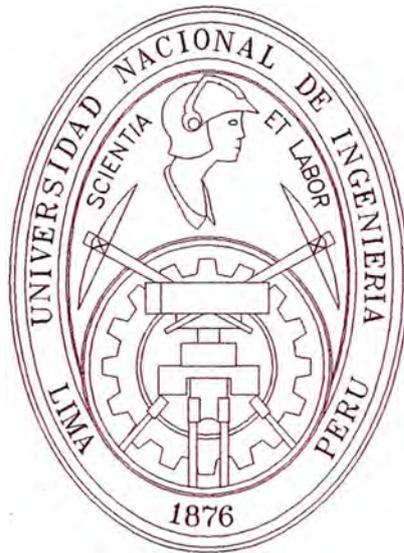


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA UNA PLANTA DE
INYECCIÓN DE CAJAS PLÁSTICAS DE 18 TPD**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO**

JOHAN MEDINA HUAMBACHANO

PROMOCION 2005-II

LIMA-PERU

2009

DEDICATORIA

Gracias a Dios por todo y dedico esta obra a mis padres por ser mis apoyos incondicionales.

TABLA DE CONTENIDOS

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Antecedentes y planteamiento del problema	4
1.2. Alcances y limitaciones	6
1.3. Objetivos	7
CAPÍTULO II	
2. INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE INYECCIÓN	8
2.1. Producción de los plásticos	9
2.2. Clasificación de los plásticos	11
2.2.1. Elastómeros	12
2.2.2. Termoestables	13
2.2.3. Termoplásticos	14
2.2.3.1. Termoplásticos amorfos	15
2.2.3.2. Termoplásticos semicristalinos	16
2.3. Principales termoplásticos	19
2.3.1. Polietileno	20
2.3.1.1. Polietileno de alta densidad (HDPE)	21
2.3.1.2. Polietileno de baja densidad (LDPE)	21
2.4. Codificación de plásticos	22
2.5. Aditivos más comunes para los plásticos	23
2.6. Descripción de la inyectora.	26
2.6.1. La bancada	27
2.6.2. Unidad de cierre	27
2.6.3. Unidad de inyección	29
2.6.4. Control de mando	31
2.7. Teoría de la inyección	32
2.7.1. Cierre y apertura del molde	33
2.7.2. Avance y retroceso de carro	34
2.7.3. Inyección o llenado	35
2.7.4. Presión de sostenimiento	35

2.7.5. Enfriamiento	36
2.7.6. Dosificación y plastificación	37
2.7.7. Expulsión de la pieza	38
2.8. Introducción a los moldes de inyección	39
2.8.1. Clasificación de los moldes	40
CAPÍTULO III	
3. DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO EN UNA PLANTA DE INYECCIÓN	43
3.1. Diagrama de procesos en una planta de inyección	44
3.2. Almacenamiento y abastecimiento de materia prima	45
3.3. Proceso de mezclado de materia prima	47
3.4. Proceso de inyección	49
3.5. Proceso de acabado	52
3.6. Proceso de remolido	53
3.7. Almacenamiento de producto terminado y despacho	54
CAPÍTULO IV	
4. SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS	56
4.1. Determinación de la capacidad horaria de producción según la cantidad consumida por día	56
4.2. Determinación del requerimiento de materia prima	57
4.3. Selección del molde	59
4.4. Selección de la inyectora	62
4.5. Cálculo de necesidades y selección de equipos para sistemas anexos	65
4.5.1. Sistema de carga y mezclado	65
4.5.2. Sistema de aire comprimido	69
4.5.3. Sistema de refrigeración del molde	71
4.5.4. Sistema de refrigeración de inyectora	73
4.5.5. Sistema de aire comprimido para las asas de la caja	75
4.5.6. Sistema de transporte	76
4.5.7. Sistema de apilado	77
4.5.8. Grúa puente	78
4.6. Proceso de molido	79
4.7. Almacenamiento de producto terminado y despacho	80

CAPÍTULO V	
5. DIMENSIONAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE PLANTA	81
5.1. Cálculo de área de planta	82
5.2. Disposición de áreas en planta	84
5.3. Esquema de disposición en planta	86
CAPÍTULO VI	
6. EVALUACIÓN DE COSTOS	89
6.1. Resumen de costos	90
6.2. Análisis económico	92
CONCLUSIONES	94
BIBLIOGRAFÍA	95
APÉNDICES	96
Anexo A: Principales marcas de polietileno.	97
Anexo B: Comprobación unidad de cierre y datos técnicos del molde.	98
Anexo C: Comprobación unidad de inyección y datos técnicos de la inyectora.	101
Anexo D: Datos Técnicos de equipos de sistema de carga.	106
Anexo E: Datos Técnicos de equipos de sistema de aire comprimido.	109
Anexo F: Datos Técnicos de equipos de sistema de refrigeración.	112
Anexo G: Datos Técnicos de apiladora.	122
Anexo H: Datos Técnicos de grúa puente.	123
PLANOS.	124

PRÓLOGO

El presente informe presenta una alternativa de solución para la selección y dimensionamiento de los equipos de una planta de inyección de cajas plásticas de 18 toneladas por día (TPD) de capacidad.

El capítulo 1 muestra los antecedentes para la decisión de la construcción de una planta de inyección y las expectativas que la empresa tiene de esta nueva planta. A su vez se presenta los alcances y limitaciones del presente informe, así como el objetivo para el cual fue ejecutado.

El capítulo 2 nos presenta, a través de una explicación breve, todos los conocimientos necesarios para poder comprender de manera clara y concisa el proceso de inyección de plásticos. Se enfatiza en el concepto de polímero y su clasificación. A su vez conoceremos los principales aditivos utilizados y terminaremos con una explicación del proceso de inyección en sí, y aspectos generales de los moldes para inyección.

El capítulo 3 muestra un diagrama de flujo de todo el proceso y describe de manera detallada las diferentes etapas del proceso de inyección de las cajas plásticas, desde la recepción y almacenamiento de la materia prima hasta el

almacenamiento del producto terminado. Así mismo se explica los sistemas que conforman el proceso de inyección de las cajas plásticas y presenta las principales alternativas de tecnologías existentes para cumplir con los objetivos de cada sistema.

El capítulo 4 muestra el cálculo del requerimiento de materia prima para la planta de inyección en tratamiento. En base a la capacidad calculada se selecciona la alternativa más adecuada y dimensiona los equipos para la planta de inyección de cajas plásticas.

El capítulo 5 calcula el área necesaria de la planta de inyección de cajas plásticas y muestra un esquema de la disposición de los equipos.

El capítulo 6 muestra los costos por la adquisición de los equipos seleccionados para la planta de inyección. También se presenta un análisis de la inversión realizada.

Finalmente se muestran las conclusiones del presente informe, así como las informaciones necesarias para su total comprensión: bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El presente informe presenta una alternativa de solución para la selección de equipos para una planta de inyección de cajas plásticas de 18 TPD. Esta planta es diseñada por encargo de la empresa Unión de Cervecerías Backus y Johnston SAA. Los productos fabricados, cajas plásticas, servirán para reemplazar a las antiguas cajas plásticas que se vienen usando en el mercado. La planta de inyección estará ubicada en la planta cervecera con sede en Ate-Vitarte, Lima.

El informe ha sido elaborado con datos reales los cuales pueden tener algunas variaciones en cuanto a costos se refiere, debido a que estos están basados en valores del 2008.

Debido a que no existe experiencia anterior, en la empresa, con respecto a la inyección de plásticos se cuenta con la colaboración de la empresa Industrias del Envase SA, empresa del grupo Backus que viene brindando el servicio de inyectado de las cajas plásticas antiguas.

El informe esta elaborado de una manera general y puede servir como modelo o ejemplo para aquellos que busquen información sobre la implementación de una planta de inyección de productos plásticos.

1.1. ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

La empresa Unión de Cervecerías Backus y Johnston SAA es una empresa de fabricación de cervezas y es líder en el mercado a nivel nacional. Cuenta en su portafolio de marcas con importante marcas como son: Cristal, Pilsen y Cusqueña a nivel nacional, y con marcas como Arequipeña, Pilsen Trujillo, San Juan a nivel regional. Estas bebidas cervezas son presentadas en botellas de vidrio ámbar en diferentes tamaños: 330 ml, 620ml, 650 ml y 1100 ml. Estas botellas son contenidas en cajas plásticas de 24 cavidades para la presentación de 330 ml y de 12 cavidades para las presentaciones de 620 ml, 650 ml y 1100 ml.

La presentación con mayor participación en el mercado es la botella de 620 ml y 650 ml. Actualmente la empresa cuenta con un mercado de cajas plásticas, para esta presentación, de un tamaño de 15 millones. En adelante denominaremos a las cajas de esta presentación CP12x650 (caja plástica de 12 cavidades para botellas de 650 ml)

El parque actual de CP12x650 se encuentra en rotación en el mercado más de 30 años, las cuales iban siendo reemplazadas según su deterioro. Presentaban diferentes colores, entre rojas, azules, verdes, con mayor preponderancia del rojo, pero en diferentes tonos, lo cual notaba un claro desbalance en la homogenización de los colores.

Así mismo, estas cajas eran encargadas, su fabricación, a diferentes empresas de plásticos del país, por lo que presentaban pequeñas diferencias en su estructura, sin afectar la funcionalidad de la caja.

En el año 2007 la empresa decidió hacer un cambio en la presentación de sus botellas debido al ingreso de un competidor en el mercado. El nuevo cambio se dio en la capacidad y en la forma de la botella de 620 ml, creando la botella de 650 ml, la cual presentaba unos hombros más elevados (ver figura 1.1). Luego de la implementación de estos cambios, lo reclamos por rompimientos de botellas durante el transporte de las botellas llenas se incremento rotundamente. Llegando a la conclusión de que las actuales cajas no presentaban con la altura adecuada del mallado interno, lo cual causaba el contacto entre los hombros de las botellas durante su transporte.

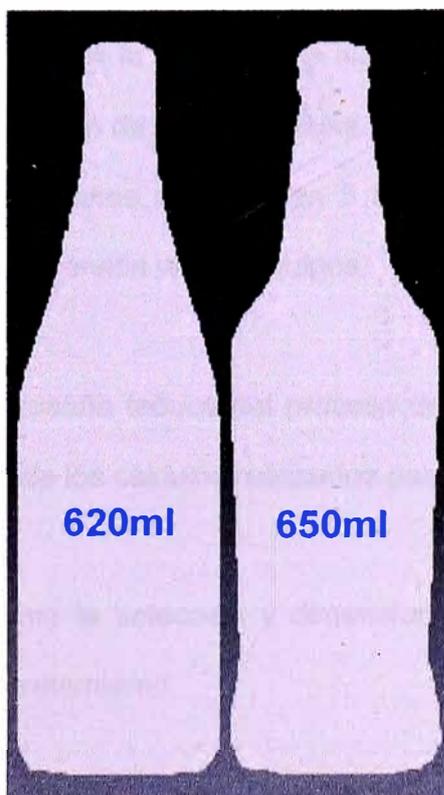


Figura 1.1. Perfil de botellas 620ml y 650ml

Con todos los inconvenientes planteados, la empresa tomó la decisión de renovar, homogenizar y estandarizar el parque de cajas plásticas. Esta solución contemplaba la propia producción de las nuevas cajas plásticas. Las nuevas cajas plásticas deberían cumplir con los nuevos requerimientos, como por ejemplo, ser multifuncional, es decir, deberán poder contener a todas las botellas de los diferentes productos en formatos 620 ml y 650 ml. Asimismo no deberán tener un peso mayor a los 1,900 gramos.

Por lo tanto, se tendría que diseñar, implementar y ejecutar la construcción de una planta de inyección de cajas plásticas que pueda atender la renovación del total del parque de CP12x650 en 5 años.

1.2. ALCANCES Y LIMITACIONES

El presente informe solo tratará la selección y dimensionamiento de los equipos propios de la planta de inyección de cajas plásticas, basados en el requerimiento de renovar un parque de 15 millones de cajas en 5 años. También se mostrará un breve análisis del costo de inversión de los equipos.

Se presenta también una reseña teórica del proceso de inyección para una mejor comprensión del informe y de los cálculos realizados para el fin de este informe.

No es parte de este informe la selección y dimensionamiento de la subestación eléctrica para la planta en tratamiento.

1.3. OBJETIVOS

El presente informe posee como objetivo general el de:

Dimensionar y seleccionar los equipos de una planta de inyección para cumplir con los requerimientos de fabricación de cajas plásticas de la empresa cervecera Backus y Johnston SAA.

Los objetivos específicos de este informe se listan a continuación:

- Conocer los principales plásticos utilizados en la producción de productos plásticos.
- Comprender el proceso de inyección y sus diferentes etapas.
- Conocer las principales tecnologías dentro de una planta de inyección de productos plásticos.

CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE INYECCIÓN

Hoy en día las piezas de plástico ocupan un papel fundamental en nuestras vidas cotidianas, a todos los niveles. Los plásticos son unos materiales derivados fundamentalmente del petróleo en un avance tecnológico sin precedentes. Para fabricar las piezas de plástico, es necesario llevar a término un proceso de transformación industrial que permita su obtención a gran escala. Las principales razones por las cuales se ha hecho extensivo el uso de los materiales plásticos son:

- **Ligereza:** Poseen una baja densidad.

Material	Densidad (g/cm ³)
Acero	7.9
Hierro	5.5
Aluminio	2.8
Plásticos	0.9 - 1.8

Tabla 2.1. Densidad de diferentes materiales

- **Flexibilidad:** En general son de 10 a 15 veces más flexibles que los metales.
- **Transformación rápida y económica:** Los plásticos se funden a temperaturas muy inferiores a la de los metales. Además, no precisan tratamientos posteriores, como desbarbado o mecanizado.
 - Plásticos: - 150 °C - 300 °C
 - Metales: - 800 °C - 1500 °C

- **Transparencia:** En algunos casos los plásticos transparentes, superan en transmisión de luz a los cristales minerales, con las ventajas adicionales de.
 - o Menor peso.
 - o Mayor resistencia al impacto.
 - o Mayor libertad de diseño.
- **Estabilidad química:** Elevada resistencia química a sustancias del tipo:
 - o Corrosión atmosférica.
 - o Disoluciones salinas.
 - o Ácidos y bases minerales.
 - o Disolventes orgánicos.
 - o Detergentes y tensoactivos.
- **Capacidad aislante:** Frente al calor un plástico conduce 1,000 veces menos el calor que un metal. Frente a la electricidad, la conductividad eléctrica de los plásticos es 1,000 trillones inferior a la de los metales.
- **Reciclabilidad:** Hay tres maneras de reciclar los plásticos:
 - o Reciclado Mecánico.
 - o Reciclado Químico.
 - o Reciclado Energético.

2.1. PRODUCCIÓN DE LOS PLÁSTICOS:

Los plásticos, son materiales orgánicos constituidos por macromoléculas, los cuales se producen por la transformación de sustancias naturales o por síntesis directa, a partir del petróleo, gas natural, carbón u otros minerales. Las materias primas para la obtención del plástico provienen del Petróleo, Gas natural y carbón (combustibles fósiles), materiales que son portadores de Carbono, Hidrógeno y Oxígeno, y de

otros productos que contengan Nitrógeno, Cloro, Azufre y Flúor. El más importante de ellos, en volumen, es sin duda el petróleo, aunque conviene señalar que solo un pequeño porcentaje del petróleo extraído actualmente se destina a la elaboración de plásticos.

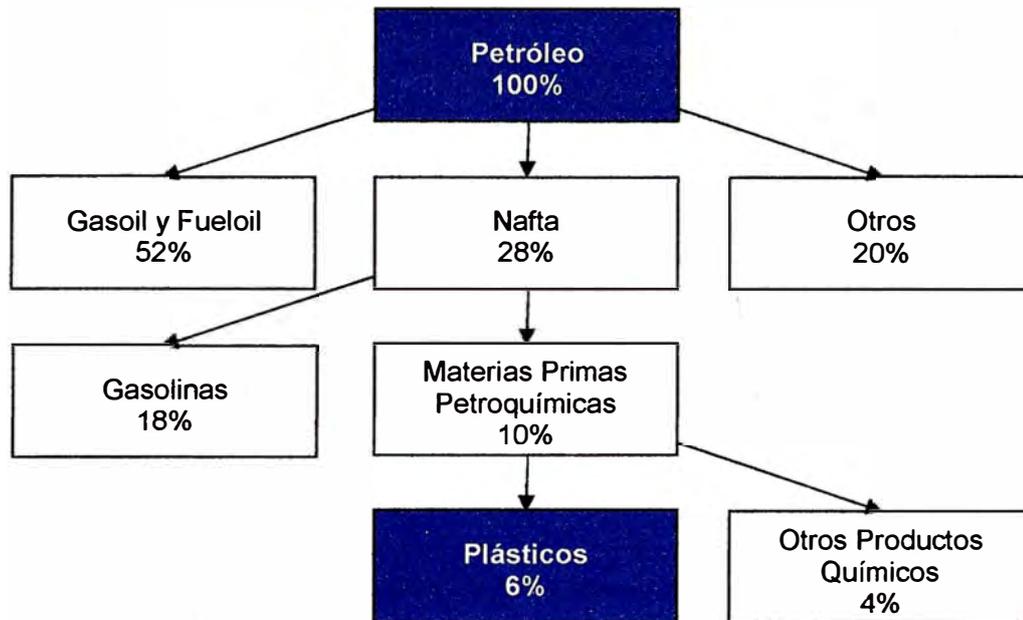


Figura 2.1. Esquema de elaboración de plásticos.

En las refinerías, el petróleo es dividido por destilación, en varias fracciones. Como los diferentes componentes del crudo tienen puntos de ebullición distintos, mediante calentamiento se van obteniendo, sucesivamente, en la torre de fraccionamiento, Gas, Naftas, Fueloil, etc. El residuo es el Asfalto, que se emplea para recubrir carreteras. Todas las fracciones están constituidas por Hidrocarburos, que se diferencian entre sí por el tamaño y configuración de sus moléculas.

La fracción más importante para la fabricación de los plásticos es la de las Naftas. La Nafta se transforma, en un proceso térmico denominado Cracking, en una mezcla de Etileno, Propileno, Butileno, y otros hidrocarburos ligeros.

El rendimiento de etileno depende de la temperatura de cracking. A unos 850 °C, es de un 30%. El Etileno es una materia prima para plásticos, pero a partir de él, por reacción con diferentes compuestos, se obtienen productos como el Estireno o el Cloruro de Vinilo que, a su vez, son materias primeras para otros plásticos. **Es importante saber que la industria de plásticos sólo utiliza el 6% del petróleo de las refinerías.** Otros sectores de la industria consumen mucho mayor porcentaje del petróleo tratado, tal como se indica en la siguiente relación:

• Transporte	41%
• Calefacción	32%
• Productos Químicos	10%
• Centrales Térmicas / Industria	10%
• Otros	7%

Tabla 2.2. Consumo de petróleo por sectores

2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS:

Los plásticos son sustancias formadas por macromoléculas orgánicas llamadas polímeros. Estos polímeros son grandes agrupaciones de monómeros unidos mediante un proceso químico llamado polimerización. Los plásticos proporcionan el balance necesario de propiedades que no pueden lograrse con otros materiales por ejemplo: color, poco peso, tacto agradable y resistencia a la degradación ambiental y biológica. De hecho, plástico se refiere a un estado del material (viscoelástico), pero no al material en sí. Los polímeros sintéticos habitualmente llamados plásticos, son en realidad materiales sintéticos que pueden alcanzar el estado plástico, esto es cuando el material se encuentra viscoso o fluido, y no tiene propiedades de resistencia a esfuerzos mecánicos. Este estado se alcanza cuando el material en estado sólido se transforma en estado plástico generalmente por calentamiento, y es ideal para los diferentes procesos productivos ya que en este estado es cuando

el material puede manipularse de las distintas formas que existen en la actualidad. Así que la palabra plástico es una forma de referirse a materiales sintéticos capaces de entrar en un estado plástico, pero plástico no es necesariamente el grupo de materiales a los que cotidianamente hace referencia esta palabra. De forma general podemos clasificar a los plásticos en: Termoestables, Termoplásticos y Elastómeros.

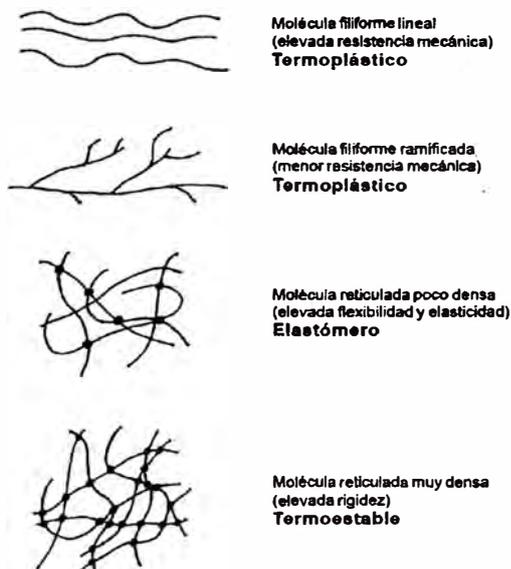


Figura 2.2. Representación de cadenas de los diferentes plásticos

2.2.1. ELASTÓMEROS:

Se componen normalmente de moléculas reticuladas de malla poco tupidas. El número de puntos de unión depende del número de grupos funcionales del monómero de partida y repercute sobre la elasticidad del material. La reticulación poco tupida se origina durante el primer moldeo, después resulta imposible cualquier cambio de forma o soldadura. Entre las características más importantes destacan su gran flexibilidad y elasticidad; es decir, se deforman mucho al someterlos a un esfuerzo pero recuperan su forma inicial al eliminar el esfuerzo. En cada ciclo de extensión y contracción los elastómeros absorben energía, una

propiedad denominada resiliencia. Algunos ejemplos de elastómeros son el latex, el caucho natural, el isopreno, el butadieno, las siliconas.

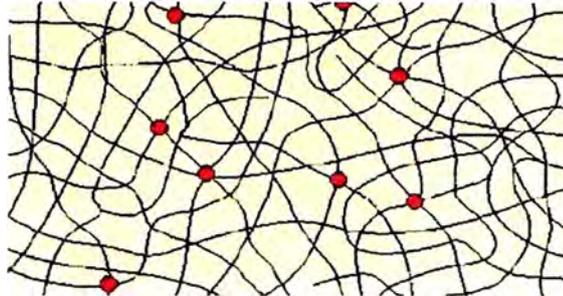


Figura 2.3. Esquema estructural de un elastómero.

2.2.2. TERMOESTABLES:

Los termoestables constan de estructuras moleculares tridimensionales, reticuladas, con malla tupida. La reticulación tiene lugar durante el primer moldeo, después no queda otra posibilidad de cambio de forma, a excepción del mecanizado con arranque de viruta. Y lo único que conseguimos al calentarlos es que se descompongan químicamente, en vez de fluir. Los métodos de transformación más usuales para los termoestables son la colada, le laminado, el prensado y la inyección. Entre las principales características de los termoestables, destacan su gran rigidez y el uso de temperaturas mayores que los termoplásticos. Algunos ejemplos de termoestables son el fenol-formol, la melamina-formol, la urea-formol y los poliuretanos.

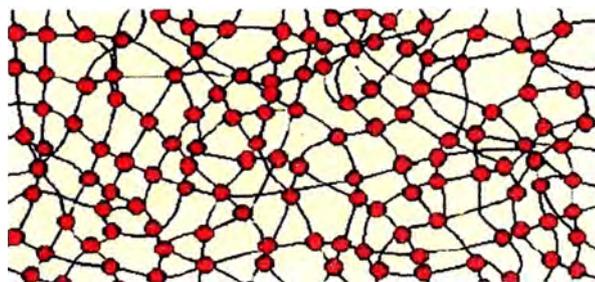


Figura 2.4. Esquema estructural de un termoestable.

2.2.3. TERMOPLÁSTICOS:

Un termoplástico es un plástico el cual, a temperatura ambiente es plástico o deformable, se derrite a un líquido cuando es calentado y se endurece en un estado vítreo cuando es suficientemente enfriado. La mayoría de los termoplásticos son polímeros de alto peso molecular, los que poseen cadenas asociadas por medio de débiles fuerzas Van der Waals (Polietileno); fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlace de hidrógeno; o incluso anillos aromáticos apilados (poliestireno). Los polímeros termoplásticos difieren de los polímeros termoestables en que después de calentarse y moldearse éstos pueden recalentarse y formar otros objetos, ya que en el caso de los termoestables, su forma después de enfriarse no cambia y este prefiere incendiarse. Sus propiedades físicas cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces. Debido a su estructura molecular, hay que diferenciar morfológicamente dos diferenciados tipos de termoplásticos:

- Termoplásticos Amorfos.
- Termoplásticos parcialmente Cristalinos.

Las propiedades de los materiales termoplásticos, tanto de los amorfos como de los semicristalinos, dependen de una serie de aspectos, los más importantes de los cuales son.

Estructura química de los monómeros de partida.

Longitud de la macromolécula.

- Grado de cristalinidad.

Fuerzas intermoleculares.

2.2.3.1. TERMOPLÁSTICOS AMORFOS:

Los termoplásticos amorfos constan de cadenas moleculares largas que cuando se forman, se enredan entre sí, dando lugar a una estructura molecular absolutamente desordenada, sin forma definida (amorfo significa "sin forma").

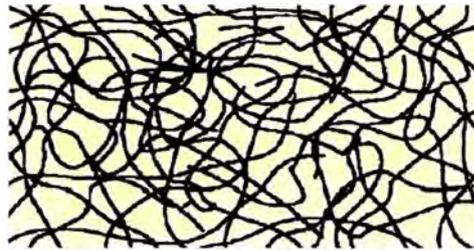


Figura 2.5. Esquema estructural de un termoplástico amorfo.

Estos materiales no cristalizan debido a que su estructura es asimétrica o por impedirlo las ramificaciones laterales, por consiguiente, si no existe modificación, suelen ser transparentes como el vidrio. Son plásticos vítreos. En general presentan buenas propiedades ópticas y poca contracción durante la transformación. Generalmente son frágiles. Los intervalos de temperatura de uso, se sitúan por debajo de la temperatura de solidificación. Las moléculas ramificadas están próximas entre sí pero carecen de unión química, lo cual permite la transformación de los termoplásticos amorfos por cualquiera de los procedimientos típicos termoplásticos. Entre los principales termoplásticos amorfos, tenemos:

- Acrilo Estireno (ASA)
- Policarbonato (PC)
- Polimetacrilato (PMMA)
- Poliestireno (PS)
- Policloruro de vinilo (PVC)
- Poliéter Sulfona (PES)
- Acrilo Butadieno Estireno (ABS)
- Acetato de Celulosa (CA)
- Polisulfona (PSU)
- Estireno Acrilonitrilo (SAN)

2.2.3.2. TERMOPLÁSTICOS SEMICRISTALINOS:

Los termoplásticos semicristalinos presentan zonas de moléculas con un ordenamiento especial, que se denominan *cristalitas*, que se dan en estructuras moleculares simétricas. La cristalización hace que sean, por lo general, traslúcidos; o cuando la porción cristalina es muy elevada, opacos.

