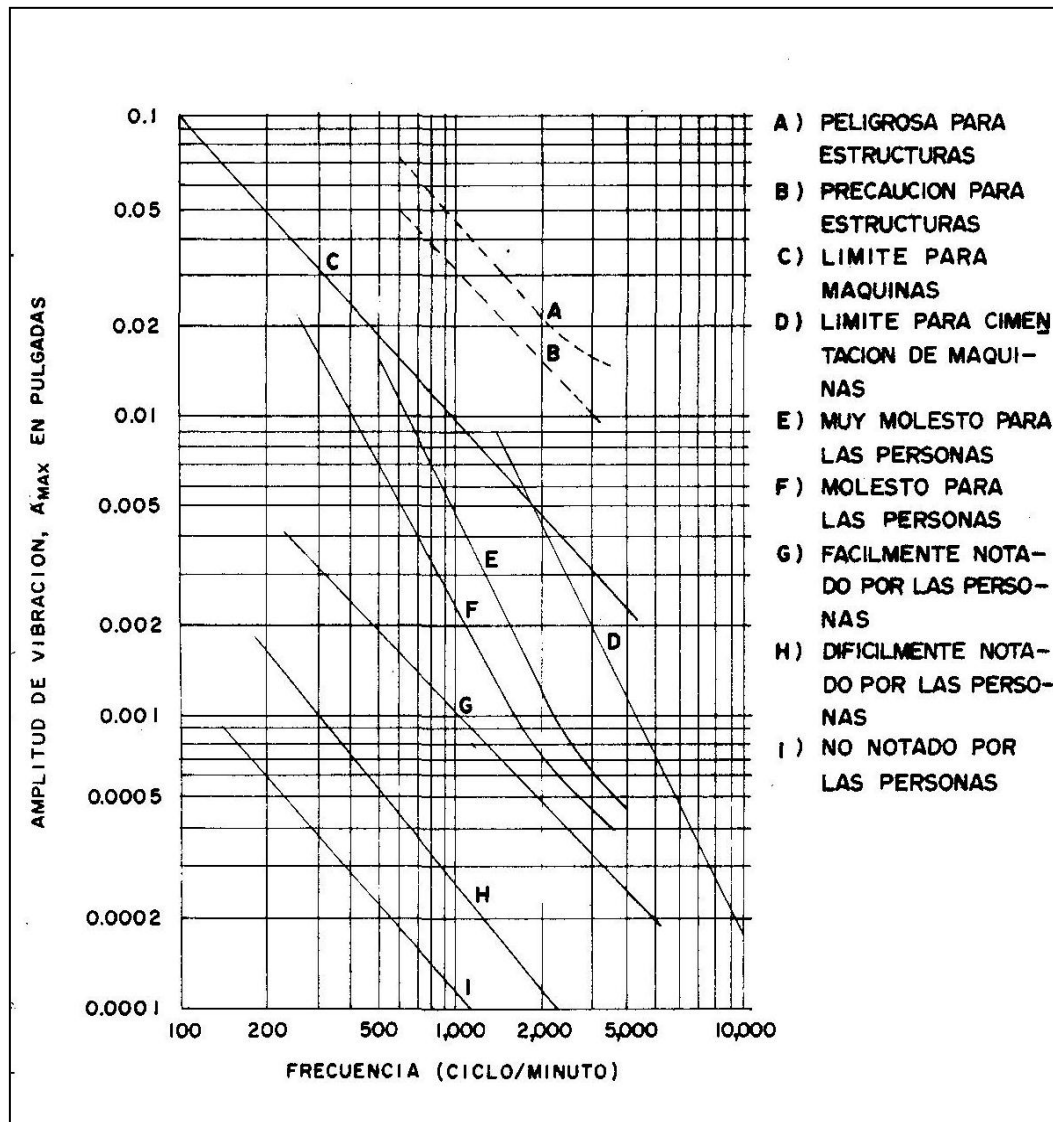
9. CENTELLES, Francisco. *Enfriamiento de máquinas y de procesos, Industria del Plástico*. España: 01 julio 1997, [30 abril 2009]. Disponible en Web: <<http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/Articulo.asp?A=5113>>
10. CHILES BLACK, Lissaman. *Principios de ingeniería de manufactura*. 3ª ed. Reino Unido: CECSA, 1996. 656 p. ISBN: 9682607949
11. DE GALIANA MINGOT, Tomas. *Pequeño Larousse Técnico*. Paris: Larousse, 1979. 1056 p. ISBN: 2-03-020545-1
12. DOYLE, Keyser. *Procesos y materiales de manufactura para ingenieros*. 3ª ed. Tennessee: Prentice Hall, 1988. 1041 p. ISBN: 9688801186.
13. DURMAN ESQUIVEL, Guatemala. *Guía de Instalación, manual técnico*. [30 abril 2009]. Disponible en Web: <http://www.durman.com/industria_tuberias_pvc.htm>
14. EMPRESA ELÉCTRICA. *Normas para acometidas de servicio eléctrico*. Normas internacionales NEC. 12ª ed. Guatemala: EEGSA, 1998. 120 p.
15. FIBRAS ARTIFICIALES Y SINTÉTICAS. *El caucho Natural*. Gran Enciclopedia Universal. [13 Mar. 2009]. Disponible en Web: <<http://www.matweb.com/search/datasheetText.aspx?bassnum=PVIGC6p://www.portalplanetasedna.com.ar/fibras.htm>>
16. INFO-EMPRESAS.NET, DESESA. *Plastiques Devoloppement, S.A.* Barcelona [30 mayo 2009]. Disponible en Web: <<http://www.desesa.es/>>
17. KALPAKJIAN. S; SCHMIDT S.R. *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Estados Unidos: Person, Prentice Hall, 1992. 1258 p. ISBN: 0201361310
18. KUNSTSTOFFTECHNIK, Mannesmann Demag. *La inyección en forma breve y sucinta*. Schwaig: Hingemol, 1988. 90 p.