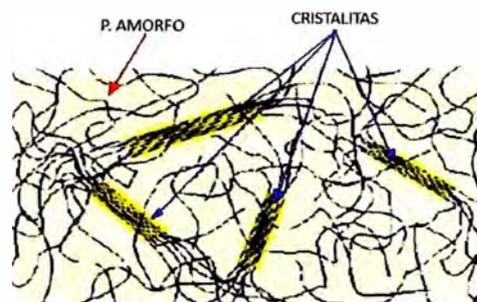


Figura 2.6. Esquema estructural de un termoplástico semicristalino.

Los intervalos de temperatura de uso se sitúan entre la temperatura de solidificación y la zona de fusión de las cristalitas. Los termoplásticos semicristalinos tienen un mejor comportamiento mecánico que los amorfos, y en especial en cuanto a la resistencia a la fatiga. Las posibilidades de transformación son similares a la de los termoplásticos amorfos, con la salvedad de que las condiciones de enfriamiento (temperatura del molde), tiene una gran importancia, debido a la cristalinidad que adquieren según sea la velocidad de enfriamiento. Los termoplásticos semicristalinos más importantes son:

- Polietileno de Baja Densidad (PE-LD)
- Polietileno de Alta Densidad (PE-HD)
- Polipropileno (PP)
- Poliamidas (PA)
- Polióxido de Metileno (POM)
- Polietileno tereftalato (PET)
- Polibutileno tereftalato (PBT)
- Polisulfuro de Fenileno (PPS)
- Poliarilétercetona (PEK)
- Politetrafluoroetileno (PTFE)

Cristalinidad: Las moléculas poliméricas se pliegan sobre sí mismas, formando láminas que son las que constituyen la estructura principal de un polímero cristalino. Para un mismo polímero, pueden obtenerse grados de cristalinidad distintos en función del tiempo que permanece el material entre su temperatura vítrea y su temperatura de fusión (velocidad de enfriamiento). Cuando mayor es este tiempo (menor velocidad de enfriamiento), mayor es el grado de cristalinidad. Para un polímero dado, un mayor grado de cristalinidad representa:

- Mayor rigidez.
- Mayor resistencia a la tracción.
- Mayor resistencia a la fluencia (creep).
- Mayor resistencia al calor.
- Mayor viscosidad y temperatura de fusión.
- Mayor contracción de moldeo.
- Mayor post-contracción y tendencia al alabeo.

Fuerzas Internas, Moleculares e Intermoleculares: Las cadenas moleculares permanecen juntas entre sí gracias a enlaces relativamente débiles entre átomos de distintas cadenas. Las Fuerza de Van der Waals, las fuerzas Dipolares, Enlaces entre Puentes de Hidrógeno, son fuerzas entre moléculas (fuerzas todas ellas denominadas de valencia secundaria).

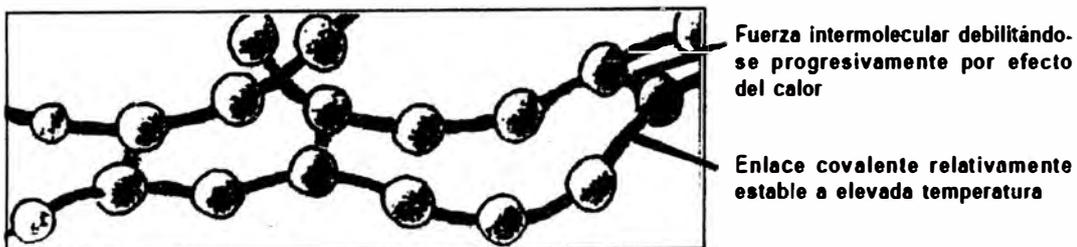


Figura 2.7. Fuerzas en la cadena Polimérica.

Índice de Fluides: Llamado también MFI por sus siglas en inglés (Melt Flow Index). Determina la facilidad con la cual la resina fluye (Norma ASTM 1238). Es la cantidad en gramos de resina a cierta temperatura que fluye durante 10 minutos aplicando un peso específico. Sus unidades están en gramos/10 minutos. El MFI es representativo de cada material, y sirve para comparar distintos materiales entre sí.

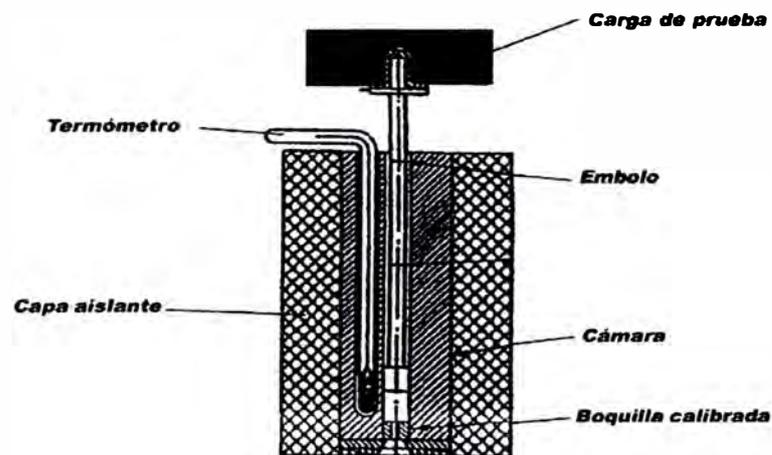


Figura 2.8. Equipo de medición del Melt Index.

Contracción: En los termoplásticos el concepto de contracción de moldeo se explica por la pérdida de volumen que se produce en el plástico al pasar de un estado fundido, en el que las cadenas poliméricas están separadas unas de otras, al estado sólido ya en el molde, en que las cadenas se empaquetan más o menos deslizándose unas sobre otras, para conseguir su estructura molecular característica.

POST-CONTRACCIÓN (NS)

$$NS = \frac{L - L_1}{L} \times 100 (\%)$$

CONTRACCIÓN DE TRANSFORMACIÓN (VS)

$$VS = \frac{L_w - L}{L_w} \times 100 (\%)$$

CONTRACCIÓN TOTAL

$$GS = VS + NS (\%)$$

2.3. PRINCIPALES TERMOPLÁSTICOS:

Podemos separar a los principales termoplásticos en las siguientes familias:

Familia	Polímeros Termoplásticos
Poliiolefinicos	Polielileno (PE)
	Polipropileno (PP)
Polímeros Vinílicos	Policloruro de Vinilo (Rígido) (PVC-U)
	Policloruro de Vinilo (Plastificado) (PVC-P)
Polímeros de Estireno	Poliestireno (PS)
	Poliestireno Butadieno (SB)
	Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)
	Estireno Acrilonitrilo (SAN)
Polimeros Acrílicos	Polimetil Metacrilato (PMMA)
Poliamidas	Poliamidas (PA)
Polímeros Acetálicos	Polióxido de Metileno (POM)
Poliésteres Lineales	Politereftalato de Butileno (PBT)
	Politereftalato de Etileno (PET)
Policarbonatos	Policarbonato (PC)

Tabla 2.3. Principales Polímeros Termoplásticos

Algunas de sus principales propiedades se listan en la siguiente tabla:

Nombre	Símbolo	Densidad (g/cm ³)	Temp. de Fusión (°C)	%Contracción en moldeo	Aplicaciones
Copolímero de estireno, acrilonitrilo y butadieno	ABS	1.03 - 1.07	170 - 200	0.4 - 0.7	relojes, pulsadores, lámparas, botiquines, rejillas, cascos.
Poliestireno	PS	1.05	130 - 160	0.3 - 0.6	envases transparentes, cubiertos, juguetes, peines, estuches, bisutería.
Copolímero de estireno y acronitrilo	SAN	1.08	140 - 170	0.4 - 0.6	teléfonos, pulsadores, carcasa reflector, triángulo de estacionamiento.
Polimetil Metacrilato	PMMA	1.19	150 - 180	0.4 - 0.8	relojes, pulsadores, lámparas, botiquines, rejillas, cascos.
Cloruro de Polivinilo Rígido	PVC-U	1.37 - 1.44	140 - 170	0.4 - 0.7	codos, tubos, perfiles, láminas

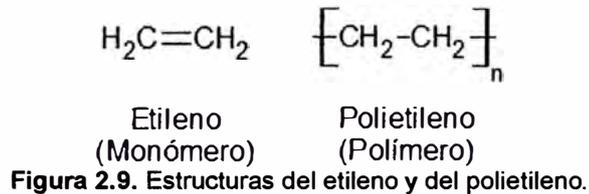
Cloruro de Polivinilo Flexible	PVC-P	1.20 - 1.35	130 - 160	0.5 - 0.8	recubrimientos, cinta aislante, suela de zapatos, guantes, muñecas.
Policarbonato	PC	1.20 - 1.24	220 - 260	0.5 - 0.8	CDs, carcasa de faros, tapas de luminarias, carcasa de PCs, mirillas, lunas, paneles, etc.
Poliétileno de Baja Densidad	LDPE	0.914 - 0.935	110	1.0 - 3.0	Bolsas de todo tipo, stretch film, tubos y pomos, tuberías para riegos, etc.
Poliétileno de Alta Densidad	HDPE	0.94 - 0.97	130	1.5 - 4.0	Envases, cajones, tuberías, guías de cadenas, piezas mecánicas, etc.
Polipropileno	PP	0.90 - 0.92	165	1.0 - 2.5	Empaquetado, industria automotriz, electrodomésticos
Poliámidá 6 Nylon 6	PA6	1.084 - 1.230	220	0.5 - 1.8	Utilizado generalmente en cuerdas para neumáticos
Poliámidá 66 Nylon 66	PA66	1.07 - 1.24	255	0.8 - 1.5	Utilizado en aplicaciones de fibra tales como alfombras, ropa y cuerdas para neumáticos. Es también utilizado como material de ingeniería en cojinetes y engranajes debido a su resistencia a la abrasión y sus propiedades auto-lubricantes.
Acetal Polióxido de Metileno	POM Polióxido de Metileno	1.25 - 1.54	175	2.0 - 2.5	Mecanismos, bolígrafos, clips, grifos, válvulas, engranajes, resortes, cremalleras, etc.
Poliuretálato de etileno	PET	1.33 - 1.50	230		De uso común en envases y aplicaciones de fibras.

Tabla 2.4. Propiedades de principales polímeros termoplásticos

2.3.1. POLIETILENO:

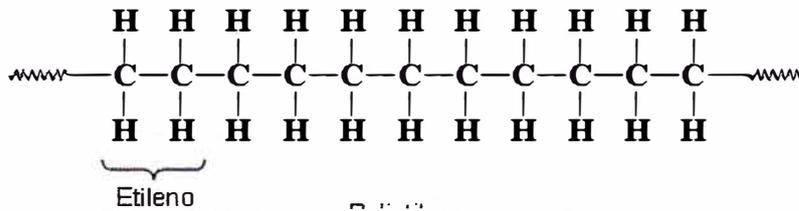
Se denomina polietileno a cada uno de los polímeros de etileno. El polietileno es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva: $(-CH_2-CH_2-)_n$. Es químicamente inerte y se obtiene de la polimerización del etileno (cuya fórmula química es $CH_2=CH_2$ y de nombre IUPAC: eteno). El polietileno es uno de los plásticos más comunes a nivel mundial, es probablemente el polímero que más se ve en la vida diaria debió a su alta producción mundial (60 millones de toneladas por año en el 2005) y su bajo precio (aproximadamente 2,800 \$/ton en la

actualidad). Existen, básicamente, dos tipos de polietileno, el polietileno de baja densidad y el polietileno de alta densidad.



2.3.1.1. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE):

El polietileno de alta densidad es un polímero de cadena lineal no ramificada. Su resistencia química y térmica, así como su opacidad, impermeabilidad y dureza son superiores a las del polietileno de baja densidad. Se emplea en la construcción y también para fabricar prótesis, envases y contenedores de agua y combustible. Posee una densidad de 0.945 g/cm³ hasta 0.965 g/cm³.



2.3.1.2. POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (LDPE):

El polietileno de baja densidad es un polímero de cadena ramificada. Es un sólido más o menos flexible, según el grosor, ligero y buen aislante eléctrico. Se trata de un material plástico que por sus características y bajo coste se utiliza mucho en envasado, revestimiento de cables y en la fabricación de tuberías. Posee una densidad de 0,914 g/cm³ hasta 0.935 g/cm³.

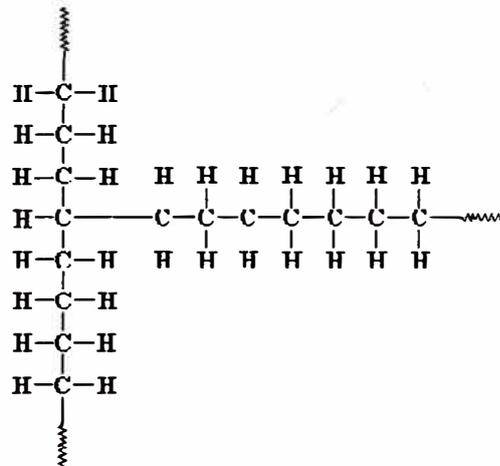


Figura 2.11. Cadena del polietileno de baja densidad.

Características	LDPE	HDPE
Grado de cristalinidad (%)	40 hasta 50	60 hasta 80
Densidad [g/cm]	0,915 hasta 0,935	0,94 hasta 0,97
Temperatura de fusión (°C)	105 hasta 110	130 hasta 135
Estabilidad Química	buena	excelente
Esfuerzo de ruptura (N/mm ²)	8,0 - 10	20,0 - 30,0
Elongación a ruptura (%)	500 - 700	200 - 400
Módulo Elástico E (N/mm ²)	600 - 800	800 - 1300
Coefficiente de expansión lineal (K ⁻¹)	1.7 * 10 ⁻⁴	2 * 10 ⁻⁴
Temperatura de reblandecimiento (°C)	110	140

Tabla 2.5. Comparación de características de los polietilenos.

2.4. CODIFICACIÓN DE PLÁSTICOS:

Para clasificar la gran variedad de plásticos existe un sistema de codificación, desarrollado por la Sociedad de Industrias Plásticas de Estados Unidos (SPI, Society of the Plastics Industry). Los productos llevan una marca que consiste en el símbolo internacional de reciclado  con el código correspondiente en medio según el material específico (ver tabla).

Tipo de Plástico	Código	Tipo de Plástico	Código
Polietileno Tereftalato	  PET PETE	Polietileno de Alta Densidad	 HDPE
Vinílicos	  V PVC	Polietileno de Baja Densidad	 LDPE
Polipropileno	 PP	Poliestireno	 PS
Otros	 OTHER		

Tabla 2.6. Codificación de plásticos.

2.5. ADITIVOS MAS COMUNES PARA LOS PLÁSTICOS:

Los polímeros que se obtienen en el reactor de polimerización son sustancias más o menos puras, cuyas propiedades distan mucho de ser idóneas para un gran número de aplicaciones. Es por ello que, después de la polimerización, se hace necesaria una etapa complementaria de confección.

Polímero + Aditivo = Plástico

Los aditivos son sustancias que se incorporan al polímero, para:

- Ayudar en el proceso de transformación.
- Mejorar, modificar y/o reforzar las propiedades del polímero para su empleo final.

Podemos dividirlos en Aditivos, Cargas y Refuerzos.

Aditivos: Añaden una determinada propiedad a los plásticos, pueden ser sólidos o líquidos.

Aditivo	Definición	Comentarios
Antioxidantes	Evita la rotura de los enlaces de los polímeros (oxidación) que acorta la longitud de las cadenas, lo que causa debilitamiento y fractura del material	Los hay primarios (fenolitos y aminas) y secundarios (fosfitos y tioesteres). El polipropileno y polietileno son muy proclives a la oxidación.
Agentes Antiestáticos	Atraen la humedad del aire haciendo que la superficie del producto sea más conductora, lo que a su vez disipa las cargas estáticas	Se incluyen en la composición del polímero o se aplican en la superficie del producto. Los más comunes son la minas, fosfatos orgánicos, etc.
Colorantes	Determinan el color del producto. Pueden ser: - Tintes. - Pigmentos Orgánicos. - Pigmentos Inorgánicos. - Pigmentos de Efecto Especial.	Se pueden presentar en forma de precolor (resina ya pigmentada), polvo, líquido o concentrados de color (masterbatch). Promueven la contracción pues actúan como agentes nucleantes.
Agentes de Copulación	Llamados también aceleradores, se emplean como tratamientos superficiales para mejorar la unión en la matriz de los refuerzos, cargas, etc.	Promueven la unión o adherencia entre los polímeros y refuerzos o cargas. Los más comunes sono el silano y titanato.
Agentes de Curado	Favorecen la reticulación, es decir la unión entre los extremos de los monómeros formando cadenas largas de polímeros.	Se emplean inhibidores (estabilizadores) para bloquear la polimerización, con ello se prolonga la vida en almacenamiento del producto. Los catalizaadores, endurecedores o también llamados iniciadores, también favorecen la reticulación de termoplásticos. Los aceleradores hacen el efecto contrario, favorecen la polimerización.
Retardantes de Llama	Emiten un gas que extingue el fuego (halógeno) al calentarse. Otros de hinchan o expanden, formando así una barrera aislante contra el calor y la llama.	Los halogenados son más efectivos, emiten gases inertes que dificultan la combustión. Algunos enfrían la zona calentada emitiendo agua, por último, hay los que forman una barrera carbonizada.
Agentes Espumantes	Llamados también espumantes, buscan lograr una estructura celular en el polímero.	Los existen físicos y químicos. Los físicos liberan al calentarse gases que forman celdas o bolsas en el polímero. Los químicos emiten gases pero debido a una reacción química.

Estabilizantes Térmicos	Retardan la descomposición del polímero debido al calor, energía luminosa, oxidación, esfuerzo mecánico o cizallamiento.	Se emplean principalmente para el PVC debido a su poca estabilidad térmica. Aún se emplea compuestos a base de cadmio y plomo.
Modificadores de Impacto	Monómeros elastómeros que se añaden a los termoplásticos para mejorar las propiedades de impacto, índice de fusión, acabado superficial y resistencia a la intemperie.	El PVC se endurece por modificaciones con ABS, EVA y algunos elastómeros.
Lubricantes	Reducen la fricción entre la resina y el molde, favorece la emulsión entre los compuestos de la resina y evitan la adherencia del producto a las paredes del molde.	Pueden ser ceras, como la carnauba, parafina y ácido esteárico. Son también jabones. Estearatos de cadmio, plomo, zinc, bario y calcio. Su exceso dificulta la polimerización.
Plastificantes	Mejoran la capacidad de fluir del polímero cuando es sometido a esfuerzos de cizallamiento.	Aumenta la flexibilidad, reduce la viscosidad y temperatura de fusión. Tienen propiedades lubricantes y hacen al polímero más flexible.
Conservantes	Protegen a los polímeros de los ataques microbiológicos debido a la humedad, insectos y animales.	Se tratan de microbicidas, fungicidas, insecticidas y raticidas.
Auxiliares de Tratamiento	Mejoran el tratamiento, producción y acabado superficial del producto.	Pueden ser los: Antibloqueantes o ceras que exudan y evitan la adhesión, Emulsionantes que reducen la tensión superficial, Disolventes que "ablandan" la resina para lograr su procesamiento.
Estabilizadores UV	Aumentan la resistencia a la descomposición por la luz ultravioleta solar.	Las poliolefinas (PE, PP), el PS, el ABS, poliuretanos y PVC son bastantes sensibles al sol, pues los rayos ultravioletas rompen sus enlaces moleculares haciendolos envejecer y agrietarse.

Tabla 2.7. Principales Aditivos

Refuerzos: Mejoran notablemente las propiedades físicas del polímero, pero no se disuelven en la matriz del mismo, por ello, convierten el material en un compuesto. Generalmente son fibras, tales como las fibras de vidrio, fibras carbonaceas, fibras de polímero, fibras inorgánicas, fibras metálicas, fibras híbridas.

Cargas: Son partículas pequeñas que rellenan los espacios en la matriz del polímero, generalmente son empleados para reducir costos y dar firmeza al producto. Pueden ser del tipo Orgánico (aserrín, polvo de conchas, pulpa de madera, fibras de sisal, papel macerado, lignina, queratina, nylon cortado, carbón en polvo, etc.) o Inorgánico (cuarzo, escamas de vidrio, fibras de vidrio cortadas o trituradas, tierra de diatomeas, arcilla, silicato cálcico, carbonato de calcio, aluminio en polvo, polvo de bronce, talco, etc.)

2.6. DESCRIPCIÓN DE LA INYECTORA:

El proceso de inyección es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero, en estado fundido, en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En el molde el material fundido se enfría hasta solidificarse. La pieza final se obtiene al abrir el molde y extraer de la cavidad la pieza moldeada. Para realizar este proceso se necesita una máquina inyectora que incluya un molde. Una máquina de inyección está compuesta por cuatro conjuntos: la bancada, la unidad de cierre, la unidad de inyección y el control de mando.

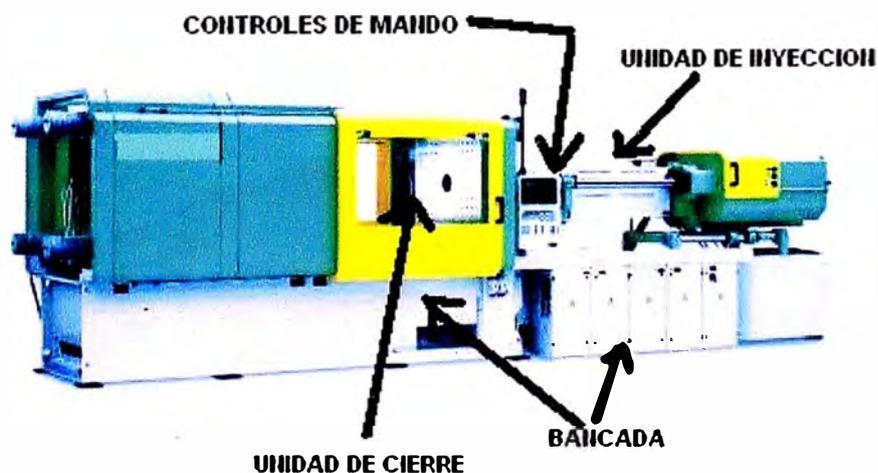


Figura 2.12. Partes de una máquina inyectora

2.6.1. LA BANCADA:

La bancada es el soporte estático de las unidades de cierre y la unidad de inyección y contiene múltiples componentes útiles para el funcionamiento de la máquina. En las máquinas hidráulicas, el equipamiento principal con su depósito de aceite, bomba, motor eléctrico, paso de cableado y los elementos de nivelación de toda la máquina, acostumbran a situarse, entre otros componentes, en la bancada.

2.6.2. UNIDAD DE CIERRE:

La unidad de cierre o prensa es la encargada de portar el molde y de proveer la fuerza de cierre necesaria para soportar la inyección del plástico fundido dentro de la cavidad. Puede ser de accionamiento mecánico por rodilleras o hidráulica por pistón. Consta siempre de un plato fijo a la bancada y un plato móvil que se desplaza longitudinalmente. En cada uno de los platos se fija una mitad del molde. Generalmente, la expulsión del molde va montada en el plato móvil, y ésta actúa al finalizar el recorrido del movimiento de apertura. Si la fuerza de cierre fuera insuficiente, el material escapará por la unión del molde, causando así que el molde tienda a abrirse.

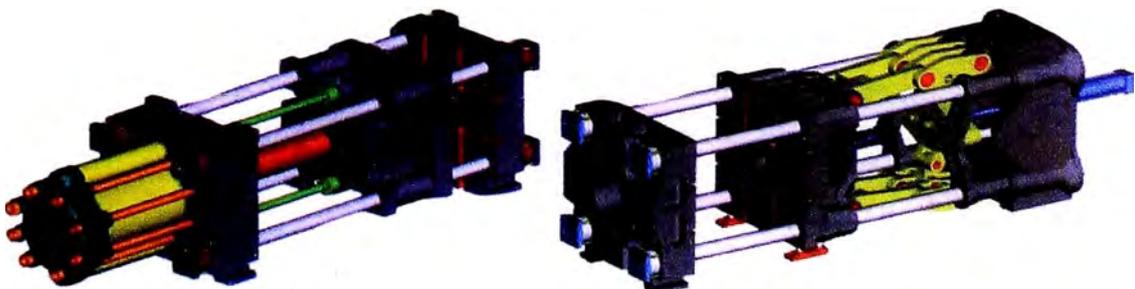


Figura 2.13. Unidad de cierre tipo pistón y tipo rodillera

Presión de Cierre: En los sistemas de rodillera, la eficacia de la presión de cierre está directamente relacionada con el buen funcionamiento del propio mecanismo de la rodillera, es decir, de su desgaste y precisión de construcción. Por otra parte, para tener conocimiento de la presión de cierre aplicada se mide el estiramiento de las columnas. En caso de un ajuste defectuoso de altura de molde pueden aparecer deformaciones de molde o de las columnas. La rotura de las columnas también puede producirse en caso de montar un molde no paralelo, dado que esto provocaría una sobrecarga en una de las columnas. Debe de saberse que en todas las máquinas con columnas (de rodillera o de pistón), las columnas junto con sus cabezales son los que soportan el esfuerzo de cierre de las máquinas, produciendo sobre las mismas un estiramiento que debe ser el mismo para todas ellas.

Distribución de la Presión de Cierre: Es necesario que las placas tengan una gran rigidez donde la presión de inyección en el molde alcanza su máximo valor. Esta, normalmente, está situada en el centro de la placa, por lo tanto, es una ventaja transmitir la presión de cierre al centro del plato móvil para evitar la flexión de éste y del molde.

Ajuste de la Altura del Molde: El ajuste de la altura del molde suele ser mecánico, se hacen girar las cuatro tuercas de las columnas de forma simultánea mediante un gran engranaje o sistema de cadenas, que a su vez son accionados por algún motor o bien manualmente. Hoy en día el avance tecnológico de las máquinas permite una regulación de altura de molde directamente desde el control de la máquina previa programación de la medida del grueso de molde.

2.6.3. UNIDAD DE INYECCIÓN:

En la unidad de inyección se funde el plástico, se homogeniza, se dosifica y se inyecta a presión en el interior del molde. La unidad de inyección consta de una tolva de alimentación, un cilindro plastificador calentado mediante unas resistencias eléctricas, un husillo que actúa de émbolo y un cabezal de salida donde se aloja la boquilla de inyección. Todo ello va apoyado sobre un carro móvil para aproximar y separar la boquilla de inyección al molde.

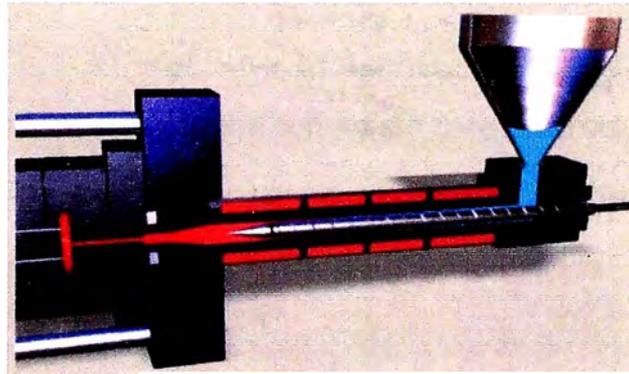


Figura 2.14. Unidad de inyección

Husillo: El husillo tiene dos funciones: una de transportar y fundir el plástico, con movimientos de rotación y traslación hacia atrás, y otra, de actuar como émbolo de inyección por desplazarse axialmente hacia adelante sin girar. El husillo dispone de una geometría particular. Cada fabricante de maquinaria tiene sus propias características constructivas de husillo, según las experiencias e investigaciones que haya realizado. No obstante, parece existir unanimidad en el criterio que afecta a la geometría del husillo en general. Así, básicamente, el husillo lo podemos dividir en tres zonas claramente diferenciadas por el cometido específico de cada una:

- **Zona de Alimentación:** Ocupa un 60 % del largo del husillo aproximadamente. La característica principal de esta zona es la de disponer

de una buena capacidad volumétrica que permita el transporte de gran cantidad de material, que todavía está en forma de pellets, hacia la parte delantera del husillo.

- **Zona de Compresión:** Ocupa un 20 % del largo del husillo aproximadamente. Una disminución de la capacidad volumétrica provoca que el material sea comprimido, generando una gran cantidad de calor por fricción, provocando la fusión del mismo con la consiguiente reducción de su volumen específico. El aire que acompañaba al material granulado es eliminado hacia la zona de alimentación por efecto de la compresión.
- **Zona de Plastificación:** Ocupa un 20 % del largo del husillo aproximadamente. Es la zona con menor capacidad volumétrica, y en ella el material, ya fundido, es sometido a un mezclado intensivo para conseguir el grado de homogeneidad necesario de la masa fundida.

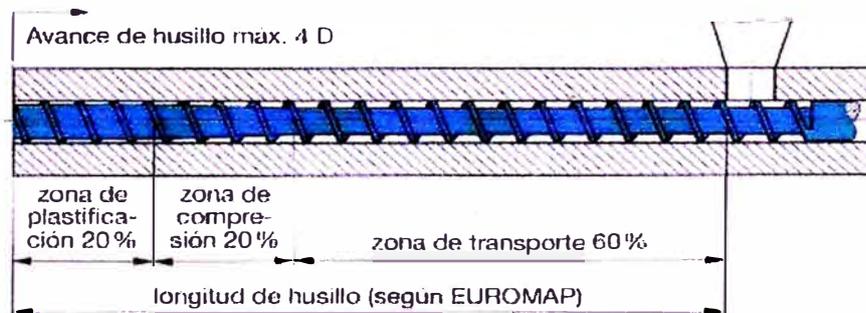


Figura 2.15. Tornillo de inyección

Cada tipo de material termoplástico, en función a sus características, exige un perfil de husillo que mediante su diseño adecuado mejor conserve los valores de propiedades del material al ser procesado. La buena adecuación del husillo al material a procesar dará los mejores resultados. Una de las mejores referencias para la buena adecuación del tipo de husillo al material a procesar es la Relación de Compresión del husillo, la cual, se define como la relación entre la capacidad

volumétrica de un paso entre filetes en la zona de alimentación y la capacidad volumétrica de un paso entre filetes en la zona de plastificación. A modo de generalización, podemos indicar que la Relación de Compresión de husillo más adecuada está en relación directa con la fluidez de los materiales. Cuanto mayor es la fluidez del material, mayor debe de ser la relación de compresión del husillo utilizado para una correcta transformación. Otra de las características del husillo de inyección es la relación L/D, donde L es la longitud del husillo y D es el diámetro del husillo. Esta relación Longitud/Diámetro nos indica cuantas veces está contenido el diámetro del husillo en la longitud total del mismo.

2.6.4. CONTROL DE MANDO:

Todos los elementos destinados al acceso, el ajuste y el control de todas las variables del proceso de inyección, se encuentran en el control de mando. Desde el mismo, se gestionan y procesan a través de una consola o teclado alfanumérico, los datos de funcionamiento y producción, pudiéndose memorizar e imprimir. La visualización se efectúa a través de una pantalla.

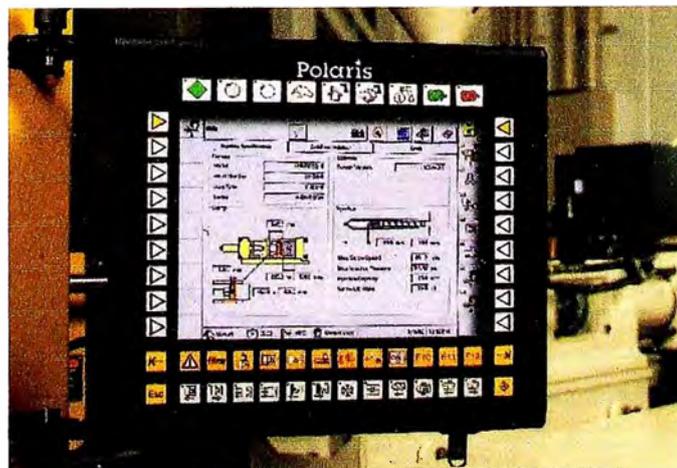


Figura 2.16. Pantalla táctil de un inyectora Husky

2.7. TEORÍA DE LA INYECCIÓN:

Describiremos en una forma más detallada lo que ocurre en los pasos del proceso de moldeo por inyección. El plástico se coloca en la tolva, normalmente en gránulos (pellets) en forma de esfera. En algunos casos el termoplástico tiene que ser secado o deshumificado antes de utilizarlo. Podemos representar esquemáticamente el ciclo de inyección de la siguiente manera:

CIERRE DEL MOLDE -1-	AVANCE DE CARRO -2-	INYECCIÓN -3-	PRESIÓN DE SOSTENIMIENTO -4-	ENFRIAMIENTO -7-		APERTURA DE MOLDE -8-	EXPULSIÓN DE LA PIEZA -9-
				RETROCESO DE CARRO -5-	DOSIFICACIÓN Y PLASTIFICACIÓN -6-		

Figura 2.16. Esquema del ciclo de inyección.

En forma secuencial podemos representar el ciclo de inyección de la siguiente manera:

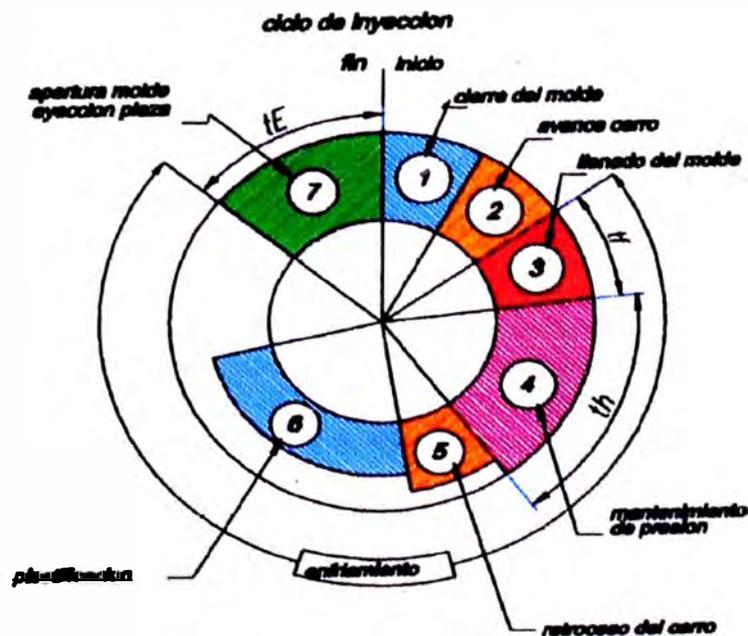


Figura 2.17. Diagrama representativo del ciclo secuencial de inyección.

2.7.1. CIERRE Y APERTURA DEL MOLDE:

La velocidad de cierre y apertura del molde deben ser las máximas posibles para evitar pérdidas de tiempo. Las limitaciones están dadas por las inercias del grupo del cierre y por la secuencia de movimientos de partes móviles del molde. Por este motivo, las máquinas modernas tienen un escalonamiento de las fases de cierre y apertura que aprovecha las inercias de la unidad de cierre. Entre las principales variables a controlar durante el cierre y apertura del molde tenemos:

- Velocidades de apertura y cierre.
- Longitud de apertura del molde.
- Seguro del molde.
- Fuerza de cierre (tonelaje).

Durante el cierre, el aceite entra en el cilindro hidráulico empujando a la placa móvil hacia delante, cerrando el molde. Esto se lleva en dos pasos. Primero un cierre a alta velocidad y momentos antes de que las mitades del molde hagan contacto se reduce la velocidad cerrando lentamente y a baja presión hasta que el molde se encuentra cerrado completamente. Esto se hace con el fin de proteger el molde. Si no cerrara con seguro de molde, la máquina aplicaría toda su fuerza de cierre sobre el obstáculo y podrían producirse importantes daños en el molde. Después de cerrado el molde, se eleva la presión del aceite, en el cilindro hidráulico generando la fuerza de cierre para mantener cerrado el molde durante la inyección. Si la fuerza de cierre es menor a la fuerza generada por la presión de inyección dentro del molde, éste se abrirá, teniendo como consecuencia que la pieza salga con exceso de plástico o comúnmente llamada rebaba o flash, a la cual habrá que darle un

acabado o ser molida para procesarla nuevamente. Es conveniente no sobrepasar la presión necesaria para no sobrecargar el molde sin necesidad y ahorrar consumo de energía.

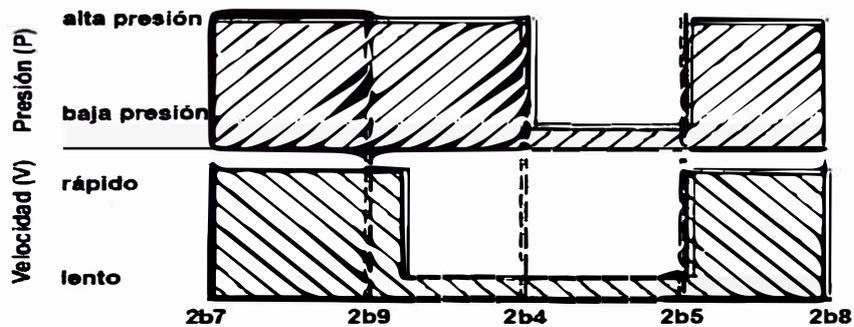


Figura 2.18. Diagrama de velocidad y presión de la unidad de cierre.

2.7.2. AVANCE Y RETROCESO DE CARRO:

Es necesario separar el carro de la entrada del molde para evitar que, durante la fase de enfriamiento, del material en el molde, se enfríe también el que queda en la boquilla. Siempre es un tiempo perdido, y por lo tanto se intentará reducir al máximo el recorrido de separación. En el caso de ciclos de trabajo muy rápidos, es posible mantener la boquilla apoyada en el molde debido a que el material que está en la boquilla no tiene tiempo de enfriarse. El principal problema que se tiene, cuando la boquilla no está en contacto con el molde, es el goteo de material. Para evitar este problema se aplica una descompresión o succión en el husillo, la cual se realiza al final de la dosificación y antes de iniciar el retroceso del carro, y consiste en retroceder sin girar el husillo. En la actualidad las boquillas de inyección vienen provistas de un obturador o válvula de cierre, la cual permite controlar el momento en que la boquilla permite el paso del material. Con este dispositivo se puede mantener pegado el carro al molde.

2.7.3. INYECCIÓN O LLENADO:

La misión de esta fase es la de suministrar el material suficiente para el llenado de la pieza en caliente. Se produce a alta presión para aumentar la velocidad de llenado y favorecer el acceso de material a todos los puntos del molde. Tiene como principales variables a controlar: la máxima presión de inyección, las velocidades de inyección y el punto de cambio a sostenimiento. Durante la inyección actúan los cilindros hidráulicos de inyección empujando el husillo hacia delante, utilizándolo como pistón al inyectar el material en las cavidades del molde, con una determinada presión y velocidad de inyección, hasta llegar al punto de cambio a sostenimiento. Normalmente se tiene en la punta del husillo una válvula antiretorno que impide que el material fluya hacia atrás en el momento de la inyección. Esta válvula se abre al dosificar y se cierra al inyectar.

2.7.4. PRESIÓN DE SOSTENIMIENTO:

Después de la inyección, la presión es mantenida un cierto tiempo, a esta se le conoce con el nombre de presión de sostenimiento y normalmente es menor a la presión de inyección. Mientras el material se enfría, se vuelve más viscoso y solidifica. La presión de sostenimiento debe mantenerse hasta el momento en que se solidifican las compuertas de ingreso de material en la cavidad, momento en el cual, la presión de sostenimiento no tiene efecto alguno. La presión de sostenimiento se controla mediante: la presión de sostenimiento y el tiempo de mantenimiento de la presión de sostenimiento

Los parámetros a controlar en la fase de inyección como en la fase de sostenimiento intervienen directamente en la calidad del producto final.

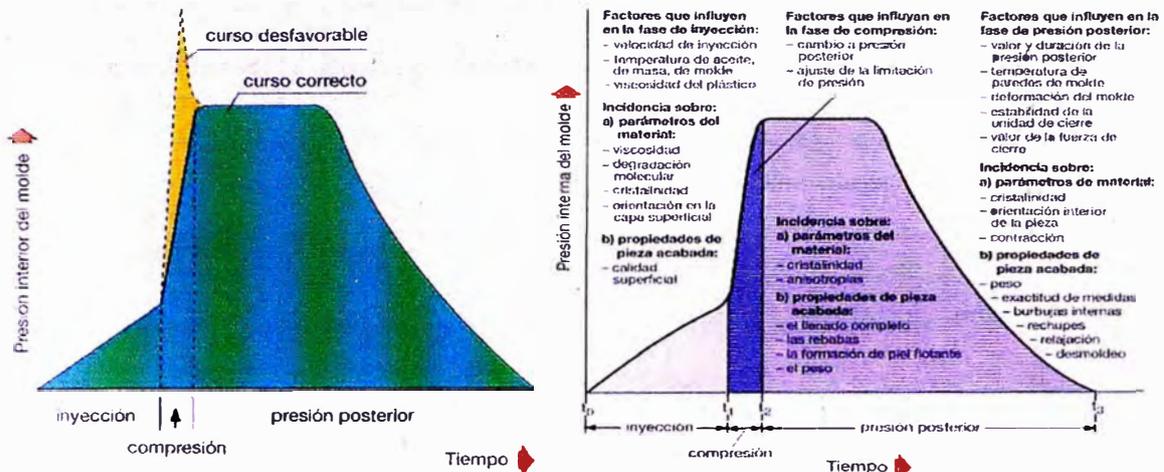


Figura 2.19. Diagrama de la presión de inyección

2.7.5. ENFRIAMIENTO:

Es la fase en la cual el calor del plástico fundido dentro de la cavidad del molde es transmitido al molde a través de las paredes que están en contacto con el plástico por conducción. Este calor es disipado por un refrigerante, normalmente agua, que corre a través de los orificios hechos en el molde (circuitos ó canales de refrigeración). El tiempo de enfriamiento necesario para enfriar la pieza se ajusta en un regulador de tiempo. Generalmente es el tiempo más largo durante el ciclo de inyección, por lo que, los nuevos diseños de moldes apuntan a disminuir este tiempo. Entre los principales parámetros a controlar en esta fase tenemos: el tiempo de enfriamiento y los caudales y temperaturas del flujo refrigerante (temperatura del molde)

En cualquier polímero, las relaciones entre presión, volumen y temperatura (curvas PVT) son muy importantes para obtener un proceso de inyección eficiente, ya que el

volumen específico de un polímero aumenta al ascender la temperatura del mismo. Entre estas dos dimensiones se presentan curvas isobáricas por las cuales se guía el polímero. El comportamiento de los polímeros amorfos y semicristalinos en el paso de enfriamiento es muy diferente, lo que debe ser tenido en cuenta si se quiere obtener una pieza de alta calidad.

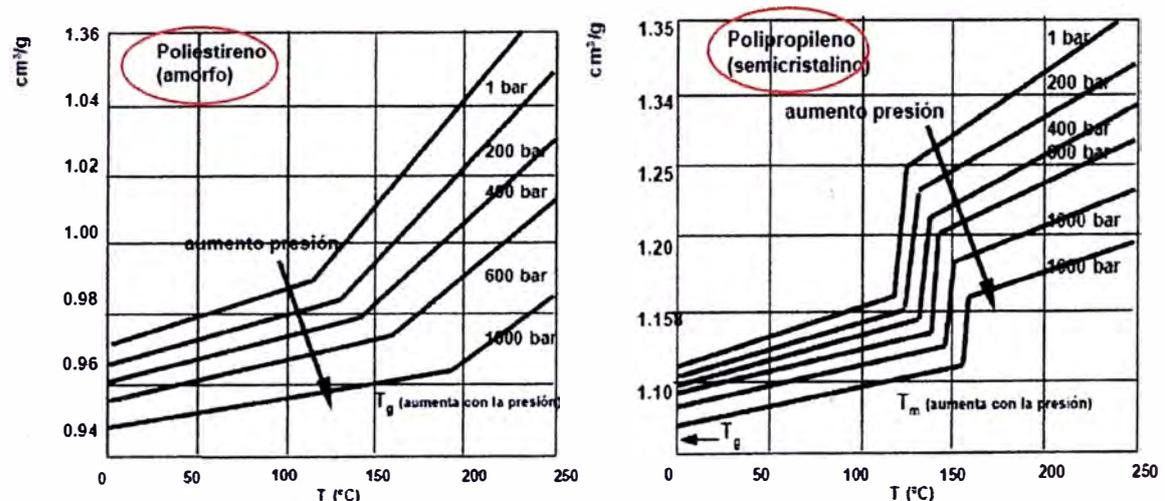


Figura 2.20. Diagrama PvT para el poliestireno y el polipropileno.

2.7.6. DOSIFICACIÓN Y PLASTIFICACIÓN:

En esta fase el material es plastificado principalmente por la rotación del husillo, convirtiendo la energía mecánica en calor, también absorbe calor de las bandas calefactores del cilindro, conocidas también como resistencias. Mientras el material es plastificado y homogenizado, se le transporta hacia delante, a la punta del husillo. La presión generada por el husillo sobre el material fuerza el desplazamiento del sistema motriz, el pistón hidráulico de inyección y del mismo husillo hacia atrás, dejando una reserva de material plastificado en la parte delantera del husillo. A este paso se le conoce como dosificación o carga del cilindro. El husillo sigue girando hasta el límite de carrera prefijado, el cual determina la cantidad de material que queda delante del husillo. El husillo al

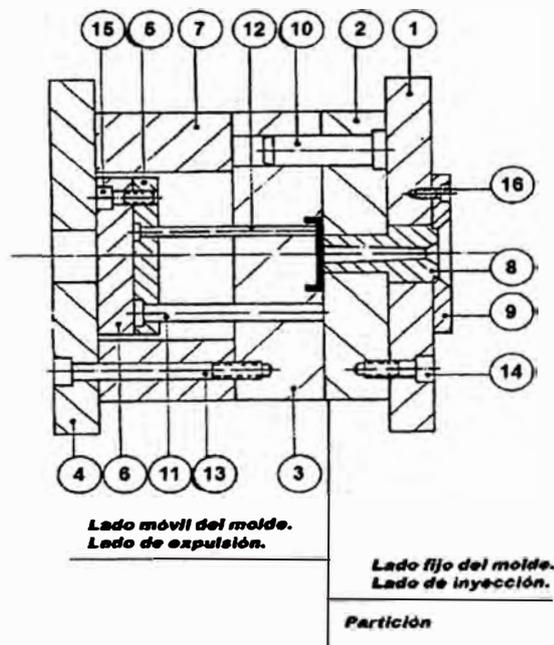
correrse hacia atrás fuerza la salida del aceite del pistón hidráulico de inyección. Esta salida de aceite puede ser directa al tanque o depósito por medio de una válvula para generar una cierta presión en el material que está siendo plastificado y homogenizado por el husillo. A esta presión se le conoce como contrapresión. Al finalizar la dosificación, se retrocede el husillo ligeramente para descomprimir el material y evitar que fluya hacia fuera de la boquilla cuando la unidad de inyección se separe del molde. A esto se le conoce con el nombre de descompresión. Generalmente la dosificación y plastificación del material se da en paralelo con el enfriamiento. Los principales parámetros a controlar en esta fase son: la velocidad de rotación del husillo, las temperaturas del cilindro de inyección, la contrapresión, la descompresión y la carga del husillo.

2.7.7. EXPULSION DE LA PIEZA:

Cuando se termina la fase de enfriamiento se abre el molde y un mecanismo de expulsión separa el artículo del molde y la máquina se encuentra lista para iniciar el próximo ciclo. Este sistema de expulsión generalmente es dado por la máquina inyectora, la cual viene dotada de una placa anexa a la placa móvil de la unidad de cierre y mediante conexiones mecánicas se transmite el movimiento al sistema de expulsión de molde. Algunos sistemas de molde para piezas de geometrías más complejas requieren algunos movimientos, de partes móviles del molde, anteriores a la expulsión de la pieza. Estos movimientos generalmente son comandados por un sistema de control hidráulico dotado por la máquina inyectora, y son conocidos como noyos o cores. Los principales parámetros a controlar durante esta fase son las velocidades y presiones de salida y entrada del sistema de expulsión.

2.8. INTRODUCCIÓN A LOS MOLDES DE INYECCIÓN:

El molde es la parte más importante de la máquina de inyección, ya que es el espacio donde se genera la pieza. Para producir un producto diferente, simplemente se cambia el molde, al ser una pieza intercambiable que se atornilla en la unidad de cierre. El molde consta de dos mitades, que se fijan directamente sobre los platos de la máquina de inyección. Estos dos elementos son: el lado inyector (también denominado lado hembra) que va montado al plato fijo de la inyectora, y el lado extractor (también denominado lado macho) que va montado en el plato móvil de la inyectora. El plano de unión de estas dos mitades se denomina Plano de Partición, el cual es perpendicular a la dirección de la inyección del plástico.



- | | |
|--|---|
| 1. Placa apoyo lado inyección. Placa trasera fija. | 2. Placa figura lado inyección. |
| 3. Placa figura lado expulsión. | 4. Placa apoyo lado expulsión. Placa trasera móvil. |
| 5. Placa expulsora-guía expulsora. | 6. Placa expulsora-empuja expulsores. |
| 7. Regle puente. | 8. Bebedero. Boquilla de inyección. |
| 9. Aro-centrador. | 10. Guía-columna molde. |
| 11. Retrocesos. | 12. Expulsoras. |
| 13. Tornillo fijación puente. | 14. Tornillo fijación placas lado inyección. |
| 15. Tornillo fijación expulsoras. | 16. Tornillo fijación aro centrador. |

Figura 2.21. Principales elementos de un molde.

La cavidad del molde tiene la forma del objeto a fabricar; en ella se produce el moldeo y el enfriamiento de la masa, hasta que ésta alcanza un estado suficientemente estable e indeformable para poder desmoldarla. Las funciones del molde consisten, pues, en:

- Recibir la masa plástica.
- Distribuir la masa plástica.
- Dar forma a la masa plástica.
- Enfriar y pasar al estado sólido la masa plástica.
- Extraer la pieza enfriada.

2.8.1. CLASIFICACIÓN DE LOS MOLDES:

A primera vista, parece muy difícil establecer una clasificación de los moldes, dada la multiplicidad de materiales y máquinas en el mercado, así como la configuración adoptada por cada fabricante. Sin embargo en el curso del tiempo se han ido desarrollando una serie de construcciones que se repiten constantemente para los artículos más diversos. De esta manera la clasificación de los moldes de inyección se rigen por las características principales de construcción y función como:

- El numero de cavidades.
- El tipo de colada.
- El tipo de expulsión de las piezas inyectadas.
- El número de placas.
- El tipo de desmoldeo.

Según el número de cavidades tenemos moldes simples y múltiples. La determinación de la cantidad de cavidades en un molde depende técnicamente del peso de material por inyección, del rendimiento de plastificación y de la presión de cierre de la máquina.

Moldes Simples: Son aquellos que poseen una sola cavidad.

- **Moldes Múltiples:** Son aquellos que poseen dos o más cavidades.

Según el tipo de colada tenemos:

- **Moldes de Colada Fría:** Son aquellos moldes donde la mazarota o colada se enfría junto con la pieza, y ambas partes tienen que ser expulsadas para dar paso al siguiente ciclo de inyección.
- **Moldes de Colada Caliente:** Son aquellos moldes en los cuales la mazarota o colada se mantiene caliente debido a calefacciones (resistencias eléctricas) dentro del molde. Esto permite que se pueda proseguir con el siguiente ciclo de inyección, sin necesidad de extraer la colada.

Según el tipo de expulsión de la pieza tenemos:

- **Moldes con Expulsión Mecánica:** Son aquellos moldes en los cuales, generalmente, se acopla mecánicamente el sistema de eyección a la placa de eyección de la máquina inyectora.
- **Moldes con Expulsión Neumática:** Son aquellos moldes que necesitan de aire presurizado para poder extraer la pieza. Muy utilizado en moldes de envases de boca ancha.

- **Moldes con Expulsión Hidráulica:** También denominados noyos o cores. Estos moldes requieren del movimiento de algunas partes del molde para poder liberar la pieza enfriada.
- **Moldes de Extracción por Segmentos:** son aquellos moldes donde una vez moldeada la pieza, la extracción se realiza en varias fases segmentadas.

Según el número de placas o lados tenemos:

- **Molde de Dos Placas:** Es el molde más común, también denominado molde estándar.
- **Molde de Tres Placas:** Es todo aquel que, por diversos condicionantes, es necesario partirlo en más de las dos partes simples del molde estándar.

Según el tipo de desmoldeo, los moldes se pueden dividir en:

- Moldes normales.
- Moldes para piezas con resaltes.
- Moldes de guillotina.
- Moldes de corredera.
- Moldes de mordazas.
- Moldes para roscas.
- Moldes especiales.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO EN UNA PLANTA DE INYECCIÓN

Las plantas de inyección son parte del sector plástico¹ de la industria manufacturera, el cual está considerado dentro de la industria ligera, por confeccionar productos de uso final o para inclusión dentro de otros procesos. Las plantas de inyección de plásticos son diseñadas para realizar producciones semicontinuas o por lotes.

La principal máquina dentro de una planta de inyección es la inyectora, que es, donde se monta el molde, y ocurre el proceso de inyección. Alrededor de la inyectora se utilizan diversos equipos anexos o periféricos que son necesarios para su adecuado funcionamiento.