19. MILACRON LLC. *Injection Molding Machines, Plastics Technology PTOonline*. [Batavia OH, USA]: [28 abril 2009]. Disponible en Web: <http://www.ptonline.com/dp/showpt/ms_search_showroom_results.cfm?code=010466&co_id=FERRMILA&lcode=TL&pub=PT>
20. MINK, Walter. *El plástico en la industria*. México: Ediciones G. Pili, S.A., 1990. 691 p. ISBN: 9688871397
21. MODERN PLASTICS WORLDWIDE, *Welding bonds Processors to new technology*. mayo 2006 [30 mayo 2009]. Disponible en Web: <<http://www.modernplasticsworldwide-igital.com/mpww/200605/?pg=25>>
22. MORALES MENDEZ, José Eduardo. *Introducción al Desarrollo Histórico de la Industria de los Plásticos, Hules y plásticos de México*. [03 marzo 2009]. Disponible en Web: <<http://hulesyplasticosdemexico.es.tl/P1%E1sticos.htm?PHPSESSID=20a35d4db8a96b39f14abedf010624b8>>
23. PCE INSTRUMENTS. *Sistemas de Regulación y Control*. [Albacete, España]: [29 abril 2009]. Disponible en Web: <<http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos /instrumento-de-dureza/esclerometro-pce-ht-225.htm>>
24. PLASTICENTER. *Maquinaria para la industria del plástico*. [Atizapán de Zaragoza, Edo. México]: [28 abril 2009]. Disponible en Web: <http://www.plasticenter.com/Spages/prod_per_chi.php>
25. REED-PRENTICE, *Seminario técnico sobre inyectoras*. Massachusetts, USA: *International Division Package Machinery Company*, 1990. 245 p.
26. SAPIENSMAN. *Conceptos básicos de neumática e hidráulica*. [24 abril 2009]. Disponible en Web: <<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica3A.htm>>

27. SHACKELFORD, James f. *Introducción a la ciencia de materiales*. 6ª ed. España: Person, Prentice Hall, 2005. 872 p. ISBN:8420544515
28. SHAFFER. SAXENA. *Ciencia y diseño de materiales para ingeniería*. España: CECSA, 2000. 796 p. ISBN: 9702400732
29. SMITH, William F. *Ciencia e ingeniería de materiales*. 3ª ed. Mexico: Mc. Graw Hill, 2004. 472 p. ISBN: 8448129563
30. THE CHEMICAL COMPANY, Basf. *Literatura y Folletos/artículos en revistas técnicas*. [28 abril 2009]. Disponible en Web <http://www.plasticsportal.net/wa/plasticsEU~en_GB/portal/show/content/products/styrenics/polystyrol_bx_3580>

ANEXOS

AMPLITUDES PERMISIBLES DE VIBRACIÓN VERTICAL PARA FRECUENCIAS DE VIBRACIONES DETERMINADAS



Fuente: Ing. David E. Aldana Fernández, Consideraciones para cimentaciones de maquinaria, p. 56-A

HOJA TÉCNICA DE MÁQUINA SOPLADORA



Dimensiones de la Máquina

A	Ancho	mm	2.300
B	Largo	mm	4.200
H	Alto	mm	2.600
Peso		Kg	8.500



Dimensiones de Placas Portamoldes



C	Ancho	mm	430	
A	Espesor	mm	150	
H	Alto	mm	470	
B	Carrera de apertura	mm	260	
		Recorrido de transporte	mm	400

Datos Técnicos

DIÁMETRO DE LA EXTRUSORA 70 mm			AGREGADO HIDRÁULICO		
Largo real de tornillo	L/D	25	Ciclos en vacío	sec.	2.2
Capacidad de calefacción	Kw	10	Fuerza de cierre	KN	120
Zonas de calefacción	n°	4	Capacidad depósito	lt.	200
Accionamiento de la extrusora	Kw	41	Presión de servicio	bar	170
Máxima extrusión	HDPE	Kg/h 100	Accionamiento de bomba	Kw	18.5
	PVC	Kg/h 70			
	PP	Kg/h 70			
Gama de revoluciones de tornillo	rpm	0/100			
CAPACIDAD ELÉCTRICA			CONSUMOS DE ENERGÍA		
Valores de conexiones totales	Kw	75	Presión de aire	bar	8
Consumo medio de energía	Kw/h	40	Consumo de aire	lt/min	1.000
			Enfriamiento hidráulico	KJ/h	45.000
			Refrigeración de molde para agua de 5-6°C Δt 3°C, presión 4 barios		
			KJ/Kg h	HDPE	630
				PP	680
				PVC	460

Fuente: Jomar Corporation. Catálogo de maquina sopladora 6.0 Jomar, p. Hoja técnica.

ESCLERÓMETRO



Fuente: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-dureza/esclerometro-pce-ht-225.htm>