Estas plantas utilizan como materia prima el tipo de plástico a fabricar más los aditivos requeridos. También se puede usar como materia prima, materiales plásticos reciclados, los cuales previamente han sido molidos.

En el Perú para el año 2007 la industria de plásticos mostró un notable dinamismo, creciendo 10.9% frente al año anterior, reportando un monto de US\$ 228 millones en exportaciones y un PBI de S/. 1,960 millones (US\$ 627 millones).¹

Sin embargo, uno de los principales problemas que presenta el sector plásticos en el Perú es la fuerte dependencia de los insumos importados, los cuales son elaborados por la industria petroquímica de otros países; por lo que sus precios muestran una alta dependencia de la cotización internacional del petróleo.



Figura 3.1. Fotografía de una Planta de Inyección típica.

3.1. DIAGRAMA DE PROCESOS EN UNA PLANTA DE INYECCIÓN:

El siguiente diagrama esquematiza el flujo de proceso productivo en una planta de inyección:

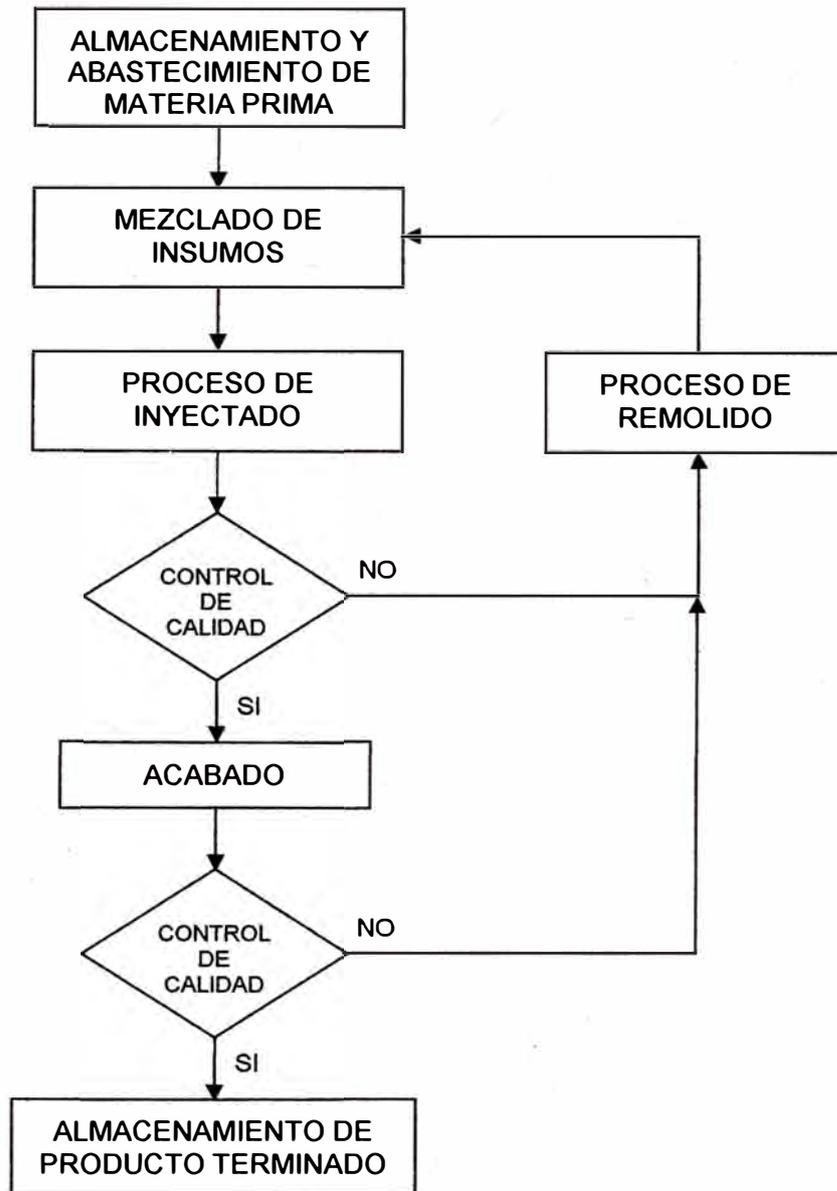


Figura 3.2. Diagrama de flujo de los procesos en una planta de inyección.

3.2. ALMACENAMIENTO Y ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA:

En una planta de inyección debe existir un área para el almacenamiento adecuado de las materias primas de los productos a fabricar. El mayor volumen de insumos (alrededor del 95%) lo conforman las resinas base. Las resinas de mayor consumo en el sector plástico (PP, HDPE, LDPE, PS, PET, PVC, etc.) vienen envasadas en sacos de 25 kg y apiladas en parihuelas de

55 sacos cada una, es decir, la presentación más común de las principales resinas son parihuelas de 1,375 kg. Otros insumos son los aditivos, en su mayoría colorantes, y su presentación varía según el tipo de aditivo y el fabricante.

Un adecuado almacenamiento de los insumos plásticos contempla varias condiciones tales como:

- Protección a la exposición solar.
- Protección a las precipitaciones (lluvias, exceso de humedad).
- Ventilación adecuada.
- Eliminación del riesgo de incendio y plan de contingencia en caso de fuego.
- Espaciamiento adecuado para la manipulación del material.

El abastecimiento de las materias primas hacia el proceso de mezclado o inyección dependerá del tipo de mezclado implementado en la planta. Pudiendo ser esta de manera manual o semiautomática. Si es de manera manual, cada saco de materia es transportado a la siguiente fase del proceso de manera independiente. Si es de manera semiautomática, las resinas son depositadas en unos silos de almacenamiento a granel, desde donde a través de ductos y presión de vacío son transportadas al proceso de mezclado. El número y dimensionamiento de los silos dependerá de los tipos de resinas utilizados, así como del consumo de la planta.

3.3. PROCESO DE MEZCLADO DE MATERIA PRIMA:

La gran mayoría de productos plásticos elaborados por inyección no utilizan solamente las resinas base como material de fabricación, sino que a estas se agregan diferentes aditivos, siendo el más común los colorantes. Es por esta razón que antes del proceso de inyección los insumos para la fabricación del producto deseado deben pasar por un proceso de mezclado con la finalidad de lograr una mezcla completamente homogénea. Esta mezcla puede realizarse de manera semiautomática o automática.

En el mezclado semiautomático, primero los insumos son pesados según las proporciones requeridas para luego ser agregados a las máquinas mezcladoras. Este tipo de mezclado requiere de un ambiente para estos equipos diferente al de la sala de inyectoras. En estos equipos se controla el tiempo de mezclado hasta garantizar la adecuada homogeneidad de la mezcla. Luego la mezcla es retirada, generalmente, en los mismos sacos de la resina base. Por lo general, cuando se utiliza este método, los sacos de la mezcla son llevados al pie de la máquina inyectora para ser agregados, desde esa posición, en la tolva de la inyectora de manera manual o automática (a través de mangueras con presión de vacío).

En el mezclado automático, la mezcla de los materiales ocurre en la zona de la misma inyectora; y puede ser de dos tipos: mezclado volumétrico y mezclado gravimétrico. En el mezclado automático los materiales son llevados al punto de mezcla de manera automática por medio de presión de vacío.



Figura 3.3. Zona de mezclado de materiales.

En el mezclado volumétrico los insumos a mezclar son agregados de manera automática por un control temporizador, es decir en este sistema no se controla de manera directa el peso de los insumos utilizados. La resina base es llevada a la tolva de la inyectora, y de ser necesario utilizar una mezcla de resinas base, se utilizan tambores mezcladores, controlados de igual manera por temporizadores. El agregado de aditivos se da en la parte inferior de la tolva mediante tornillos en el caso de aditivos sólidos o bombas de inyección en el caso de aditivos líquidos (bastante usado en la actualidad). El temporizador que controla el agregado de los aditivos está vinculado al inicio y final de la dosificación de material en la inyectora. Es recomendable utilizar un mezclador (colocado debajo de la zona donde se da el agregado de aditivos) para garantizar la homogeneidad de la mezcla.

En el mezclado gravimétrico los insumos a mezclar ingresan primero a una cámara de mezclado, donde son pesados y mezclados durante un tiempo pre configurado, para luego ser enviado a la tolva de la máquina inyectora. Este sistema de mezclado es más exacto que el mezclado volumétrico.

3.4. PROCESO DE INYECCIÓN:

El proceso de inyección se lleva a cabo en la máquina inyectora la cual porta al molde de inyección. En una planta de inyección puede haber diversos tipos de máquinas inyectoras, tanto en capacidad, como en tamaño. Esto dependerá de los requerimientos de los moldes de los productos a fabricar. Al área física donde se ubican las inyectoras se le denomina salón de inyección y según las características del producto, esta área puede requerir condiciones especiales. Podemos considerar que las máquinas inyectoras son instaladas en forma paralela, ya que el flujo de los insumos debe ser capaz de llegar a cualquiera de las inyectoras montadas. A parte del sistema de transporte de las resinas, existen otros sistemas que acompañan a las máquinas inyectoras en el área de inyectado y que permiten el adecuado funcionamiento de estas.

Entre los principales sistemas tenemos:

- **Sistema de Aire Comprimido:** Empleado para los sistemas neumáticos de los diversos equipos en la planta. En el caso de las inyectoras, generalmente, operan sistemas de seguridad y también abastece a los sistemas de expulsión neumática de ser el caso. Está

conformado por el compresor, secador de aire (de ser necesario) y sistema de cañerías.

- **Sistema de Refrigeración de Inyectoras:** Al ser las máquinas inyectoras, máquinas hidráulicas, requieren un sistema de refrigeración del aceite hidráulico es cual es calentado por el trabajo realizado durante la operación de las inyectoras. Para esto utilizamos una torre de enfriamiento.
- **Sistema de Refrigeración del Molde:** Depende de los requerimientos de refrigeración de los moldes. Podemos utilizar el mismo sistema de refrigeración usado para las inyectoras, lo cual es poco común. El sistema más usado es el de un chiller o enfriador de agua que provea de agua fría para la refrigeración de los moldes.
- **Sistema de Transporte:** Una vez inyectado el producto, este requiere ser transportado al siguiente proceso o almacenado. Los sistemas automáticos de transporte de productos terminados comprenden desde fajas transportadoras hasta robots que extraen las piezas y/o las apilan.
- **Otros Sistemas:** Para la fabricación de algunos productos, los moldes requieren algunas necesidades especiales, estas serán únicas para cada molde.

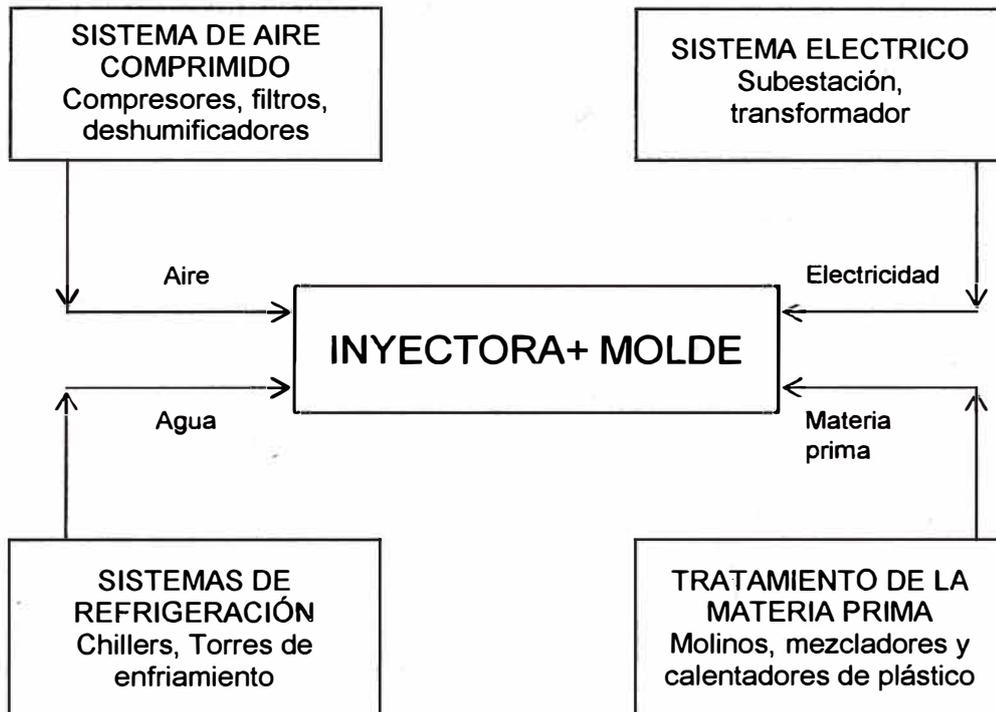


Figura 3.4. Diagrama de interacción entre la inyectora y el molde con otros sistemas anexos o periféricos.

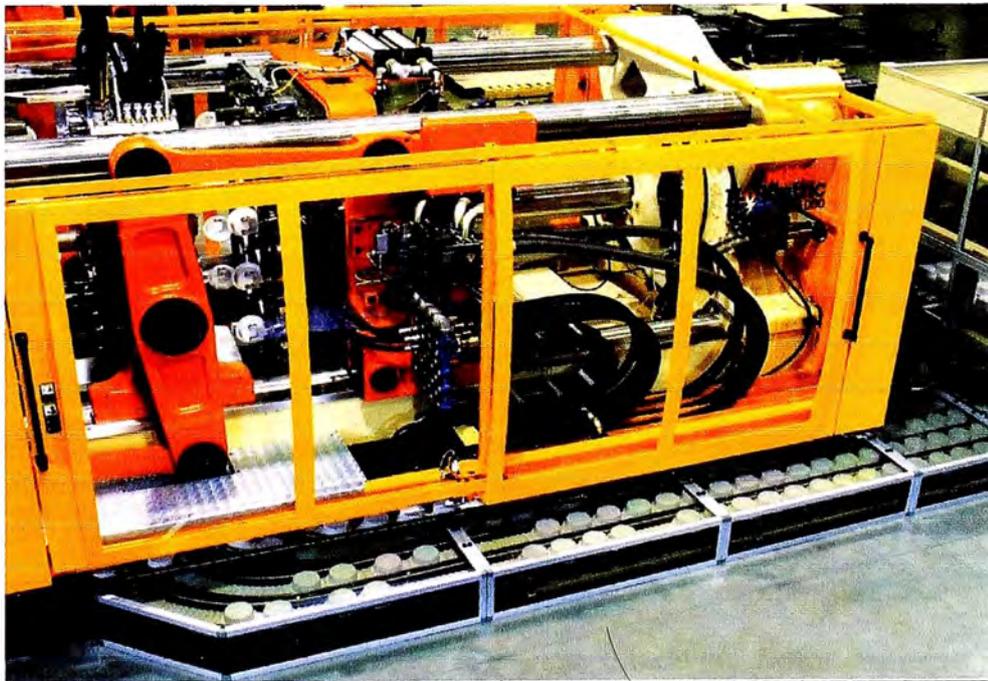


Figura 3.5. Sistema de extracción y transporte en una inyectora.

3.5. PROCESO DE ACABADO:

Una vez inyectado el producto final, pueda ser necesaria alguna operación posterior tal como rebabado, impresión, ensamblado, etc. Cuando los moldes son de colada fría, el producto es expulsado de la inyectora con la colada, en algunos casos esta colada debe ser separada con ayuda de un cuchillo o elemento cortante. Esta operación se conoce como rebabado. Las coladas son enviadas al molino para su posterior retorno al proceso. También se denomina rebabado a la operación de cortar las rebabas². Esta acción debe ser evitada, debido a que, reflejaría un mal estado del molde o un error en los parámetros del proceso de inyección

La impresión es un proceso muy común en muchos productos plásticos y su complejidad dependerá de la dificultad de la figura a imprimir, así como de la forma y superficie del producto. La impresión se realiza en máquinas impresoras para este propósito y para el fraguado de la tinta se utiliza rayos ultravioleta.

Muchos productos fabricados son partes de otro producto de varias partes. En estos casos luego de inyectados, los productos pasan a ser ensamblados. Este ensamblado puede ser en frío o en caliente, en frío es cuando ambas piezas ya han sido inyectadas y han pasado un tiempo de reposo. El ensamblado en caliente es cuando, al menos una de las partes, se ensambla cuando recién ha salido de la máquina inyectora.

² Las rebabas son protuberancias del material no propias del diseño del producto.



Figura 3.6. Impresión de baldes de polipropileno.

3.6. PROCESO DE REMOLIDO:

Las piezas inyectadas que no cumplen con los requerimientos solicitados por control de calidad y que no han sufrido alguna degradación importante (como quemaduras) son enviadas a los molinos. De igual manera las coladas, de los moldes con colada fría, son enviadas a los molinos para su posterior reingreso en el proceso de inyección. Una planta de inyección cuenta con un ambiente, área de molienda, donde se encuentran los molinos. Los molinos más comúnmente utilizados son los molinos de cuchillas y su tamaño y capacidad dependerán de los productos a moler. El material molido es nuevamente ingresado al proceso en el área de mezclado o directamente a la tolva de la inyectora.

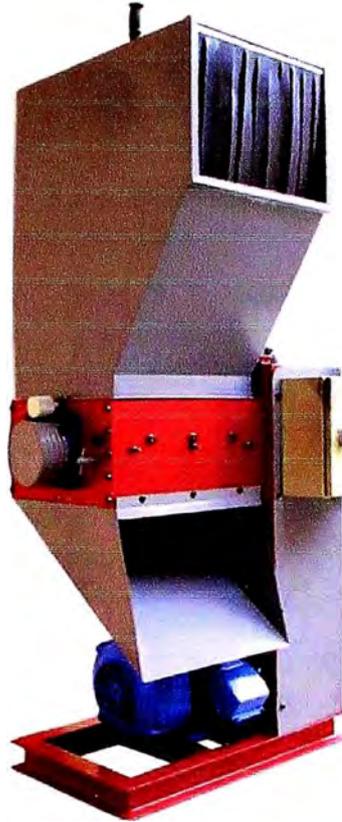


Figura 3.7. Típico molino de cuchillas en una planta de inyección.

3.7. ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO Y DESPACHO:

Una vez concluido los procesos de inyectado y acabado, las piezas finales son apiladas y enviadas a un almacén de productos terminados, donde deberán permanecer durante un tiempo de reposo para poder evaluar el grado de contracción de los productos y verificar si cumple con los requerimientos solicitados.

Las condiciones del almacén de productos terminados dependerán de los requerimientos de almacenamiento de la pieza final, pudiendo tener varias zonas o áreas. Las dimensiones deberán garantizar el adecuado manejo y rotación de los productos acabados.

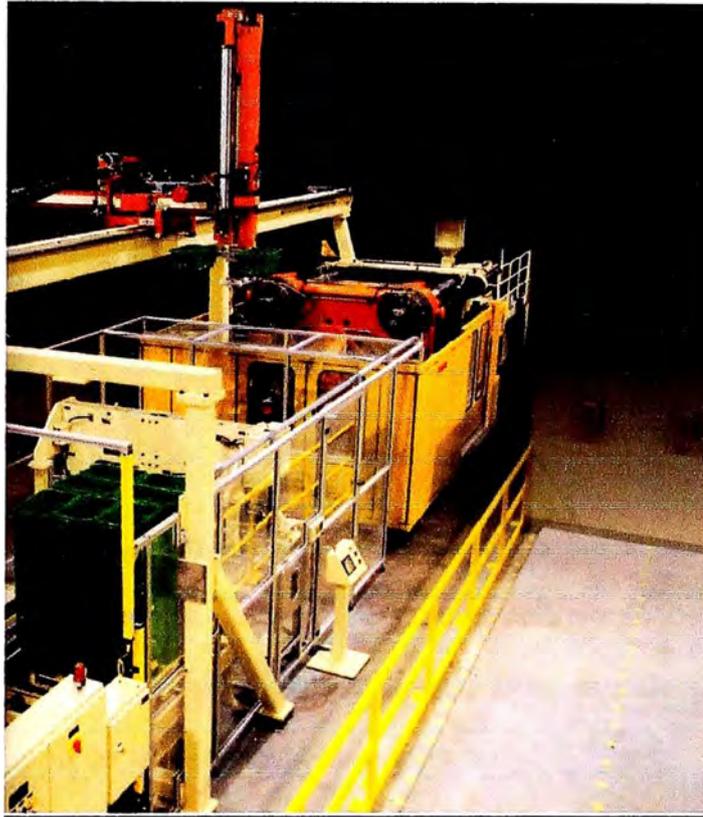


Figura 3.8. Robot apilador de cestas plásticas.

CAPÍTULO IV

SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

En este capítulo, basados en los datos iniciales y los aspectos mencionados en los capítulos anteriores, se determinaran los requerimientos de la planta, los cuales serán la base para la adecuada selección y dimensionamiento de los diferentes equipos. Los aspectos requeridos para el producto final, la caja plástica, fueron desarrollados por el área de Marketing de la empresa.

4.1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD HORARIA DE PRODUCCIÓN SEGÚN LA CANTIDAD CONSUMIDA POR DÍA:

El parque de cajas a reemplazar es de 15 000 000 de cajas en 5 años. Para efectos de un cálculo inicial consideraremos el peso máximo de la caja de 1.90 kg. Por lo que el consumo promedio anual sería:

$$\text{Consumo Promedio Anual} = \frac{15\,000\,000 \text{ cajas} \times 1,90 \text{ kg/caja}}{5 \text{ años}}$$

$$\text{Consumo Promedio Anual} = 5\,700 \text{ t/año}$$

Considerando que la planta no operará los días feriados y el año presenta 12 feriados, tenemos 353 días de operación en promedio por año. Además consideraremos una disponibilidad promedio del equipo del 90% por razones de mantenimientos y lubricación. Entonces tenemos que el consumo promedio diario debería ser:

$$\text{Consumo Promedio Diario} = \frac{5700 \text{ t/año}}{353 \text{ días/año} \times 0.90}$$

$$\text{Consumo Promedio Diario} = 18 \text{ t/día}$$

Con este dato y transformándolo a cajas obtenemos el número de cajas por hora.

$$\text{Producción Horaria Estimada} = \frac{18000 \text{ kg/día}}{1,90 \text{ kg/caja} \times 24 \text{ horas/día}}$$

$$\text{Producción Horaria Estimada} = 393.5 \text{ cajas/hora}$$

4.2. DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO DE MATERIA PRIMA:

La resina base para la fabricación de las cajas plásticas es el polietileno de alta densidad (HDPE, por sus siglas en inglés). Como se menciona en el capítulo anterior el HDPE debe ser importado, al no contar con fabricantes nacionales. El HDPE utilizado para la fabricación de las cajas posee un

aditivo para protección contra los rayos ultravioletas. En el anexo A se lista los principales HDPE según el fabricante y su procedencia.

El HDPE es de color lechoso, por lo que se necesita un colorante. Utilizaremos el colorante de mayor uso, que son los Masterbatch. Para este producto existen fabricantes nacionales. Se trabajó en compañía de la empresa Dispercol SA³, principal proveedor nacional, la cual desarrolló un Masterbatch para lograr el color propuesto por el departamento de Marketing. Este colorante será agregado en una proporción del 2% respecto al peso de la resina base.

También se utilizará el HDPE reciclado proveniente del molido del parque antiguo de cajas plásticas. Esta resina ya ha pasado por un proceso de oxidación por el uso al que ha sido sometido en el mercado y ya posee el color rojizo, por lo que en lugar de utilizar un colorante, como en el caso del HDPE virgen (resina de primera mano), utilizaremos un aditivo **antioxidante**, denominado Ferro, el cual se utilizará, también en un porcentaje de 2%.

	RESINA BASE	ADITIVO
Nombre	HDPE virgen ó HDPE reciclado	Masterbatch ó Ferro
Porcentaje	98%	2%

Tabla 4.1. Composición de insumos a utilizar.

³ DISPERCOL S. A. es una empresa fundada en noviembre de 1983. Se dedica a la producción de concentrados de color para la industria plástica (Masterbatch) y está ubicada en el distrito de Ate, cercana a la planta de Backus.

Siendo el consumo promedio diario de 18 t/día, el consumo promedio diario de cada insumo sería:

Consumo Promedio de Resina Base: 17 640 kg/día.

Consumo Promedio de Aditivo: 360 kg/día.

La presentación del HDPE es en parihuelas de 1 375 kg (55 sacos de 25kg) y la presentación del Aditivo es de parihuelas de 1 000 kg (40 sacos de 25kg).

Por lo que la solicitud de insumos, en parihuelas, por semana sería de:

$$\text{Solicitud Promedio Semanal de HDPE} = \frac{17640 \text{ kg/día} \times 7 \text{ día/semana}}{1375 \text{ kg/parihuela}}$$

$$\text{Solicitud Promedio Semanal de HDPE} = 90 \text{ parihuelas}$$

$$\text{Solicitud Promedio Semanal de Aditivo} = \frac{360 \text{ kg/día} \times 7 \text{ día/semana}}{1000 \text{ kg/parihuela}}$$

$$\text{Solicitud Promedio Semanal de Aditivo} = 2,5 \text{ parihuelas}$$

4.3. SELECCIÓN DEL MOLDE:

Las características requeridas para el diseño de la caja fueron desarrolladas por el área de Marketing. Las principales características requeridas por Marketing son:

- 290 mm de ancho.
- 374 mm de largo.
- 293 mm de altura de apilamiento.
- 305 mm de altura total.
- 152 mm de altura de casillero.
- 1 900 g como peso máximo.
- Asas anatómicas en los 4 lados.
- Apilable con las cajas antiguas.
- Color rojo característico.
- Grabado en alto relieve en las caras largas.

El diseño del molde fue desarrollado por la empresa alemana Schoeller Arca System, proveedora de los diferentes moldes de cajas plásticas del Grupo SABMiller⁴. Para determinar el número de cavidades por molde óptimo se realiza un análisis económico, tal como se puede ver en la siguiente tabla:

Item	Aspecto	Primer Caso	Segundo Caso	Unidades
a	Cavidades por Molde	1	2	cavidades
b	Ciclo de inyectado	34	36	segundos
c	Producción Proyectada (3600*a/b)	106	200	cajas/hora
d	Producción Requerida	393.5	393.5	cajas/hora
e	Número de moldes necesarios (d/c)	4	2	moldes
f	Costo por Molde	500,000	1,200,000	nuevos soles
g	Costo Total de Molde (e*f)	2,000,000	2,400,000	nuevos soles
h	Fuerza de Cierre Requerida	600	1000	toneladas

⁴ SABMiller es una empresa cervecera multinacional y es accionista mayoritario de Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Jhonston SAA.

i	Número de Inyectoras necesarias (e)	4	2	inyectoras
j	Costo por Inyectora	1,500,000	2,000,000	nuevos soles
k	Costo Total de Inyectoras (i*j)	6,000,000	4,000,000	nuevos soles
l	Costo Total (moldes + inyectoras) (g+k)	8,000,000	6,400,000	nuevos soles

Tabla 4.2. Análisis económico del número de cavidades del molde

Del análisis económico se determina seleccionar 2 moldes de 2 cavidades cada uno. Las características de cada molde se observan en la siguiente tabla:

Definición del artículo:		CP 12x650ml
Medidas del artículo	Peso del artículo	1860 g
	Largo	374 mm
	Ancho	290 mm
	Altura Total	305 mm
	Altura de Apilamiento	293 mm
	Altura de Casillero	152 mm
Medidas del molde	Largo	1730 mm
	Ancho	954 mm
	Alto	1060.9 mm
	Peso del molde	10,200 kg
Características de diseño	Asas anatómicas en los 4 lados de las caras.	
	Asas con asistencia de aire presurizado	
	Partición lineal.	
	Logotipo grabado en alto relieve en lados largos	
	4 puntos de inyección	
Refrigeración del molde	Temperaturas de Agua Requeridas	15, 25, 45 °C
	Flujo de agua a 15°C	27 m ³ /h
	Flujo de agua a 25°C	14 m ³ /h
	Flujo de agua a 45°C	4 m ³ /h
	Entalpía a 190°C	1000 kJ/kg

Datos de Inyectora Requerida	Mínima Fuerza de Cierre	900 ton
	Mínima apertura de la unidad de cierre	1009.1 mm
	Mínima apertura de la unidad de cierre, incluida la altura del molde	2070 mm
Datos de producción	Tiempo de ciclo	36 s
	Máxima presión de inyección	1400 bar
	Presión de aire en las asas	20 bar
	Caudal de aire mínimo	90 l/min

Tabla 4.3. Características del molde

4.4. SELECCIÓN DE LA INYECTORA:

La máquina inyectora será de la marca Husky, por ser una de las empresas líderes en la fabricación de estas máquinas. Asimismo, cuenta con sucursales de atención en la región, las cuales brindan apoyo técnico las 24 horas. Husky ha provisto de máquinas inyectoras al Grupo SABMiller con excelentes resultados, y a su vez, fue la marca recomendada por Industrias del Envase. De la tabla 4.4 seleccionamos la unidad de cierre adecuada para nuestro molde, como el tonelaje requerido es de 900 toneladas como mínimo, escogemos la unidad de cierre con capacidad de 1,000 toneladas. La comprobación de este valor puede observarse en el anexo B.

		Unidad de Inyección											
		RS22	RS28	RS35	RS40	RS45	RS55	RS65	RS80	RS95	RS115	RS135	RS155
Unidad de Cierre	H 90												
	H/HL 120												
	H/HL 160												
	H/HL 225												
	H/HL 300												
	H/HL 400												
	H/HL 500												
	H/HL 600												
	H/HL 650												
	H/HL 800												
	H/HL 1000												

Tabla 4.4. Tabla de inyectoras Husky.

Para la capacidad de 1,000 toneladas se presentan dos modelos: H1000 ó HL1000. La versión HL presenta mayor carrera de la unidad de cierre.

	H1000	HL1000
Máxima apertura de unidad de cierre	1 671 mm	2 700 mm
Altura de molde	593.5 - 1313.5 mm	
Separación entre columnas	1 550 mm x 1 320 mm	

Tabla 4.5. Selección de la unidad de cierre.

La mínima apertura de la unidad de cierre requerida para el molde es de 1009,1 mm por lo que seleccionaremos el modelo H1000 para la unidad de cierre.

Este modelo puede conformarse con los siguientes modelos de unidad de inyección (según la tabla 4.4): RS95, RS115, RS135 y RS155.

	RS95			RS115			RS135			RS155			
	80	85	95	95	100	115	115	125	135	135	145	155	
Presión de inyección	2280	2020	1620	2238	2020	1527	2205	1866	1600	2109	1828	1600	bar
Capacidad de Inyección	2008	2267	2831	3331	3691	4881	5858	6921	8073	8880	10245	11707	g PS

Tabla 4.6. Selección de la unidad de inyección.

Siendo 1450 bar la máxima presión de inyección requerida por el molde, cualquier modelo de unidad de inyección cumple con este requerimiento. Luego el peso del producto a inyectar es equivalente a 4112 gramos de PS y considerando que el peso a inyectar debe ser un 60% de la capacidad de la inyectora seleccionamos la unidad RS135 / 125. Para mayor detalle ver el anexo C. Por lo tanto la inyectora seleccionada es una **H1000 RS135/125**, cuyos principales requerimientos y características se ven en la siguiente tabla:

Generales	Peso de la unidad de cierre	82000 kg
	Peso de la unidad de inyección	19100 kg
	Temperatura ambiental	0 - 40 °C
Parte Eléctrica	Motor eléctrico	186 kW
Agua	Rango de temperaturas de entrada (sin condensar)	10 - 34 °C
	Presión de entrada	60 - 90 psi
	Caída de presión mínima	30 psi
	Flujo de agua	15.8 m3/h
Aire	Alimentación de aire comprimido	56 l/min
	Presión de entrada	0.47 - 1.03 MPa
Hidráulica	Volumen de aceite hidráulico	2275 l
	Volumen de aceite de la caja de engranajes	58 l
Acumuladores	Acumuladores de unidad de cierre	2 x 50 l
	Acumuladores de unidad de inyección	8 x 50 l

Tabla 4.7. Características de la inyectora H1000 RS135/125

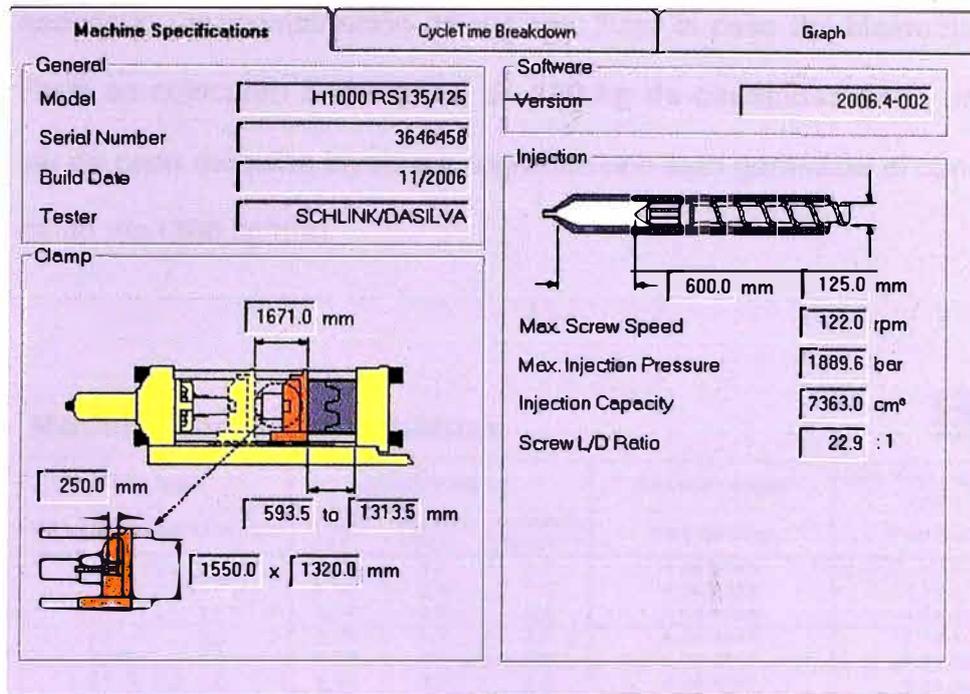


Figura 4.1. Pantalla con algunas especificaciones de la H1000 RS135/125.

4.5. CÁLCULO DE NECESIDADES Y SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA SISTEMAS ANEXOS:

Para el funcionamiento adecuado de las 2 inyectoras H1000 – RS135/125 con los 2 moldes de 2 cavidades SASI-2CP12x650, se requerirá de un grupo de equipos anexos al conjunto inyectora-molde, que a continuación se describirá.

4.5.1. Sistema de Carga y Mezclado: El sistema de carga de material consistirá en silos de almacenamiento, donde se cargará el HDPE. Siendo el consumo promedio de 18 t/día y para garantizar el abastecimiento, como mínimo de un día entero, se seleccionará **3 silos de 6,000 kg de capacidad** cada uno (ver figura 4.2). Con esto logramos diversas combinaciones: un silo por turno de trabajo ó un silo para cada inyectora y un tercero para un segundo de material en caso de ser

necesario una combinación de resinas. Para el caso del Masterbatch y Ferro se colocarán **2 cilindros, de 180 kg de capacidad cada uno**, al pie de cada máquina inyectora, logrando con esto garantizar el consumo de un día (360 kg/día).

Modular silo with 45° bottom



Silo type All measurements in mm	Specifications			Silo with cover	Silo with cover, filter and inlet
	Height [m]**	Volume [m ³]	Contents [Tons]**	Part number	Part number
	1.80*	1.1	0.7	4 04 4145	
	2.18*	2.6	1.6	4 04 4245	4 14 4245
	2.68	4.5	2.9	4 04 4345	4 14 4345
	3.06	5.7	3.7	4 04 4445	4 14 4445
	3.56	7.2	4.1	4 04 4545	4 14 4545
	3.94	8.3	5.0	4 04 4645	4 14 4645
	4.42	11.2	7.2	4 04 4745	4 14 4745
	4.82	12.6	8.2	4 04 4845	4 14 4845
	5.32	14.5	9.4	4 04 4945	4 14 4945

Figura 4.2. Selección de silos de almacenamiento

El tipo de mezclado a utilizar será el sistema volumétrico, debido a que se trata de un solo tipo de producto, de color rojo y de pared gruesa (espesores de 2 mm aprox.). El sistema de carga y mezclado de los insumos fue desarrollado en conjunto con la empresa Mould-tek, el cual permitirá la combinación de dos resinas base y dos aditivos de ser necesario. Los equipos seleccionados se desprenden de las tablas mostradas a continuación:

- 01 unidad de bomba de vacío PDV100: Para un flujo de 750 kg/hora y no más de 50 m de distancia de transporte. Ver tabla 7.8.
- 01 unidad de separación de polvo SBF200: Recoge las partículas finas de la resina, para evitar daños en la bomba y evitar filtros en cada cargador. Ver tabla 7.9.

- 02 Cargadores centrales FMX324: Uno por inyectora (solicitud de 370 kg/hora), para la carga de la resina base (HDPE) con tambor para ingreso de dos materiales. Ver tabla 7.10.
- 04 cargadores de aditivos (dos por inyectora) FMX206: Dos por inyectora (solicitud de 8 kg/hr), utilizados para las tolvas del sistema dual de alimentación de aditivos. Ver tabla 7.10.
- 02 sistema duales de alimentadores de aditivo DOSIMAX de tornillo 12/19. Ver tabla 7.11.
- 01 sistema de control centralizado INTELECS VLC: Sistema de control para múltiples bombas y múltiples cargadores con descarga y purga automática. Ver figura 4.3.

El sistema de carga en su conjunto trabaja con aire presurizado de 80 a 140 psi y tiene un consumo máximo de 120 l/min.

Modelo	Potencia de Motor	Capacidad a diferentes distancias de traslado lb/hora (kg/hora)					Diámetro de Descarga	Nivel de Ruido (con Protector)
		33ft (10m)	66ft (20m)	99ft (30m)	132ft (40m)	165 (50m)		
PDV-050	5 HP	6500 (2946)	4000 (1813)	2600 (1178)	1700 (770)	1300 (589)	1.5"	80 - 82 db
PDV-075	7.5 HP	7500 (3399)	4400 (1994)	2800 (1269)	1900 (861)	1500 (680)	1.5" or 2"	80 - 82 db
PDV-100	10 HP	9000 (4079)	5500 (2493)	3300 (1496)	2200 (997)	1700 (770)	2" or 2.5"	80 - 82 db
PDV-150	15 HP	10000 (4532)	6600 (2991)	4400 (1994)	2800 (1269)	2200 (997)	2" or 2.5"	80 - 82 db
PDV-200	20 HP	11000 (4985)	7700 (3490)	5500 (2493)	3300 (1496)	2600 (1178)	2.5"	80 - 82 db
PDV-250	25 HP	13000 (5892)	8800 (3988)	6600 (2991)	3500 (1586)	2800 (1269)	2.5"	80 - 82 db

Tabla 7.8. Selección de unidades de bomba de vacío.

Modelo	Área de Filtrado ft ² (m ²)	Capacidad Máxima (lb/hora)
SBF100	10 (0.9)	8000
SBF200	20 (1.9)	10000
SBF400	40 (3.7)	12000
SBF600	60 (5.6)	15000
SBF800	80 (7.4)	20000

Tabla 7.9. Selección de filtros de vacío.

Modelo	Diámetro	Volumen	Rendimiento lb/hora (kg/hora)	Diámetro de Entrada
FMX-206	8.5"	0.21 ft ³	120 (54)	1.5" or 2"
FMX-312	12"	0.42 ft ³	250 (113)	1.5" or 2"
FMX-324	14"	0.85 ft ³	1000 (454)	2" or 2.5"
FMX-460	17"	2.12 ft ³	2000 (907)	2" or 2.5"

Tabla 7.10. Selección de cargadores.

Diámetro del Tornillo (pulg)	5/6	6/13	9/16	12/19	15/22	18/25	21/28
Máximo Capacidad (lb/hora)	0 - 3.85	0 - 3.3	0 - 13.2	0 - 29.1	0 - 51.58	0 - 72.75	0 - 88

Tabla 7.11. Selección de dosificadores.



Figura 4.3. Sistema de control Intelcs VLC

4.5.2. Sistema de Aire Comprimido: Tanto la máquina inyectora como el sistema de carga y la paletizadora necesitan de aire presurizado para su funcionamiento. La máxima presión requerida por estos equipos es de 150 psi. En la tabla 7.12 se considera el consumo de cada equipo y se incluye en otros el consumo de algunos equipos neumáticos utilizados eventualmente (manguera para soplado, pulidor neumático, etc).

Equipo	Consumo de Aire	
	l/min	cfm
Inyectoras	112	4.0
Sistema de Carga	120	4.2
Paletizadora	280	9.9
Otros	60	2.1
Total	572.0	20.2

Tabla 7.12. Consumo de aire.

Por lo que el consumo máximo de aire presurizado es de 572 l/min (20.2cfm). De la tabla 7.13 seleccionamos el compresor GX5.

Debido a la alta humedad en la ciudad de Lima, seleccionamos un secador de aire. De la tabla 7.14 y considerando en flujo del compresor GX2 (4 l/s) seleccionamos el secador de aire FX2. Tanto el compresor como el secador de aire son de la marca Atlas Copco.

Tipo de compresor	Presión de trabajo		Capacidad FAD ⁽¹⁾			Potencia del motor		Nivel sonoro d(B;A)	Peso ⁽²⁾ - kg	
	bar(e)	psig	l/s	m ³ /h	cfm	KW	CV		Pack	Full Feature
Versión 50 Hz										
GX 2 - 10	10	145	4,0	14,4	8,5	2,2	3	61		
GX 3 - 10	10	145	5,3	19,1	11,2	3	4	61	165	200
GX 4 - 10	10	145	7,8	28,1	16,5	4	5	62		
GX 5 10	10	145	10,0	36,0	21,2	5,5	7,5	64		
GX 7 7.5	7,5	109	19,6	70,6	41,5					
- 10	10	145	15,7	56,5	33,3	7,5	10	67	270	365
- 13	13	189	12,2	43,9	25,9					
GX 11 7.5	7,5	109	26,6	95,8	56,4					
- 10	10	145	23,1	83,2	48,9	11	15	69	295	385
- 13	13	189	19,0	68,4	40,3					
Versión 60 Hz										
GX 2	10,3	150	4,0	14,4	8,5	2,2	3	61		
GX 4	10,3	150	7,8	28,1	16,5	4	5	62	165	200
GX 5	10,3	150	10,0	36,0	21,2	5,5	7,5	64		
GX 7 - 100	7,4	107	19,4	69,8	41,1					
- 125	9,1	132	17,0	61,2	36,0					
- 150	10,8	157	14,5	52,2	30,7	7,5	10	69	270	365
- 175	12,5	181	12,3	44,3	26,1					
GX 11 - 100	7,4	107	27,0	97,2	57,2					
- 125	9,1	132	24,4	87,8	51,7					
- 150	10,8	157	22,2	79,9	47,0	11	15	70	295	385
- 175	12,5	181	19,8	71,3	42,0					

(1) Rendimiento de la unidad medido de acuerdo con ISO1217, Ed. 3, Anexo C-1996. (2) Tamaño depósito de aire estándar, GX2-5: 200 L / 60 Gal., GX7-11: 270 L / 72 Gal.

Tabla 7.13. Selección de compresor de aire.

Model	Outlet pressure dewpoint 41 °F/+5 °C				Outlet pressure dewpoint 39 °F/+4 °C				Maximum working pressure	Electrical supply	Dimensions						Weight		Compr. air connections	
	Inlet capacity		Pressure drop		Inlet capacity		Pressure drop				Length		Width		Height		kg	lb		
Type	l/s	cfm	bar	psi	l/s	cfm	bar	psi	bar	psi	mm	inch	mm	inch	mm	inch	kg	lb		
FX1	7	14	0.20	2.88	6	13	0.15	2.18	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	19	42	3/4" NPT
FX2	12	24	0.33	4.79	10	21	0.25	3.63	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	19	42	3/4" NPT
FX3	16	35	0.33	4.79	14	30	0.25	3.63	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	20	44	3/4" NPT
FX4	23	49	0.33	4.79	20	42	0.25	3.63	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	25	55	3/4" NPT
FX5	35	74	0.40	5.75	30	64	0.30	4.35	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	27	60	3/4" NPT
FX6	45	95	0.42	6.14	39	83	0.32	4.64	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	370	14.6	604	31.7	51	112	1" NPT
FX7	58	122	0.50	7.29	50	106	0.38	5.51	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	370	14.6	604	31.7	51	112	1" NPT
FX8	69	146	0.24	3.45	60	127	0.18	2.61	13	189	115-230/1/60Hz	560	22.0	460	18.1	629	32.6	61	135	1 1/2" NPT
FX9	79	167	0.33	4.79	68	144	0.25	3.63	13	189	115-230/1/60Hz	560	22.0	460	18.1	629	32.6	68	150	1 1/2" NPT
FX10	100	211	0.24	3.45	87	184	0.18	2.61	13	189	115-230/1/60Hz	560	22.0	460	18.1	629	32.6	73	161	1 1/2" NPT
FX11	125	264	0.26	3.84	108	229	0.20	2.90	13	189	230/1/60Hz	560	22.0	580	22.8	939	37.0	80	188	1 1/2" NPT
FX12	148	313	0.36	5.18	128	271	0.27	3.92	13	189	230/1/60Hz	560	22.0	580	22.8	939	37.0	90	198	1 1/2" NPT
FX13	192	407	0.26	3.77	167	354	0.20	2.90	16	232	460/3/60Hz	990	39.0	795	31.3	925	38.4	173	381	2" NPT
FX14	230	488	0.33	4.79	200	424	0.25	3.63	16	232	460/3/60Hz	975	38.4	795	31.3	925	38.4	178	392	2" NPT
FX15	288	611	0.46	6.67	250	530	0.35	5.08	16	232	460/3/60Hz	975	38.4	795	31.3	925	38.4	193	404	2" NPT
FX16	345	731	0.46	6.67	300	636	0.35	5.08	16	232	460/3/60Hz	975	38.4	795	31.3	925	38.4	193	404	2" NPT

Tabla 7.14. Selección de secador de aire.

4.5.3. Sistema de Refrigeración del Molde: El molde es refrigerado por 3 diferentes temperaturas de agua, de 15°C, 25°C y 45°C. De la tabla 7.15 extraemos el flujo requerido para cada uno de estos circuitos de refrigeración del molde, así tenemos:

Temperatura de Agua	Caudal de Agua Requerido	
	m3/h	gpm
Agua a 15°C	27.0	119
Agua a 25°C	14.0	62
Agua a 45°C	4.0	18
	45.0	198.1

Tabla 7.15. Caudales de agua para TCUs.

Con estos datos ingresamos a la tabla 7.17 y seleccionamos las unidades controladoras de temperatura (TCU, por sus siglas en inglés).

Los modelos seleccionados son:

Temperatura de Agua	Modelo	Potencia de Bomba (HP)	Caudal (gpm)
Agua a 15°C	TCU075	0.75	30
Agua a 25°C	TCU500	5.0	90
Agua a 45°C	TCU750	7.5	120

Tabla 7.16. TCU seleccionados para cada temperatura de agua.

Model	Style	Pump, hp (kW)	Flow, gpm (lpm)	Pressure, psig (kPa)	Height, in. (cm)	Width, in. (cm)	Depth, in. (cm)	Ship. weight, lbs. (kg)
TCU075	Compact	0.75 (0.56)	30 (113.6)	25 (172.4)	28.75 (73)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU100		1 (0.75)	35 (132.5)	30 (206.9)	28.75 (73)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU200		2 (1.5)	50 (189.3)	30 (206.9)	28.75 (73)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU300		3 (2.24)	60 (227.1)	35 (241.3)	28.75 (73)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU500		5 (3.73)	90 (340.7)	50 (344.8)	28.75 (73)	13 (33)	28 (71.1)	240 (109)
TCU750		7.5 (5.6)	120 (454.2)	50 (344.8)	28.75 (73)	13 (33)	28 (71.1)	240 (109)
TCU075U	Upright	0.75 (0.56)	30 (113.6)	25 (172.4)	48 (122)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU100U		1 (0.75)	35 (132.5)	30 (206.9)	48 (122)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU200U		2 (1.5)	50 (189.3)	30 (206.9)	48 (122)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU300U		3 (2.24)	60 (227.1)	35 (241.3)	48 (122)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU500U		5 (3.73)	75 (283.9)	50 (344.8)	48 (122)	13 (33)	28 (71.1)	240 (109)
TCU750U		7.5 (5.6)	75 (283.9)	50 (344.8)	48 (122)	13 (33)	28 (71.1)	240 (109)
TCU1000U		10 (7.46)	90 (340.7)	55 (379.2)	48 (122)	13 (33)	28 (71.1)	270 (123)

Tabla 7.17. Selección de TCUs

Estos reguladores de temperatura serán alimentados por un chiller (para el caso de las temperaturas de 15°C y 25°C) y por una torre de enfriamiento (para el caso de 45°C), la cual refrigerará, también, el sistema de enfriamiento de la máquina inyectora. En la siguiente figura se presenta un esquema del flujo de refrigeración para el molde y la inyectora.

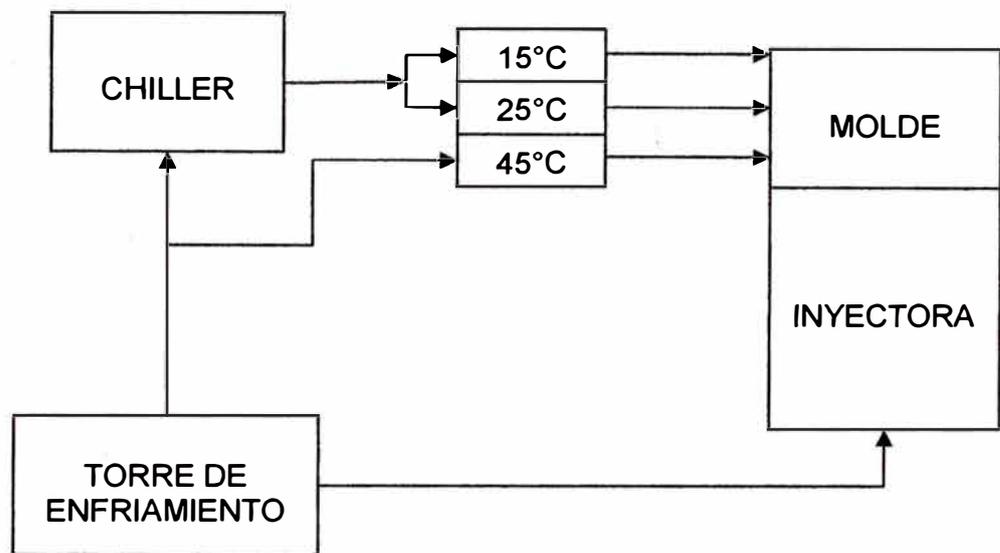


Figura 4.4. Esquema del circuito de refrigeración

Luego se calculan las capacidades térmicas para los reguladores de temperatura y para la inyectora. Para la selección del chiller solo se tomará en cuenta los equipos reguladores de temperatura de agua de 15°C y 25°C.

	Enfriamiento del molde CHW (15°C y 25°C) (ton)
Línea 1	33.61
Línea 2	33.61
Chiller	67.21

Tabla 7.18. Carga Térmica para la inyectora.

Con el dato de la carga térmica (67,21 ton) seleccionamos de la tabla 7.19 el modelo RCW70 con una capacidad de enfriamiento de 73,2 ton.

Model	No. of compressors	Cooling capacity, tons (50° LWT)	Capacity stages, qty.	EER, BTUH/W	Amp Draw, 460/3/60		Nominal flow, gpm		Condenser conn. (no manifold) flange conn., in.	Evaporator manifold conn. victaulic, in.
					RLA ¹ per compressor	MCA ² per chiller unit	Evaporator	Condensers		
RCW 30	2	31.3	2	15.6	28	62	78	97	(2) 2	3
RCW 40	2	42.2	2	15.2	34	76	99	124	(2) 2	3
RCW 50	2	50.2	2	15.4	43	97	120	151	(2) 2	3
RCW 60	4	64.8	4	15.7	27	113	156	194	(2) 2.5	3
RCW 70	4	73.2	4	15.1	27/34	129	175	219	(2) 2.5	3
RCW 80	4	81.5	4	14.7	34	143	196	244	(2) 2.5	3
RCW 90	4	90.4	4	15.0	34/43	164	217	271	2.5/3	4
RCW 100	4	99.3	4	15.2	43	183	238	298	(2) 3	4

Tabla 7.19. Selección del chiller.

Con el modelo seleccionado del chiller vamos a la tabla 7.20 y seleccionamos el tanque C400D, adecuado para este equipo.

Model	Max. chiller, tons (Kcal/hr)		Capacity, gallons (l)		Max. pumps/ledge	Return water conn., in. (mm) NPT
	1 well	2 wells	Overflow	Operating		
CT150 (D)	56 (170,300)	28 (85,100)	135 (511)	100 (378)	3	3 (76)
PC400 (D)	162 (492,000)	81 (246,000)	390 (1476)	350 (1325)	3	5 (127)
C500 (D)	200 (605,700)	100 (302,800)	480 (1817)	360 (1362)	3	4 (102)
C700 (D)	300 (908,300)	150 (454,200)	720 (2725)	540 (2044)	4	4 (102)
C1100 (D)	448 (1,356,300)	224 (678,200)	1075 (4069)	825 (3122)	4	6 (152)
C1600 (D)	672 (2,037,700)	336 (1,018,800)	1615 (6113)	1240 (4693)	4	6 (152)
C2000 (D)	850 (2,572,700)	425 (1,286,800)	2040 (7721)	1565 (5923)	5	6 (152)
C2700 (D)	1125 (3,406,700)	562 (1,703,300)	2700 (10,219)	2065 (7816)	6	6 (152)
C3700 (D)	1527 (4,624,000)	763 (2,312,000)	3665 (13,872)	2830 (10711)	6	6 (152)
C5100 (D)	2138 (6,472,300)	1069 (3,236,200)	5130 (19,417)	3960 (14988)	7	8 (203)

Calculated for chiller volume capacity based upon 2.4 gpm per ton with the chiller within 25 ft. of the tank

Tabla 7.20. Selección del tanque del chiller.

4.5.4. Sistema de Refrigeración de Inyectora: El sistema hidráulico de la máquina inyectora es refrigerado por una torre de enfriamiento, la cual también debe absorber la carga térmica del chiller. La carga térmica a absorber por la torre será entonces de 136 ton.

	Carga Térmica (ton)
Línea 1	33
Línea 2	33
Chiller	70
Torre de Enfriamiento	136

Tabla 7.21. Carga térmica de la torre de enfriamiento.

De las tablas 7.22 y 7.23 seleccionamos el modelo FG2009 con 150 ton de capacidad de refrigeración y el tanque T1600D.

Model	Capacity, ¹ tons (Kcal/hr)	Fan motor, hp (kW)	Amp draw, 460/3/60	Water inlet dia., in. (mm)	Water outlet dia., in. (mm)	Length, in. (cm)	Width, in. (cm)	Height, in. (cm)	Ship. weight, lbs. (kg)	Operating weight, lbs. (kg)
FG 2003	50 (151,200)	2 (1.5)	3.4	4 (102)	4 (102)	64 (163)	64 (163)	104 (264)	600 (273)	1300 (591)
FG 2004	75 (226,800)	5 (3.7)	7.6	4 (102)	6 (152)	64 (163)	64 (163)	125 (318)	750 (341)	1700 (772)
FG 2005	100 (302,400)	5 (3.7)	7.6	4 (102)	8 (203)	82 (208)	82 (208)	121 (307)	1400 (636)	2900 (1317)
FG 2007	125 (378,000)	5 (3.7)	7.6	4 (102)	8 (203)	82 (208)	82 (208)	121 (307)	1500 (681)	3200 (1453)
FG 2009	150 (453,600)	10 (7.5)	14	4 (102)	8 (203)	100 (254)	100 (254)	123 (313)	1950 (886)	3800 (1726)
FG 2011	175 (529,200)	10 (7.5)	14	4 (102)	8 (203)	100 (254)	100 (254)	123 (313)	2100 (954)	4400 (1998)
FG 2015	200 (604,800)	15 (11.2)	21	4 (102)	8 (203)	100 (254)	100 (254)	124 (315)	2600 (1181)	5200 (2361)

¹ Capacity based upon 15,000 BTU/hr (3,024 Kcal/hr) heat rejection per ton (3,024 Kcal/hr chilled water, 3,780 Kcal/hr tower water). Flow equals 3 gpm per ton (1,563 lpm per 1,000 Kcal/hr). Entering water temperature 95°F (35°C), leaving water temperature 85°F (29°C), 78°F (26°C) ambient wet bulb. Consult factory for other requirements.

Tabla 7.22. Selección de la torre de enfriamiento

Model	Max. tower, tons ¹ (Kcal/hr)		Capacity, gallons (l)		Max. pumps/ledge	Return water conn., in. (mm) NPT
	1 well	2 wells	Overflow	Operating		
T150 (D)	27 (102,200)	16 (63,900)	135 (511)	100 (378)	3	3 (76)
PT400 (D)	78 (295,200)	48 (184,500)	390 (1476)	350 (1325)	3	5 (127)
T500 (D)	96 (363,400)	60 (227,100)	480 (1817)	360 (1362)	3	4 (102)
T700 (D)	144 (545,000)	90 (340,600)	720 (2725)	540 (2044)	4	4 (102)
T1100 (D)	215 (813,800)	134 (508,600)	1075 (4069)	825 (3122)	4	6 (152)
T1600 (D)	323 (1,222,600)	200 (764,100)	1615 (6113)	1240 (4693)	4	6 (152)
T2000 (D)	408 (1,544,200)	255 (965,100)	2040 (7721)	1565 (5923)	5	6 (152)
T2700 (D)	540 (2,043,800)	337 (1,277,400)	2700 (10,219)	2065 (7816)	6	6 (152)
T3700 (D)	733 (2,774,400)	458 (1,734,000)	3665 (13,872)	2830 (10711)	6	6 (152)
T5100 (D)	1026 (3,883,400)	641 (2,427,100)	5130 (19,417)	3960 (14988)	7	8 (203)

¹ Calculated for cooling tower water, based on 3 gpm per ton and towers begin within 25 feet of the tank

Tabla 7.23. Selección del tanque de la torre de enfriamiento.

La reposición del agua en el sistema de refrigeración de la planta de inyección provendrá de la central de servicios de la planta Ate, la cual ya es agua tratada (blanda), por lo que no será necesario contar con un sistema de ablandamiento, pero sí colocaremos un filtro, el cual es seleccionado de la tabla 7.24 Seleccionamos el modelo WF750.

Model	Max. flow, gpm (lpm)	Connection size/flange, in. (mm)
WF-100	100 (378)	2 (51)
WF-200	200 (757)	3 (76)
WF-350	350 (1325)	4 (102)
WF-750	750 (2839)	6 (152)
WF-1300	1300 (4920)	8 (203)
WF-2000	2000 (7570)	10 (254)

Tabla 7.24. Selección del filtro para la torre de enfriamiento

4.5.5. Sistema de Aire Comprimido para las Asas de la Caja: Las asas

de las cajas deben ser insufladas con aire presurizado a 20 bar. El molde posee un controlador del ingreso de este aire el cual está relacionado con el inicio de la inyección del plástico fundido. Por lo que, solo tenemos que seleccionar el compresor adecuado para abastecer el aire requerido. El caudal mínimo necesario para cada molde es 90 l/min, por lo que el caudal mínimo requerido sería de 180 l/min (3 l/s). De la tabla 7.25 y con los datos de requerimiento seleccionamos el compresor LT5-20.

TIPO DE COMPRESOR	Presión máxima de trabajo*		FAD a presión de trabajo normal y 1500 rpm (50 Hz)			FAD a presión de trabajo normal y 1800 rpm (60 Hz)			Potencia instalada recomendada		Nivel sonoro dB(A)**	
	bar(a)	psig	l/s	m ³ /min	cfm	l/s	m ³ /min	cfm	kW	CV	Sin insonorizar	Montado sobre bancada, insonorizado
10 BAR LF												
LF 2-10	10	145	3,1	0,19	6,6	3,6	0,22	7,6	1,5	2	82/84	67/69
LF 3-10	10	145	4	0,24	8,6	4,6	0,28	9,7	2,2	3	83/85	68/70
LF 5-10	10	145	8,2	0,49	17,4	9,1	0,55	19,3	4	6,6	83/85	68/70
LF 7-10	10	145	11	0,66	23,3	12	0,72	25,4	5,5	7,5	84/86	72/74
LF 10-10	10	145	15,5	0,93	32,8	18,2	1,1	38,9	7,5	10	86/88	74/76
10 BAR LE												
LE 2-10	10	145	3,4	0,2	7,2	3,9	0,23	8,3	1,5	2	78/80	63/65
LE 3-10	10	145	4,4	0,26	9,3	5,1	0,31	10,8	2,2	3	79/81	64/66
LE 5-10	10	145	8,4	0,5	17,8	9,7	0,58	20,6	4	6,5	79/81	64/66
LE 7-10	10	145	11,7	0,7	24,8	13,6	0,82	28,2	5,5	7,5	80/82	68/70
LE 10-10	10	145	15,7	0,94	33,3	18,2	1,04	38,6	7,5	10	81/81	68/69
LE 15-10	10	145	23,9	1,43	50,7	28,7	1,70	60,8	7,5	10	89/90	78/78
LE 20-10	10	145	31,7	1,90	67,2	37,2	2,28	78,8	7,5	10	88/89	76/78
15 BAR LT												
LT 2-15	15	218	3,1	0,19	6,6	3,6	0,22	7,6	1,5	2	78/80	63/65
LT 3-15	15	218	4,0	0,25	8,5	4,7	0,28	10	2,2	3	79/81	64/66
LT 5-15	15	218	6,7	0,4	14,2	7,9	0,47	16,7	4	5,5	79/81	64/66
LT 7-15	15	218	9,2	0,56	19,6	10,9	0,65	23,1	5,5	7,5	80/81	68/70
LT 10-15	15	218	11,7	0,7	24,8	-	-	-	7,5	10	81/-	68
20 BAR LT												
LT 2-20	20	290	2,1	0,13	4,5	2,7	0,16	5,7	1,5	2	78/80	63/65
LT 3-20	20	290	2,8	0,17	6,1	3,6	0,22	7,6	2,2	3	79/81	64/66
LT 5-20	20	290	5	0,3	10,6	6,3	0,38	13,3	4	5,5	79/81	64/66
LT 7-20	20	290	6,7	0,4	14,2	8,4	0,5	17,8	5,5	7,5	80/82	68/70
LT 10-20	20	290	8,1	0,55	18,3	13,6	0,82	28,8	7,5	10	81/83	68/70
LT 15-20	20	290	15,1	0,91	29,1	17,7	1,06	37,5	11	15	88/89	75/83
LT 20-20	20	290	18	1,08	38,1	20,9	1,25	44,3	15	20	88/88	78/81
30 BAR LT												
LT 3-30	30	435	2,5	0,15	5,3	3,1	0,19	6,6	2,2	3	79/81	64/66
LT 5-30	30	435	4,4	0,26	9,3	5,5	0,33	11,7	4	5,5	79/81	64/66
LT 7-30	30	435	6,4	0,38	13,6	8	0,48	17	5,5	7,5	80/82	68/70
LT 10-30	30	435	8,5	0,51	18	-	-	-	7,5	10	81/-	68/-
LT 15-30	30	435	9,3	0,56	19,7	11,1	0,67	23,5	11	15	85/89	76/85
LT 20-30	30	435	17	1,02	36	19,7	1,18	41,7	15	20	86/88	80/83

Tabla 7.25. Selección del compresor para las asas de la caja.

4.5.6. Sistema de Transporte: A la salida de la máquina inyectora se entregan las cajas recién inyectadas. Las cajas son expulsadas del molde e ingresan sobre una rampa que las coloca en un transportador. Estos dos transportadores, que salen por detrás de la unidad de cierre, llevan las cajas a un transportador general, el cual a su vez reunirá las cajas de ambas máquinas y las conducirá a la zona de apilado. Este sistema de fajas transportadoras está controlado por sensores y un PLC, de tal manera de evitar el choque, cruce o atascamiento entre cajas. Las fajas deberán ser de una superficie lo suficientemente rugosa para evitar el resbalamiento de las cajas. El sistema de transportadores de fajas es diseñado y construido por Conveyor System SAC, proveedor de Backus. En la figura 7.5 se observa un esquema del sistema de transportadores.

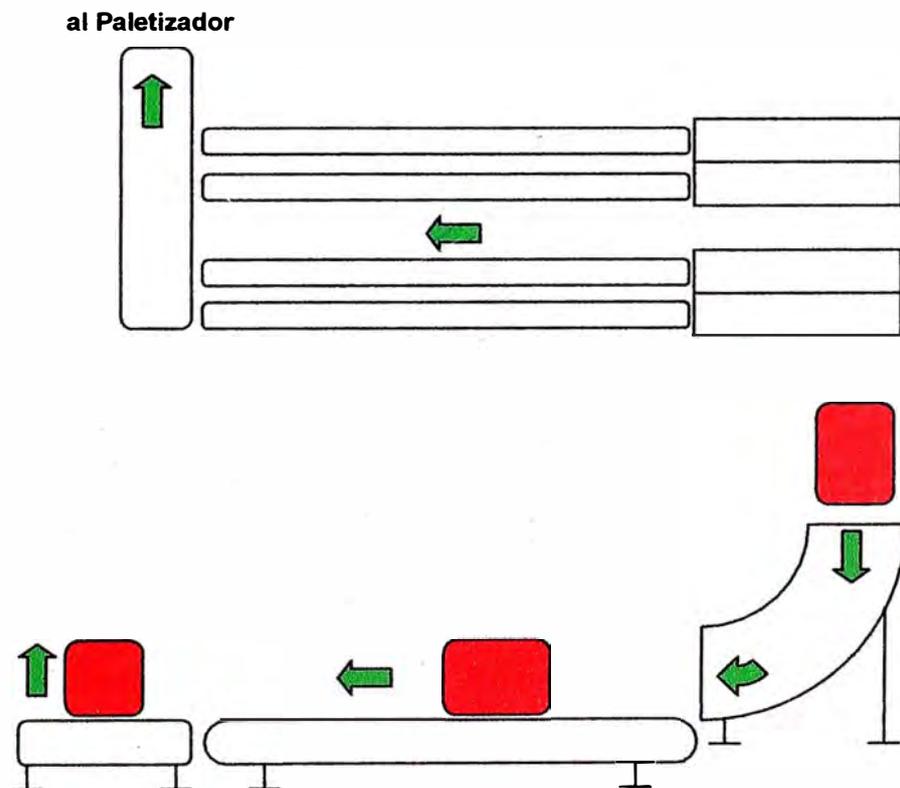


Figura 4.5. Esquema de fajas transportadoras para las cajas plásticas.

4.5.7. Sistema de Apilado: El armado de las parihuelas es estándar en la empresa Backus y tiene una configuración de 7 camas o pisos de 12 (4 x 3, ver figura 4.6) cajas por piso. Teniendo la caja un peso de 1.86 kg, la carga por cama sería de 22.5 kg. La capacidad de producción de la planta es de 400 cajas/hora, por lo que la capacidad mínima de impulsos del paletizador deberá ser de 34 impulsos/hora. Con estos dato vamos a la tabla 7.26 y se selecciona el módulo paletizador **MODULPAL 2AC**.

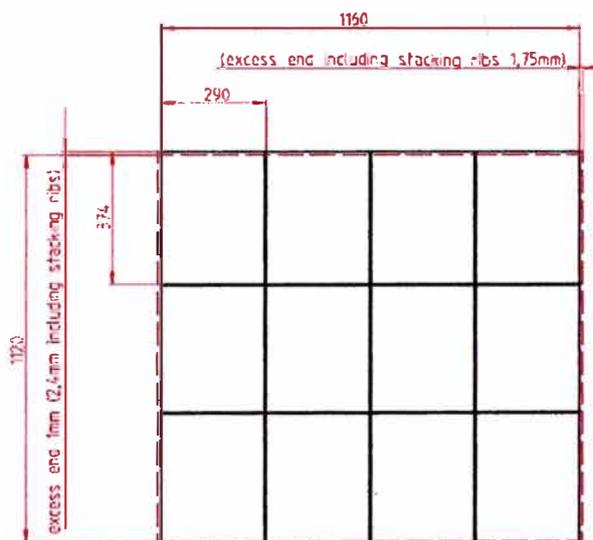


Figura 4.6. Esquema de armado de cajas por capa.

Modelo	Capacidad de carga (kg)	Rendimiento (Impulsos/h) no retornables*/retornables	Área de trabajo carrera horizontal/ángulo de giro	Elevación vertical (mm)
Modulpal 2AC	180	340 / —		
Modulpal 2A	700	360 / 500	3.400 mm	
Modulpal 3A	550	360 / 500	± 110°	máx. 6.000
Modulpal 3AR	700	360 / 500	360°	
Modulpal 1A	700	400 / —		
Modulpal 1ADR	2 x 700	500 / 500	± 180°	

*) Datos sobre el rendimiento sin procesamiento de placas intercaladas

Tabla 7.26. Selección del paletizador.

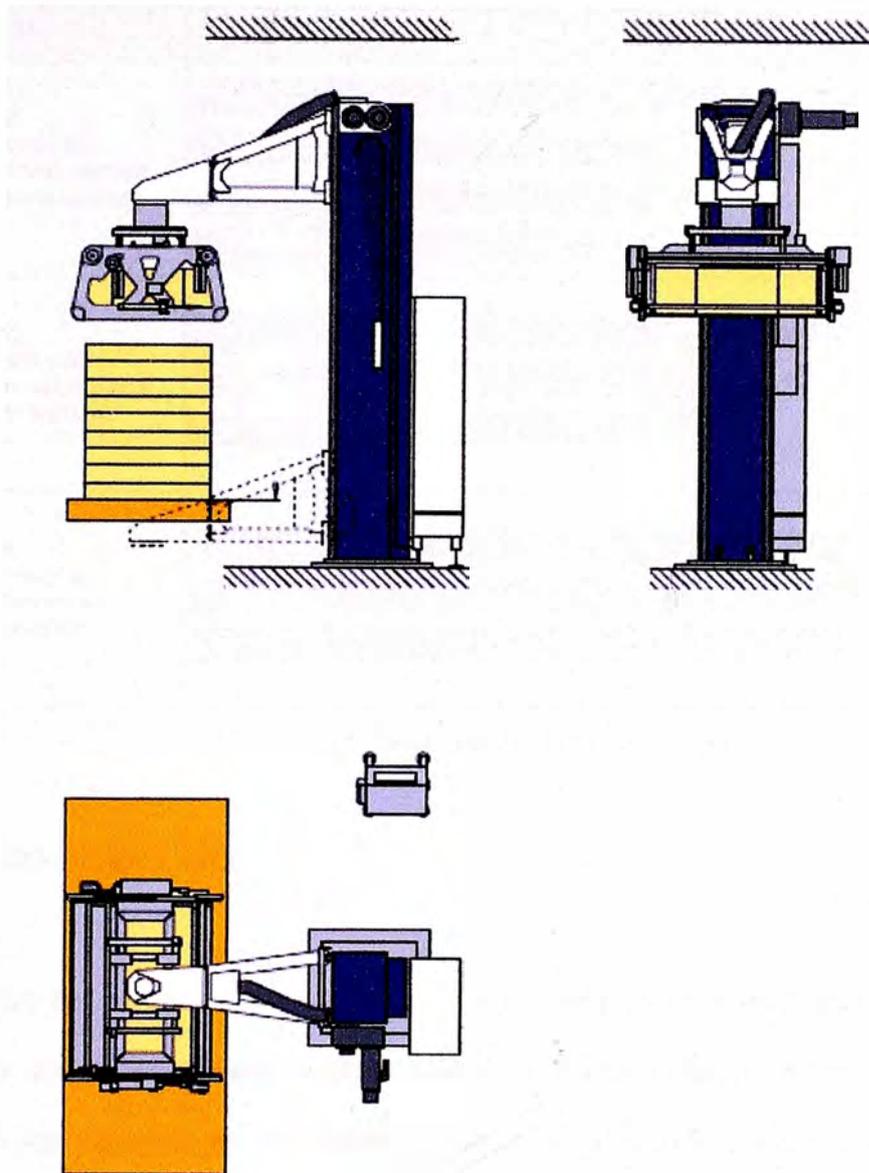


Figura 4.7. Vista esquemática del paletizador 2AC.

4.5.8. Grúa Puente: Para el montaje y desmontaje del molde en la máquina inyectora necesitaremos una grúa puente, la cual nos permita manipular los 10,200 kg de peso que tiene cada uno de los moldes. LA grúa puente deberá cubrir toda el área que corresponde a la unidad de cierre de ambas inyectoras. De la tabla 7.27 seleccionamos el modelo ELK para 12.5 toneladas.

Tipo	Capacidad* [t]	Luz* máxima [m]
ELV Puente grúa monorrail con viga de perfil laminado	hasta 5	18,5
	hasta 6,3	17,5
	hasta 8	17
	hasta 10	14,5
ELK Puente grúa monorrail con viga cajón soldada	hasta 5	28,5
	hasta 10	26
	hasta 12,5	21
ELS Puente grúa monorrail con 'carro lateral	hasta 6,3	36
	hasta 8	34,5
	hasta 10	34

Tabla 7.26. Selección de la grúa puente.

4.6. PROCESO DE MOLIDO:

El proceso de molido de las cajas del parque antiguo será realizado por una empresa que prestará este servicio a Backus. En una planta de inyección de plásticos los porcentajes de material a reprocesar varían entre 0.2% a 2%. Este porcentaje implica fallas en el proceso, productos fuera de calidad, limpieza por cambios de material, productos por paradas y arranques del proceso, etc. En nuestro caso consideraremos un valor de 0.2% a 0.5% por no presentar cambios de material ni cambios de moldes.

Por lo que las cajas que sean expulsadas del proceso de inyección hacia molienda serán enviadas, también a este proveedor, por lo que un equipo de molienda no será necesario en la planta.

4.7. ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO Y DESPACHO:

Con una capacidad de producción de 400 cajas/hora y parihuelas de 84 cajas, tenemos una producción aproximada de 114 parihuelas/día. El producto será retirado de la paletizadora con un montacargas y será llevado al área de almacenamiento de cajas plásticas terminadas. El producto final deberá tener un tiempo de reposo de 24 horas antes de ser enviado al almacén general de productos terminados (APT). Esta área es la encargada de controlar el ingreso de las cajas plásticas nuevas y el retiro de las cajas plásticas antiguas. Además es la encargada de la recepción y despacho del producto final (cajas con botellas de cerveza) a los distribuidores, contando con una flota de montacargas para esta operación.

Al tener la caja plástica un tiempo de reposo de 24 horas, y considerando que el despacho de las parihuelas de cajas plásticas se realizará en cada turno de trabajo, la capacidad de almacenamiento deberá ser la equivalente a 4 turnos de producción. Esto es el almacén de cajas plásticas deberá tener una capacidad para 152 parihuelas.

CAPÍTULO V

DIMENSIONAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE PLANTA

La planta de inyección de cajas plásticas estará dentro de la planta cervecera de Ate. Esta planta es la más importante del grupo cervecero Backus, pues posee el mayor volumen y la mayor capacidad instalada de todas las plantas (5.86 millones HL/año). Se encuentra ubicada en el distrito de Ate, Lima y está delimitada por la Av. Nicolás Ayllón al norte, la Av. Separadora Industrial al sureste y el Jr. Asturias al oeste. Detrás de la zona del almacén de productos terminados, colindante con el Jr. Asturias se encuentra el terreno destinado para la construcción de la planta de inyección de cajas plásticas y posee un área de 2,400 m² aproximadamente.

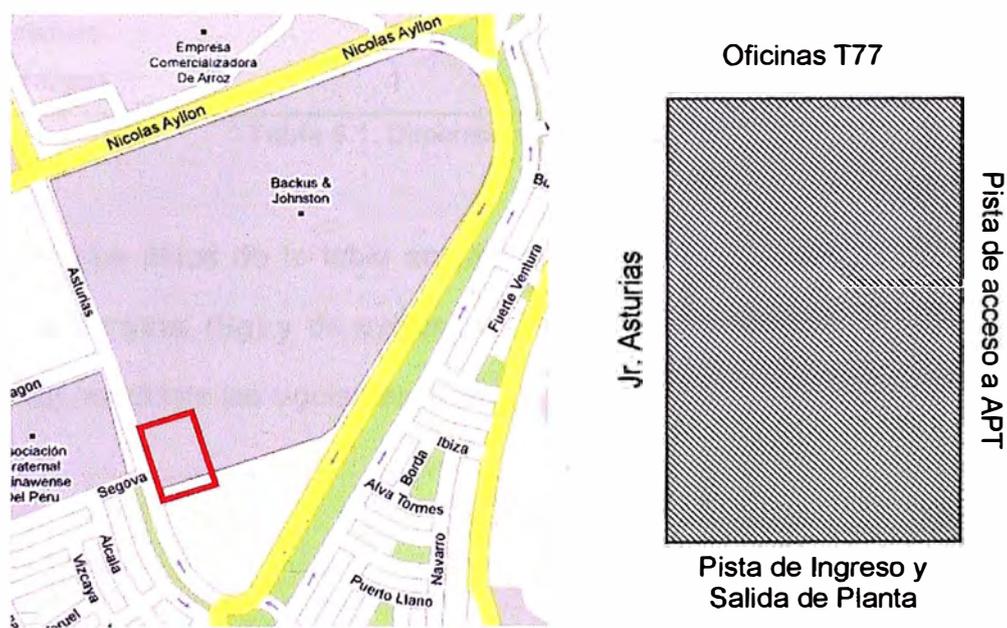


Figura 5.1: Ubicación del área de la planta de inyección

5.1. CÁLCULO DE ÁREA DE PLANTA:

Utilizando el método de Guerchet⁵, calculamos el área mínima requerida para la planta. En la siguiente tabla se listan todos los elementos móviles y estáticos, con sus medidas de largo (l), ancho (a) y altura (h). Además n es el número de elementos dentro de la planta y N es el número de lados a partir del cual es utilizado el elemento.

Elementos	n	N	l(m)	a(m)	h(m)
Silos de almacenamiento	3	1	2	2	4
Bomba de vacío	1	3	2	2	2
Filtro separador de polvo	1	3	1	1	2.5
Compresor	2	3	1.8	1	1.8
Secador de aire	1	2	0.7	0.8	1.5
Chiller	1	1	2.8	0.9	2.5
Tanque de chiller	1	1	3.5	2.8	2.5
Torre + tanque	1	4	4	6	6
TCUs	6	1	0.5	1	1.5
Inyectora	2	1	14	3.5	5
Fajas Transportadoras	1	2	40	0.4	0.5
Paletizadora	1	2	4	3.5	6
Montacargas	1	-	4	2.5	3

Tabla 5.1. Dimensiones de los equipos en planta.

Con los datos de la tabla anterior se calculan las superficies estática (S_s), gravitacional (S_g) y de evolución (S_e) para luego calcular la superficie total (S_t), mediante las siguientes fórmulas:

$$S_s = \text{largo} \times \text{ancho}$$

⁵ El método de Guerchet calcula el área total mínima (S_T) requerida para una planta a través de la fórmula $ST = n (S_S + S_G + S_E)$; donde S_S es el área estática, S_G es el área de gravitación, S_E es el área de evolución y n es el número de elementos móviles o estáticos de un tipo.

$$S_g = N \times S_s$$

$$S_e = (S_s + S_g) k$$

Considerando un valor de k igual a 0.25, por tratarse de un trabajo en cadena con transportador mecánico, se muestran los resultados en la siguiente tabla:

Elementos	Ss	Sg	Se	St
Silos de almacenamiento	4.00	4.00	2.00	30.00
Bomba de vacío	4.00	12.00	4.00	20.00
Filtro separador de polvo	1.00	3.00	1.00	5.00
Compresor	1.80	5.40	1.80	18.00
Secador de aire	0.56	1.12	0.42	2.10
Chiller	2.52	2.52	1.26	6.30
Tanque de chiller	9.80	9.80	4.90	24.50
Torre + tanque	24.00	96.00	30.00	150.00
TCUs	0.50	0.50	0.25	7.50
Inyectora	49.00	49.00	24.50	245.00
Fajas Transportadoras	16.00	32.00	12.00	60.00
Paletizadora	14.00	28.00	10.50	52.50
Montacargas	10.00	0.00	0.00	10.00
				630.9

Tabla 5.2. Cálculo de las superficies totales.

Además sumaremos al dato obtenido en la tabla anterior, las áreas de las zonas de almacenamiento de materia prima, de almacenamiento de producto terminado, de la subestación, del laboratorio de control de calidad y de la oficina, las cuales se encuentran separados por una barrera física del hangar de producción.

Área	Número parihuelas	Superficie parihuela	Superficie x parihuelas	Tránsito Montacargas	Superficie Total
Superficie de Elementos					630.90
Almacén de Insumos	92.50	1.38	127.19	56.39	183.58
Almacén de Cajas	152.00	1.40	213.41	73.04	286.45
Subestación					76.00
Oficina					60.00
C.C.					74.00
					1310.93

Tabla 5.3. Cálculo de las áreas totales.

El resultado obtenido de 1,310 m² aproximadamente, nos demuestra que el área asignada (2,400 m²) es suficiente para la implementación de la planta de inyección.

5.2. DISPOSICIÓN DE ÁREAS EN PLANTA:

A través de un diagrama relacional listamos las áreas de la planta de inyección y colocamos los valores de proximidad, según la siguiente tabla:

Código	Valor de Proximidad	Color	N° de líneas
A	Absolutamente necesario	Rojo	4 rectas
E	Especialmente necesario	Amarillo	3 rectas
I	Importante	Verde	2 rectas
O	Ordinario o Normal	Azul	1 recta
U	Sin Importancia	--	--
X	No recomendable	Negro	1 zig-zag

Tabla 5.4. Tabla de codificación para valores de proximidad.

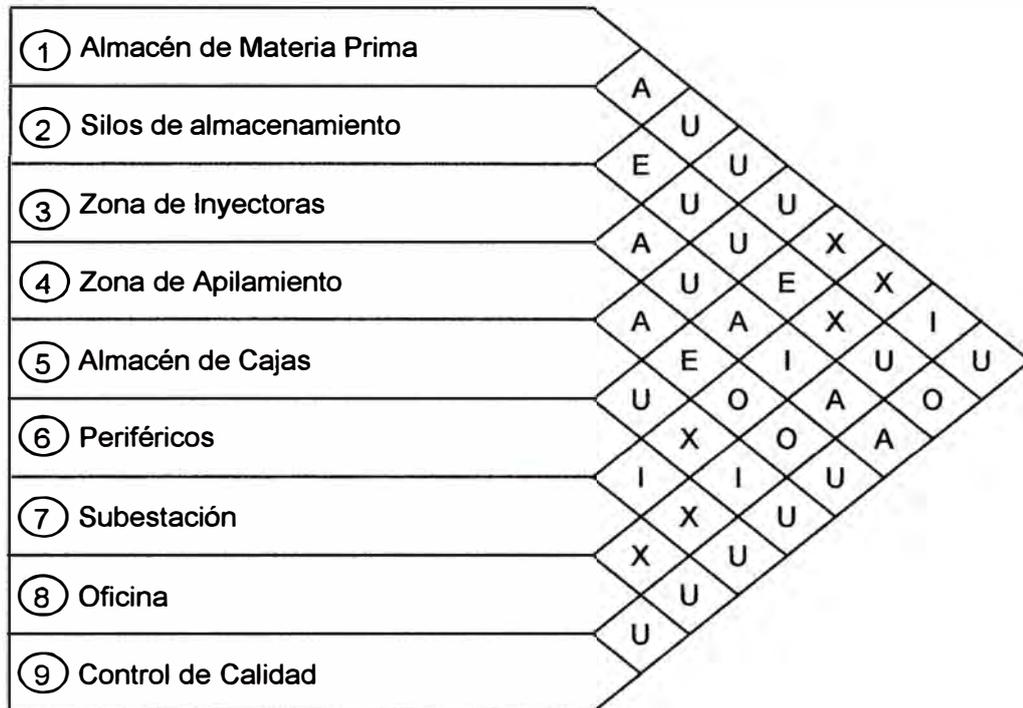


Figura 5.2. Diagrama relacional.

Del gráfico relacional obtenemos los siguientes valores de proximidad:

A: (1,2); (3,4); (3,6); (3,8); (3,9); (4,5)

E: (2,3); (2,6); (4,6)

I: (1,8); (3,7); (5,8); (6,7)

O: (2,9); (4,7); (4,8)

U: (1,3); (1,4); (1,5); (1,9); (2,4); (2,5); (2,8); (3,5); (4,9); (5,6), (5,9); (6,9);
(7,9); (8,9)

X: (1,6); (1,7); (2,7); (5,7); (6,8); (7,8)

Con los pares obtenidos se realiza un diagrama relacional de actividades, en el cual se van ubicando las áreas de trabajo en forma relativa y se unen con líneas según la tabla de valores de proximidad.

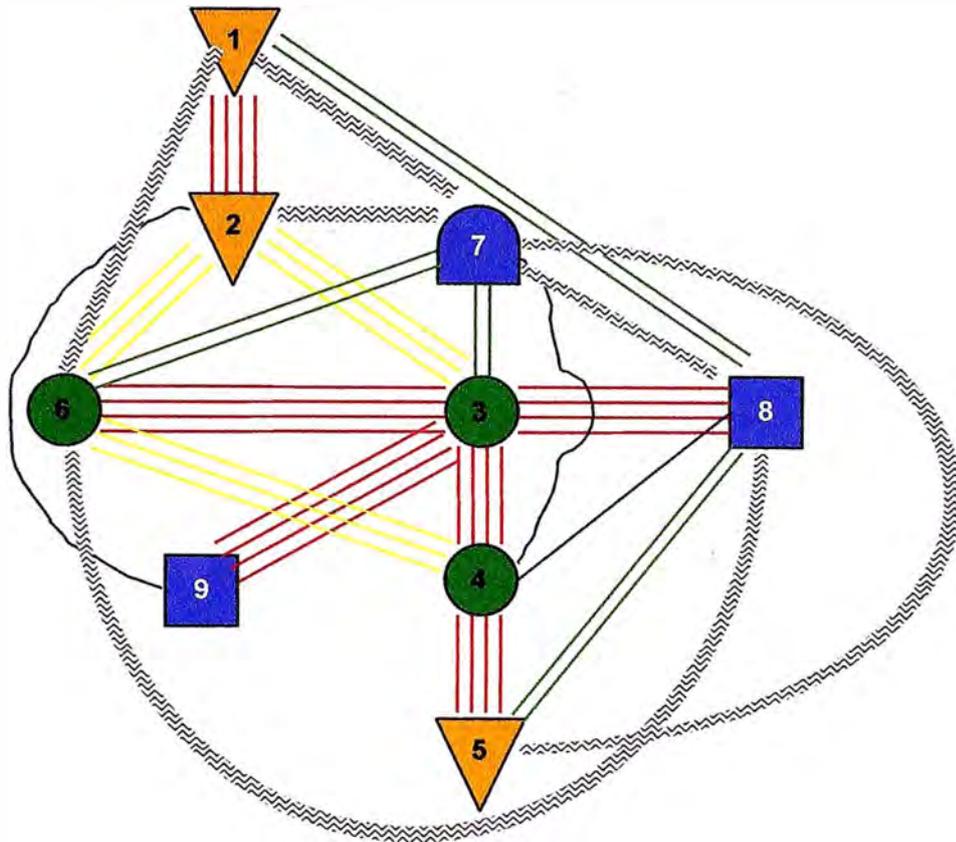


Figura 5.3. Diagrama relacional de actividades.

5.3. ESQUEMA DE DISPOSICIÓN EN PLANTA:

El área asignada para la implementación de la planta de inyección es de forma rectangular con dimensiones aproximadas de 35m de ancho y 70m de largo. Se selecciona una unidad de área igual a un cuadrado de 3,5 metros por lado y área 12,25 m².

Con este dato elaboramos una tabla listando todos los elementos y áreas en la planta y se calcula la superficie de cada ítem en unidades de área.

Ítem	Zona	Superficie (m ²)	Unidades de área
1	Silos de almacenamiento	30.00	2.4
2	Bomba de vacío	45.10	3.7
	Filtro separador de polvo		
	Compresor		
	Secador de aire		
3	Chiller	30.80	2.5
	Tanque de chiller		
4	Torre + tanque	150.00	12.2
5	TCUs	252.50	20.6
	Inyectora		
6	Fajas Transportadoras	60.00	4.9
7	Paletizadora	52.50	4.3
8	Montacargas	10.00	0.8
9	Almacén de Insumos	183.58	15.0
10	Almacén de Cajas	286.45	23.4
11	Subestación	76.00	6.2
12	Oficina	60.00	4.9
13	Control de Calidad	74.00	6.0
		1310.93	107.0

Tabla 5.5. Tabla de unidades de área por cada zona

Luego se traza en una cuadrícula, donde cada cuadrícula representa la unidad de área seleccionada, la disposición adecuada según los datos obtenidos anteriormente.

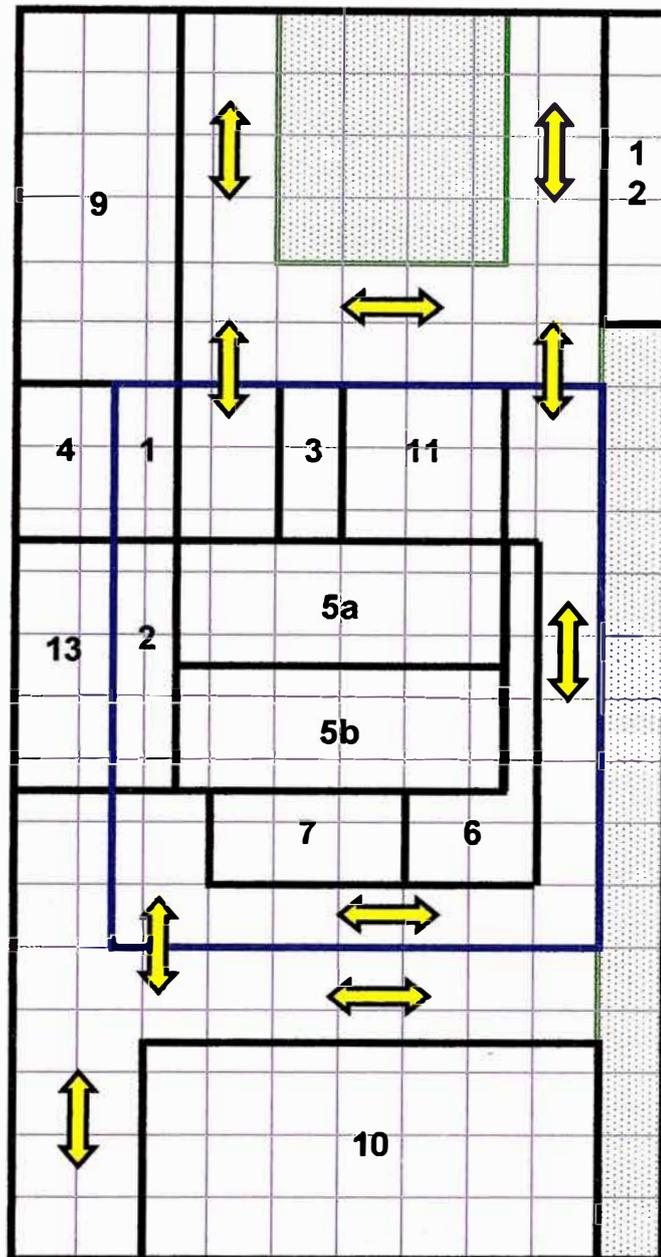


Figura 5.4. Disposición de Planta por unidad de área.

En la sección de planos, al final de este informe, se puede observar la disposición al detalle de los equipos en la planta de inyección.

CAPÍTULO VI

EVALUACIÓN DE COSTOS

El presente proyecto, tal como ya se indicó a inicios de este informe, consiste en renovar un parque de 15 millones de cajas plásticas en 5 años, para lo cual se realizará una inversión en la adquisición, implementación y puesta en marcha de una planta de inyección propia para lograr este objetivo.

Una alternativa a este proyecto, el de fabricar las cajas a cargo de la misma empresa (Backus), es la de contratar el servicio de fabricación de las cajas plásticas, tal como se venía haciendo. La empresa encargada de brindarle el servicio de fabricación de las cajas plásticas es Industrias del Envase. La transacción consiste en entregarle los insumos (resina base + aditivos) a Industrias del Envase y ellos nos entregan cajas plásticas. El costo de cada caja inyectada es de 3.85 nuevos soles.

En este capítulo evaluaremos cual de las dos alternativas de solución para el proyecto de renovación del parque de cajas plásticas, es la mejor para la empresa Backus.

6.1. RESUMEN DE COSTOS:

La tabla 6.1 indica los costos de adquisición e implementación de los diversos equipos y maquinaria destinada para la Planta de Inyección. Asimismo, se incluye el costo de las obras civiles realizadas para el montaje de equipos y construcción del hangar de la planta de inyección, como también el costo de los elementos de la subestación y el cableado de fuerza y control.

ITEM	DESCRIPCION DEL COMPONENTE	%	UNIDADES	COSTO UNITARIO	COSTO SUB-SISTEMA	VALOR(\$/.)
1	Silo de almacenamiento, capacidad 6 ton	0.27%	3		8,236.00	24,708.00
2	Equipos manejo de resina Ate, marca M –TEK Industries Inc.	1.98%				183,819.80
2.1	Bomba de vacío con aislamiento sonoro modelo PDV-100, Cap. 10HP. Para inyección de resina	0.32%	1		29,587.00	29,587.00
2.2	Filtro central modelo SBF – 200 / 20 sq.ft.	0.09%	1		8,177.40	8,177.40
2.3	Equipo receptor sobre máquina de inyección L1/L2	1.47%	2		68,121.20	136,242.40
2.3.1	Cargador Central FMX-324@ 0.85 cu.ft.		1	12,640.00	12,640.00	
2.3.2	Cargador Central FMX-206@ 0.21 cu.ft.		2	9,608.50	19,217.00	
2.3.3	Sistema alimentador dual Dosimax 12/19"		2	18,132.10	36,264.20	
2.4	Panel de control con controlador de secuencia modelo MXP –220-6BL, control : 24VDC.	0.11%	1		9,813.00	9,813.00
3	Equipos enfriamiento Agua, marca AEC.	6.28%				582,839.78
3.1	Chiller para agua modelo RCW70 chiller central Cap 73.1 ton. Chiller Central	1.55%	1		144,217.79	144,217.79
3.2	Torre de enfriamiento modelo Fiberglass F –2009, Cap 150 ton, 10HP.	0.57%	1		53,222.02	53,222.02
3.3	Filtro de agua WF750,80 mesh	0.22%	1		19,984.14	19,984.14
3.4	Estación de bombeo torre central modelo C1600D, Cap 1600gal.	1.59%	1		147,481.36	147,481.36
3.5	Estación de bombeo chiller central modelo C400D , Cap 390 gal.	0.87%	1		80,378.47	80,378.47

3.6	Unidades de Control de Temperatura de agua hacia el molde	1.48%	2		68,778.00	137,556.00
3.6.1	Unidad Control temperatura Nro.1 de Iny.L1 /L2, mod.TCU 750 Cap 7.5 HP		1	26,432.00	26,432.00	
3.6.2	Unidad Control temperatura Nro.2 de Iny.L1 /L2, mod.TCU 500 Cap 5.0 HP		1	22,546.00	22,546.00	
3.6.3	Unidad Control temperatura Nro.3 de Iny.L1 /L2, mod.TCU 075 Cap 0.75 HP		1	19,800.00	19,800.00	
4	Línea de aire para planta y para molde, marca Atlas Copco	0.45%				41,569.00
4.1	Equipo compresor Atlas Copco, modelo GX5, potencia 5.5 kW	0.13%	1		12,214.00	12,214.00
4.2	Secador de aire Atlas Copco, modelo FX2	0.05%	1		4,543.00	4,543.00
4.3	Equipo compresor Atlas Copco, modelo LT5-20, potencia 4 kW	0.27%	1		24,812.00	24,812.00
5	Puente + grúa , estructura Ate, equipo Polipasto marca ABUS modelo ELK12.5	1.91%				177,159.35
6	Máquina Husky 1000 L1/L2, modelo H1000 RS 135/125,	42.90 %				3,984,545.82
6.1	Inyector de cajas plásticas H1000 RS135/125	42.90 %	2		1,992,272.91	3,984,545.82
7	Molde de Cajas Plásticas 2xCP12x650	25.99 %				2,413,476.68
7.1	Molde de Cajas Plásticas 2xCP12x650	25.99 %	2		1,206,738.34	2,413,476.68
8	Sistema de Transporte y Apilamiento	4.97%				461,835.87
8.1	Sistema de fajas transportadoras Conveyor System	0.38%	1		34,842.00	34,842.00
8.2	Paletizadora Krones, modelo Modulpal 2AC	4.60%	1		426,993.87	426,993.87
9	Subestación eléctrica Cableado de fuerza y control	4.20%				389,958.29
10	Obras civiles Planta de Inyección Ate	11.51 %				1,069,184.45
COSTO TOTAL						9,287,528.04

Tabla 6.1. Resumen de costos de compra e instalación de equipos.

Por lo tanto la inversión inicial para la Planta de Inyección es de **9'287,528.04** nuevos soles.

6.2. ANALISIS ECONOMICO :

Realizaremos una comparación de los valores actuales netos (VAN) para cada uno de los casos de solución para este proyecto. No se considera el costo de la materia prima, pues en ambos casos la empresa es la encargada de adquirir y proporcionar la materia prima.

Para el caso del proyecto de fabricación de cajas a cargo de la misma empresa, tenemos los siguientes datos:

- Inversión inicial (Ii) de 9'287,528.04 nuevos soles.
- Gastos de Mantenimiento al año (GM) de S/: 1'500,000.
- Gastos de Operación al año (GO) de S/. 3'500,000.
- Valor de Recuperación (VR) de S/. 3'000,000.
- Tasa de 20%.

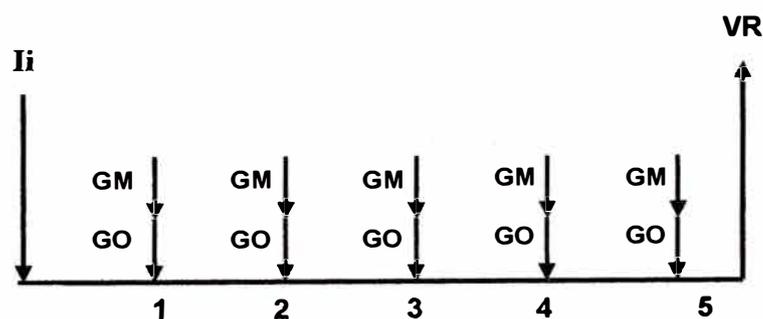


Figura 6.1. Diagrama VAN de primer caso.

$$VAN_A = -9287528.04 - \frac{5000000}{(1+0.20)^1} - \frac{5000000}{(1+0.20)^2} - \frac{5000000}{(1+0.20)^3} - \frac{5000000}{(1+0.20)^4} - \frac{200000}{(1+0.20)^5}$$

$$VAN_A = S/. -23,034,956.02$$

Para el caso en que se contrata el servicio de fabricación de las cajas plásticas, ya no sería necesaria toda la inversión de la planta de inyección, pero si es necesaria la adquisición del molde. No se contemplará valor de recuperación. Los datos para este caso son:

- Inversión inicial (Ii) de 2'413,476.68 nuevos soles.
- Pago por Servicio de fabricación de caja (PS) de S/: 11'550,000. (pago por fabricar 3 millones de cajas a S/.3.85 cada caja)
- Valor de Recuperación (VR) de S/.0.00.
- Tasa de 20%.

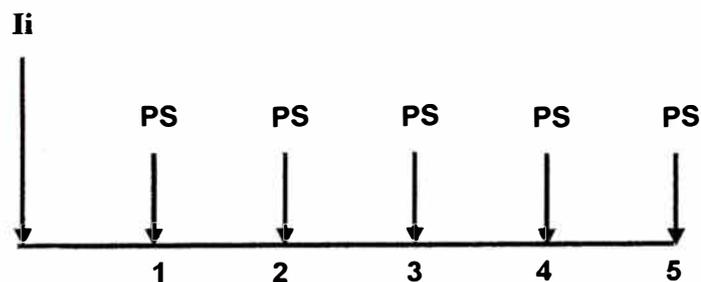


Figura 6.2. Diagrama VAN de segundo caso

$$VAN_B = -2413476.68 - \frac{11550000}{(1+0.20)^1} - \frac{11550000}{(1+0.20)^2} - \frac{11550000}{(1+0.20)^3} - \frac{11550000}{(1+0.20)^4} - \frac{11550000}{(1+0.20)^5}$$

$$VAN_B = S/. -36,941,570.22$$

Con los datos obtenidos se comprueba que el proyecto A es el que da un mayor valor actual neto.

CONCLUSIONES

- 1) Los equipos seleccionados para la planta de inyección cumplen con el objetivo de satisfacer los requerimientos necesarios para poder cumplir con el objetivo de producción de 15 millones de cajas en 5 años.
- 2) El área asignada de 2,400 m² es mayor al área mínima requerida para la Planta de Inyección.
- 3) Se comprueba que, para reemplazar 15 millones de cajas en 5 años, la mejor alternativa es la de fabricar las cajas plásticas in situ.
- 4) Las máquinas inyectoras y los moldes representan la mayor parte (en nuestro caso 68%) del costo de la inversión inicial para una planta de inyección.

BIBLIOGRAFÍA

PROCESO DE INYECCIÓN.

Andreu Sancho.
Centro Tecnológico ASCAMM - 2005

INJECTION MOLDING HANDBOOK.

Dominick Rosato, Donald Rosato, Marlene Rosato.
Kuwer Academic Publisher - 2000

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.

Bertha Díaz, Benjamín Jarufe, María Teresa Noriega.
Universidad de Lima – Fondo Editorial - 2007

MOLDES Y MÁQUINAS DE INYECCIÓN PARA LA TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS – TOMO I.

Gianni Bodini, Franco Cacchi Pessani.
Mc Graw Hill – Negri Bossi – 1992.

MOLDES PARA INYECCIÓN DE PLÁSTICOS.

Ing. G. Menges, Ing. G. Mohren.
Editorial Gustavo Gili, S.A. - 1980

MANUAL DE INYECTORA HUSKY H1000 – RS135/125.

Husky Injection Molding Systems Ltd. - 2007

MANUAL DEL MOLDE DE CAJAS PLÁSTICAS.

Schoeller Arca System GmbH - 2007

MANUALES DE EQUIPOS PERIFÉRICOS.

PLANOS PLANTA DE INYECCIÓN ATE – BACKUS.

APÉNDICES

ANEXO A
PRINCIPALES MARCAS DE POLIETILENO

Proveedor	País	Marca	Tipo
Sabic	Saudi Arabia	Sabic (Vestolen)	M80063 (A 6016)
Sabic	Saudi Arabia	Sabic (Ladene)	M 80064
Innovene / BP	Europe	Eltex	A 1100
Polimeri	Europe	Eraclene	HQG 6015 P
Innovene / BP	Europe	Rigidex	HD 6070 EA
Daelim Poly	Korea	Daelim	LH6070S
Borealis	Europe	Borealis	MG9641
Dow	Europe	Dow	KT10000
ExxonMobil	USA	ExxonMobil	HMA 035
Basell	Europe	Hostalen	GC 7260
Poliolefinas Internacionales	Venezuela	Venelene	2908 APUV
Dow	USA-Mexico	Dowlex	IP-10262
Dalim Corp.	Korea	Daelin	LH6070
Pemex	Mexico	Padmex	65080U
Dow	Argentina	Polisur	08262B
LG	Korea	Lutene-H	ME8000UV
Ipiranga	Brasil	Polisul	Polisul HC 7260

ANEXO B

COMPROBACIÓN UNIDAD DE CIERRE

La siguiente fórmula se utiliza para calcular la fuerza de cierre requerida:

$$Fuerza\ Cierre = K_C \times A_P \times F_V$$

K_C : constante de cierre, depende del material.

A_P : área proyectada del producto.

F_V : factor de viscosidad.

Resina	K_C (ton/cm ²)	F_V
PS	0.155 - 0.310	1
PS (pared delgada)	0.465 - 0.620	1
HIPS	0.155 - 0.310	1
HIPS (pared delgada)	0.388 - 0.543	1
ABS	0.388 - 0.620	1.3 - 1.5
SAN	0.388 - 0.465	1.3 - 1.5
SAN (flujo largo)	0.465 - 0.620	1.3 - 1.5
LDPE	0.155 - 0.310	1 - 1.3
HDPE	0.233 - 0.388	1 - 1.3
HDPE (flujo largo)	0.388 - 0.543	1 - 1.3
PP	0.233 - 0.388	1 - 1.2
PP (flujo largo)	0.388 - 0.543	1 - 1.2
PA6, PA66	0.620 - 0.775	1.2 - 1.4
PC	0.465 - 0.775	1.7 - 2.0

Tabla B.1. Valores de constantes para el cálculo de fuerza de cierre

Por lo que el cálculo de la máxima fuerza de cierre sería:

$$Fuerza\ Cierre_{MÁXIMA} = 0.35 \times (37.4 \times 29 \times 2) \times 1.3$$

$$Fuerza\ Cierre_{MÁXIMA} = 987\ toneladas$$

Con lo que quedaría comprobada la unidad de cierre H1000.



Mould No. : PE-12		Drawing No.: SZ -PE-5133-I N		
		Customer: Backus y Johnston		
Article Definition: 12 x 0,62/0,65 ltr		Article Weight [g] 1860 +/- 0,75 %		
Article Dimensions [mm]		Length: 374	Width: 290	Height: 305
Mould Dimensions [mm]		Length: 954	Width: 810	Height: 770.9
Mould Weight [kg]: 4000				
Production Speed [Crates/h]: 106		Schoeller Mould Type: 4		
Design Characteristics				
- high depth bottle crate				
- handles on the short sides and long sides				
- linear partition				
- Schoeller ring base design				
- Airmould lamella handle				
Electrical				
Hotrunner System	Type	Power / Loop	Number of Loops	Thermocouples
Hotrunner	4 - fold	1430 W	2	2 x TEF - V
Nozzle	THJ II	320 W	4	integrated
Connection Plug	24-pole Han for heating			
	16-pole Han for thermocouples			
Hydraulics				
Hydraulic Ejector	HDS 250.50/32/15.204.32.545 S			
Hydraulic Cheeks	BZ 320.40/25.03.201.110-N1			
Hydraulic Connection	1/2 "			
Cooling				
Injection Side	25 (incl. Cheeks)	Moving Side	16	
Total Number of Circles	41	Cheeks	12	
Machine				
Minimum Clamping Force [t]:	600	Min. Opening Stroke [mm]:	1009.1	
Total opening stroke including mould installation height [mm]:			1780	
Remarks:	None			



Mould No. : PE-12/13		Drawing No.: SZ -PE-5133-I N		
		Customer: Backus y Johnston		
Article Definition: 12 x 0,62/0,65 ltr		Article Weight [g] 1860 +/- 0,75 %		
Article Dimensions [mm]		Length: 374	Width: 290	Height: 305
Mould Dimensions [mm]		Length: 1730	Width: 954	Height: 1060,9
Mould Weight [kg]: 10200				
Production Speed [Crates/h]: 100		Schoeller Mould Type: 4		
Design Characteristics				
- high depth bottle crate				
- handles on the short sides and long sides				
- linear partition				
- Schoeller ring base design				
- Airmould lamella handle				
Electrical				
Hotrunner System	Type	Power / Loop	Number of Loops	Thermocouples
Hotrunner	2 - fold	1400 W	2	1 x TEF - V
		1650 W	2	1 x TEF - V
Connection Plug	24-pole Han for heating			
	16-pole Han for thermocouples			
Hydraulics				
Hydraulic Ejector	HDS 250.50/32/15.204.32.545 S			
Hydraulic Cheeks	BZ 320.40/25.03.201.110-N1			
Hydraulic Connection	1/2 "			
Cooling				
Injection Side	52 (incl. Cheeks)	Moving Side	32	
Total Number of Circles	84	Cheeks	24	
Machine				
Minimum Clamping Force [t]: 900		Min. Opening Stroke [mm]: 1009,1		
Total opening stroke including mould installation height [mm]:				2070
Remarks:	None			

ANEXO C

COMPROBACIÓN UNIDAD DE INYECCIÓN

Para el cálculo de la capacidad de la unidad inyectora tenemos:

$$\text{Capacidad Inyectora (g PS)} > W_{\text{producto}} \times \frac{d_{\text{PS}}}{d_{\text{resina}}}$$

donde:

- W_{producto} : peso del producto (en gramos).
- d_{PS} : densidad del poliestireno (1.05 g/cm^3).
- D_{resina} : densidad de la resina a inyectar (0.95 g/cm^3 para el HDPE)

Se recomienda que el peso a inyectar debe estar entre 40% y 80% de la capacidad de la máquina.

- Para bajos requerimientos entre 60% y 80%.
- Para altos requerimientos entre 40% y 60%

Por lo que el cálculo para la capacidad de nuestra inyectora sería:

$$\text{Capacidad Inyectora (g PS)} = \frac{(1860 \times 2) \times \frac{1.05}{0.95}}{0.60}$$

$$\text{Capacidad Inyectora} = 6852 \text{ g PS}$$

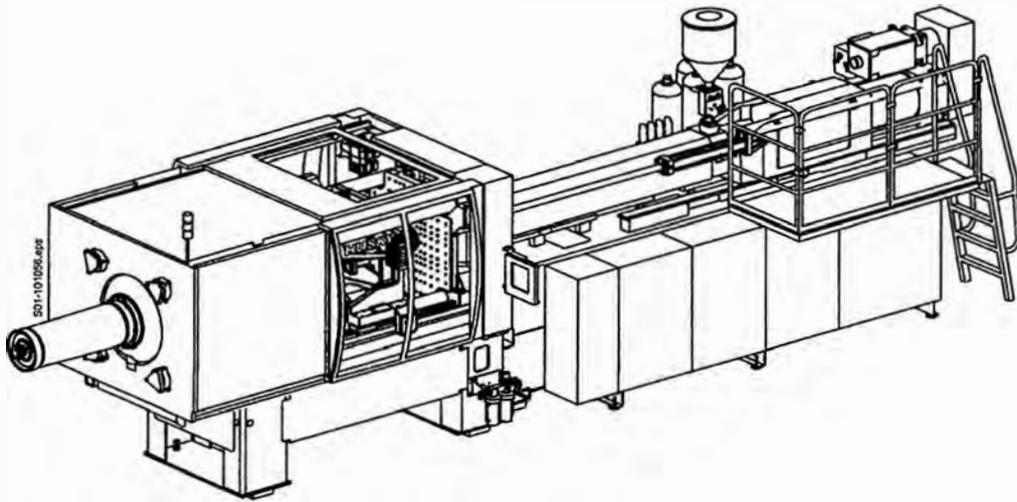
Teniendo en cuenta la relación L/D para la unidad de inyección.

Rango	Valor L/D	Ventajas
Bajo	16 - 19	<ul style="list-style-type: none"> - Menos tiempo de residencia. - Menor espacio. - Menos torque. - Menor costo.
Medio	20	Uso general
Alto	21 - 24	<ul style="list-style-type: none"> - Mayores caudales. - Mejor plastificación. - Mayores presiones.

Y considerando los valores de L/D del modelo RS135.

RS135			
	115	125	135
L/D	25:1	22.9:1	21.1:1

Comprobamos la selección de la unidad de inyección RS135/125 con máxima presión de inyección de 1866 bar, capacidad de inyección de 6921 gramos de poliestireno y relación L/D de 22.9:1.



Machine Manual

Hyletric Injection Molding Machine

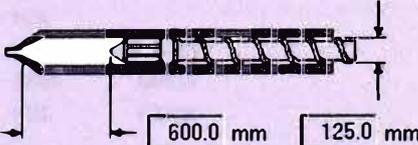
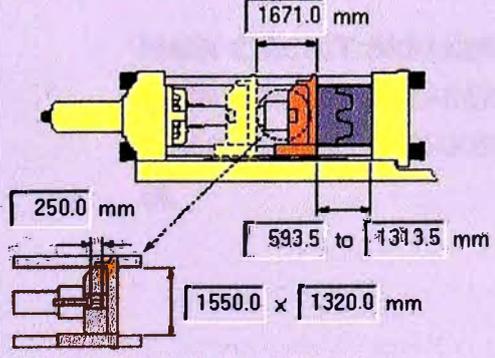
Clamp Model: H/HL90 to H/HL1000

Injection Unit Model: RS22 to RS155

Issue: v 4.9.1 August 2006

HUSKY

Generales	Peso de la unidad de cierre	82000 kg
	Peso de la unidad de inyección	19100 kg
	Temperatura ambiental	0 - 40 °C
Parte Eléctrica	Motor eléctrico	186 kW
agua	Rango de temperaturas de entrada (sin condensar)	10 - 34 °C
	Presión de entrada	60 - 90 psi
	Caída de presión mínima	30 psi
	Flujo de agua	15.8 m3/h
aire	Alimentación de aire comprimido	56 l/min
	Presión de entrada	0.47 - 1.03 Mpa
Hidráulica	volumen de aceite hidráulico	2275 l
	Temperatura de aceite.	47 - 53 °C
	Volumen de aceite de la caja de engranajes	58 l
Acumuladores	Acumuladores de unidad de cierre	2 x 50 l
	Acumuladores de unidad de inyección	8 x 50 l

Machine Specifications	CycleTime Breakdown	Graph
General Model: H1000 RS135/125 Serial Number: 3646458 Build Date: 11/2006 Tester: SCHLINK/DASILVA	Software Version: 2006.4-002	Injection  Max. Screw Speed: 122.0 rpm Max. Injection Pressure: 1889.6 bar Injection Capacity: 7363.0 cm³ Screw L/D Ratio: 22.9 : 1
Clamp 		

SUPPLY No.1 LOAD	380	V	582	A	60	Hz	3PH+N+PE	System	
LARGEST MOTOR	350	A							
TOTAL HEAT LOAD		A							
		SHORT-CIRCUIT INTERRUPTING CAPACITY						10	kA
SUPPLY No.2 LOAD	380	V	169	A	60	Hz	3PH+N+PE	System	
LARGEST MOTOR		A							
TOTAL HEAT LOAD	164	A							
		SHORT-CIRCUIT INTERRUPTING CAPACITY						10	kA
SUPPLY No.3 LOAD	380	V	95	A	60	Hz	3PH+N+PE	System	
LARGEST MOTOR		A							
TOTAL HEAT LOAD	95	A							
		SHORT-CIRCUIT INTERRUPTING CAPACITY						10	kA
MACHINE MODEL	H1000 RS135/125								
SERIAL NUMBER	3646458								
MO/YR OF MFG.	12.2006								
ELECTRICAL DIAGRAM	3655864								
HPN xxxxxxx	HUSKY INJECTION MOLDING SYSTEMS S.A.							ZONE INDUSTRIELLE RIEDGEN, L-3401 DUDELANGE	

CONDUCTOR COLOURS

MAIN CIRCUITS	380VAC	BK
NEUTRAL		WH
GROUND		GN/YL
CONTROL	120VAC	RD
NEUTRAL		WH
CONTROL	24VDC	BU
COMMON		BU

COMPONENT SIZING

PUMP MOTOR	250HP	350A	
CONTROLS	1.5 kVA	5A	
ROBOT/AUXILIARY		N/A	
ELECTRIC DRIVE	BUM64	232A	140KW
HEATS MACHINE	380V	164A	99KW
HEATS MOLD	380V	95A	62KW

MAIN CIRCUIT BREAKER Q1M	225A
MAIN CIRCUIT BREAKER Q3M	800A
MOLD CIRCUIT BREAKER Q2M(Q42)	125A
UL	

Advantages of FEEDMAX Vacuum Loaders

Removable powder coated, mild steel spun lid.

Pneumatic actuated vacuum sequencing valve.

Quick release toggle clamps for fast, easy access.

Band clamp allows simple, quick disassembly of modular components if required.

Solid state triple shielded capacitance style proximity switches to indicate material demand and for level priority sequencing.



Stainless steel line size reducers for easy installation and simple system retrofits.

Stainless steel material inlet and pneumatic actuated positive shut-off valve for common material conveying systems and proportional material loading respectively.

Interchangeable stainless steel center section allows for hopper capacity to be easily changed.

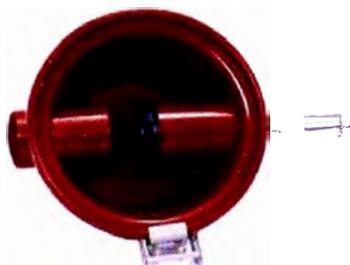
Stainless steel construction of all material contact surfaces prevents material contamination and corrosion and allows for ease of cleaning.

Stainless steel hopper mounting flange and pneumatic actuated discharge valve assembly.

Features of FEEDMAX Vacuum Loaders



Removable, rugged stainless steel basket filter allows for easy cleaning.



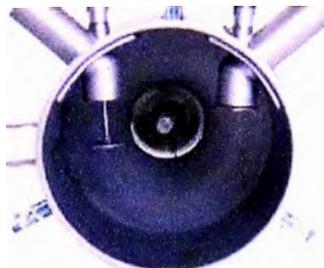
Integral pneumatic vacuum control valve reduces overall loader height.



Pneumatic material discharge shut-off valve assembly with integral air supply.



Pneumatically actuated material inlet shut-off on all common line systems.



Optionally, the vacuum loader can be equipped with two pneumatically operated material inlets in order to allow the conveying of two different materials.



The optional clear tube assembly allows for perfect visual inspection of the material flow and precise adjustment of material inventory.

FEEDMAX IMX and FMX Loaders

The **FEEDMAX IMX** (single) and **FMX** (central) series loaders are built for the highest functionality and demanding applications. The modular design of the vacuum loaders guarantees specific adjustment to customer requirements, as well as simple cleaning.

- **Rugged and Well Proven Design**
Stainless steel material contact surfaces for superior wear resistance
- **Easy Cleaning**
Hinged lid, as well as toggle latches and clamps, allow easy access
- **Pneumatically Actuated Discharge Valve**
The pneumatically operated discharge valve guarantees complete sealing during the loading cycle for maximum reliability
- **Capacitive Sensor**
Solid state triple shielded capacitance style proximity switch to indicate material demand
- **Modular Construction**
Optimum size configuration and assembly without tools

FEEDMAX FMX 200, 300 and 400 series

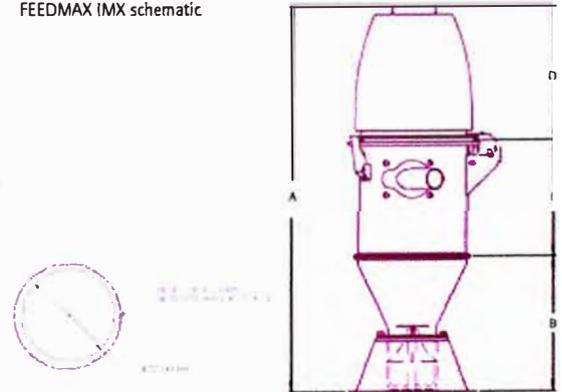


FEEDMAX IMX Loaders

FEEDMAX IMX	Body Dia. in (mm)	Capacity cu.ft. (m ³)	A in. (mm)	B in. (mm)	C in. (mm)	D in. (mm)	E in. (mm)	F in. (mm)
204	7.87 (200)	0.14 (4)	25.4 (646)	10.0 (254)	5.44 (138)	10.0 (254)	8.17 (207.4)	8.90 (226)
206	7.87 (200)	0.71 (6)	28.4 (722)	10.0 (254)	8.44 (214)	10.0 (254)	8.17 (207.4)	8.90 (226)
324	11.8 (300)	0.85 (24)	39.3 (999)	13.0 (330)	15.4 (392)	10.9 (277)	12.3 (313.5)	13.9 (354)

Specifications subject to change without notice.

FEEDMAX IMX schematic

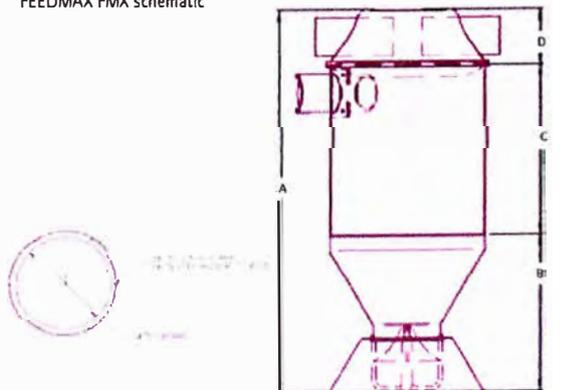


FEEDMAX FMX Loaders

FEEDMAX FMX	Capacity cu.ft. (m ³)	A in. (mm)	B in. (mm)	C in. (mm)	D in. (mm)	E in. (mm)	F in. (mm)
204	0.14 (4)	19.7 (500)	9.84 (250)	5.90 (150)	3.94 (100)	8.17 (207.4)	8.90 (226)
206	0.71 (6)	22.4 (570)	9.84 (250)	8.66 (220)	3.94 (100)	8.17 (207.4)	8.90 (226)
308	0.78 (6)	23.6 (600)	12.8 (325)	5.90 (150)	4.92 (125)	12.3 (313.5)	13.9 (354)
312	0.42 (12)	26.4 (670)	12.8 (325)	8.66 (220)	4.92 (125)	12.3 (313.5)	13.9 (354)
318	0.64 (18)	28.5 (750)	12.8 (325)	11.8 (300)	4.92 (125)	12.3 (313.5)	13.9 (354)
324	0.85 (24)	33.5 (850)	12.8 (325)	15.7 (400)	4.92 (125)	12.3 (313.5)	13.9 (354)
420	0.71 (20)	28.0 (710)	16.3 (415)	5.90 (150)	5.71 (145)	16.1 (408.7)	16.1 (408.7)
440	1.41 (40)	33.9 (860)	16.3 (415)	11.8 (300)	5.71 (145)	16.1 (408.7)	17.9 (455)
460	2.12 (60)	39.8 (1010)	16.3 (415)	17.7 (450)	5.71 (145)	16.1 (408.7)	17.9 (455)
480	2.83 (80)	45.7 (1160)	16.3 (415)	23.6 (600)	5.71 (145)	16.1 (408.7)	17.9 (455)

Specifications subject to change without notice.

FEEDMAX FMX schematic

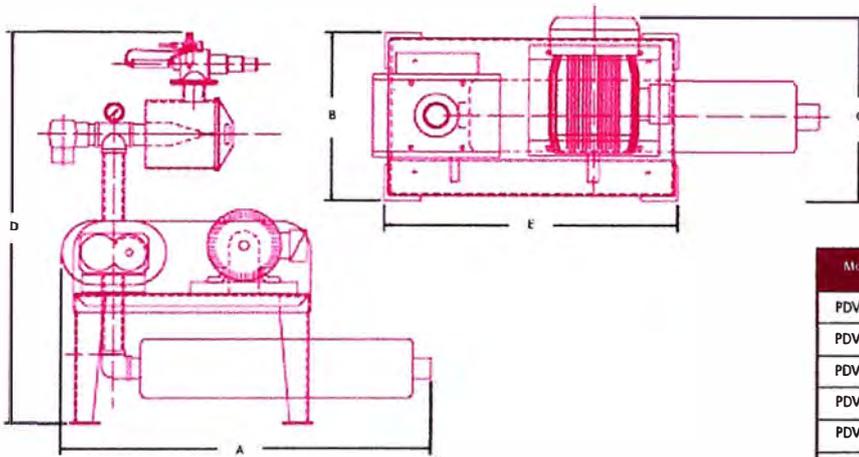


PDV Vacuum Pumps

Designed for all central vacuum conveying and loading applications.

- **Positive Displacement Type Industrial Blower**
Provides constant airflow
- **Pneumatically Actuated Vacuum Breaker Valve**
Prevents pump from reversing direction during shutdown and allows for continuous run/idle. Saves wear and tear on pump and motor eliminating stop/start.
- **In-line Pump Protection Cartridge Filter**
- **Maximum Noise Reduction**
High efficiency absorption discharge silencer reduces noise
- **Heavy-Duty V-belt Drive with Safety Guard**
- **Options:**
 - 3 – 50 hp for throughputs up to 20,000 lbs./hr.
 - Standby spare pump switching manifold

PDV vacuum pump



Model	HP	Amperage 240V	A in. (mm)	B in. (mm)	C in. (mm)	D in. (mm)	E in. (mm)	Weight lbs. (kg)
PDV-030	3	3.8	42 (1054)	17 (425)	17.5 (445)	56 (1422)	28.5 (724)	300 (136)
PDV-050	5	6.3	42 (1054)	17 (425)	17.5 (445)	56 (1422)	28.5 (724)	320 (145)
PDV-075	7.5	9.4	42 (1054)	19 (483)	21.2 (540)	56 (1422)	32.5 (826)	500 (227)
PDV-100	10	12.5	42 (1054)	19 (483)	21.2 (540)	56 (1422)	32.5 (826)	575 (239)
PDV-150	15	18.0	62 (1575)	23 (584)	25 (635)	66 (1676)	40 (1016)	750 (341)
PDV-200	20	25	65 (1651)	25 (635)	27 (686)	72 (1829)	44 (1118)	900 (409)
PDV-250	25	31.3	65 (1575)	29 (737)	30 (762)	76 (1930)	45 (1143)	1140 (518)
PDV500	50	62.5	95 (2413)	30.6 (778)	35 (889)	59 (1499)	54 (1372)	1350 (614)

Specifications subject to change without notice.

Central Filters

Recommended when conveying powders, pellets and regrind with high concentration of dust and fines. Designed with tangential material inlet with internal cyclone ring and single or multi-cartridge filters for maximum dust removal.

- **Self-cleaning**
Automatic compressed air filter cleaning with solid state control
- **High efficiency**
Pleated filter cartridges for maximum effective area
- **Easy Cleaning**
Stainless steel construction and quick release bucket for fast clean-out.

SBF series filter



Datos técnicos

Tipo de compresor	Presión de trabajo		Capacidad FAD ⁽¹⁾			Potencia del motor		Nivel sonoro dB(A)	Peso ⁽²⁾ - kg	
	bar(e)	psig	l/s	m ³ /h	cfm	kW	CV		Pack	Full Feature
Versión 50 Hz										
GX 2 - 10	10	145	4,0	14,4	8,5	2,2	3	61		
GX 3 - 10	10	145	5,3	19,1	11,2	3	4	61	165	200
GX 4 - 10	10	145	7,8	28,1	16,5	4	5	62		
GX 5 10	10	145	10,0	36,0	21,2	5,5	7,5	64		
GX 7 7.5	7,5	109	19,6	70,6	41,5					
- 10	10	145	15,7	56,5	33,3	7,5	10	67	270	365
- 13	13	189	12,2	43,9	25,9					
GX 11 7.5	7,5	109	26,6	95,8	56,4					
-10	10	145	23,1	83,2	48,9	11	15	69	295	385
-13	13	189	19,0	68,4	40,3					
Versión 60 Hz										
GX 2	10,3	150	4,0	14,4	8,5	2,2	3	61		
GX 4	10,3	150	7,8	28,1	16,5	4	5	62	165	200
GX 5	10,3	150	10,0	36,0	21,2	5,5	7,5	64		
GX 7 - 100	7,4	107	19,4	69,8	41,1					
- 125	9,1	132	17,0	61,2	36,0					
- 150	10,8	157	14,5	52,2	30,7	7,5	10	69	270	365
- 175	12,5	181	12,3	44,3	26,1					
GX 11 -100	7,4	107	27,0	97,2	57,2					
-125	9,1	132	24,4	87,8	51,7					
-150	10,8	157	22,2	79,9	47,0	11	15	70	295	385
-175	12,5	181	19,8	71,3	42,0					

(1) Rendimiento de la unidad medido de acuerdo con ISO1217, Ed. 3, Anexo C-1996.

(2) Tamaño depósito de aire estándar, GX2-5: 200 L / 60 Gal., GX7-11: 270 L / 72 Gal.

Opciones disponibles

Kit de transformador del secador

Kit de filtro PDx de alto rendimiento

Purgador electrónico del depósito (sólo montado sobre depósito)

Purgador electrónico de agua

Refrigerador posterior con separador de humedad

Refrigerador posterior

Depósito de aire 500 L (sólo montado sobre depósito)

Termostato tropical

GX 2-5 GX 2-5FF GX 7-11 GX 7-11FF

N/A	✓	N/A	N/A
N/A	✓	N/A	✓
✓	✓	✓	✓
N/A	N/A	TM sólo	✓
N/A	N/A	✓	incluido
N/A	N/A	✓	incluido
N/A	N/A	✓	✓
N/A	N/A	✓	✓

Dimensiones

L (mm) A (mm) H (mm)

Pack Montado sobre bancada

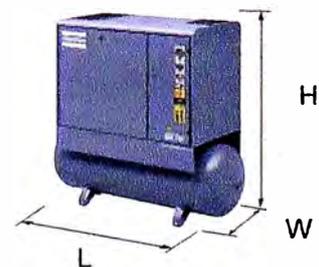
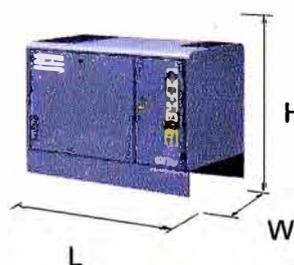
GX 2-5	620	605	975
GX 7-11	870	625	994

Full Feature Montado sobre bancada

GX 2-5	N/A	N/A	N/A
GX 7-11	1165	625	994

Montado sobre depósito

GX 2-5	1420	575	1280
GX 7-11	1520	625	1418



Technical data

▶ FX refrigerant dryer range - 60 Hz

Model	Outlet pressure dewpoint 41 °F/+5 °C				Outlet pressure dewpoint 39 °F/+4 °C				Maximum working pressure	Electrical supply	Dimensions						Weight		Compr. air connec- tions	
	Inlet capacity		Pressure drop		Inlet capacity		Pressure drop				Length		Width		Height		kg	lb		
	l/s	cfm	bar	psi	l/s	cfm	bar	psi			mm	Inch	mm	Inch	mm	Inch				
FX1	7	14	0.20	2.88	6	13	0.15	2.18	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	19	42	3/4" NPT
FX2	12	24	0.33	4.79	10	21	0.25	3.63	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	19	42	3/4" NPT
FX3	16	35	0.33	4.79	14	30	0.25	3.63	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	20	44	3/4" NPT
FX4	23	49	0.33	4.79	20	42	0.25	3.63	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	25	55	3/4" NPT
FX5	35	74	0.40	5.75	30	64	0.30	4.35	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	27	60	3/4" NPT
FX6	45	95	0.42	6.14	39	83	0.32	4.64	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	370	14.6	804	31.7	51	112	1" NPT
FX7	58	122	0.50	7.29	50	106	0.38	5.51	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	370	14.6	804	31.7	51	112	1" NPT
FX8	69	146	0.24	3.45	60	127	0.18	2.61	13	189	115-230/1/60Hz	560	22.0	460	18.1	829	32.6	61	135	1 1/2" NPT
FX9	79	167	0.33	4.79	68	144	0.25	3.63	13	189	115-230/1/60Hz	560	22.0	460	18.1	829	32.6	68	150	1 1/2" NPT
FX10	100	211	0.24	3.45	87	184	0.18	2.61	13	189	115-230/1/60Hz	560	22.0	460	18.1	829	32.6	73	161	1 1/2" NPT
FX11	125	264	0.26	3.84	108	229	0.20	2.90	13	189	230/1/60Hz	560	22.0	580	22.8	939	37.0	90	198	1 1/2" NPT
FX12	148	313	0.36	5.18	128	271	0.27	3.92	13	189	230/1/60Hz	560	22.0	580	22.8	939	37.0	90	198	1 1/2" NPT
FX13	192	407	0.26	3.77	167	354	0.20	2.90	16	232	460/3/60Hz	990	39.0	795	31.3	925	36.4	173	381	2" NPT
FX14	230	489	0.33	4.79	200	424	0.25	3.63	16	232	460/3/60Hz	975	38.4	795	31.3	925	36.4	178	392	2" NPT
FX15	288	611	0.46	6.67	250	530	0.35	5.08	16	232	460/3/60Hz	975	38.4	795	31.3	925	36.4	183	404	2" NPT
FX16	345	731	0.46	6.67	300	636	0.35	5.08	16	232	460/3/60Hz	975	38.4	795	31.3	925	36.4	183	404	2" NPT

Notes:

Refrigerant types: R134a for FX1-5
R404a for FX6-16

Limitations:

Max. ambient temp.: 110 °F
Min. ambient temp.: 41 °F
Max. inlet temp.: 131 °F

Reference conditions:

Ambient temperature: 100 °F
Inlet temperature: 100 °F
Working pressure: 102 psi (g)

▶ Filter selection

Model	Outlet pressure dewpoint 41 °F/+5 °C			Outlet pressure dewpoint 39 °F/+4 °C		
	Inlet capacity	Pre filter	After filter	Inlet capacity	Pre filter	After filter
	cfm			cfm		
FX1	14	DD9	DD9	13	DD9	DD9
FX2	24	DD17	DD17	21	DD17	DD17
FX3	35	DD17	DD17	30	DD17	DD17
FX4	49	DD32	DD32	42	DD32	DD32
FX5	74	DD44	DD44	64	DD32	DD32
FX6	95	DD44	DD44	83	DD44	DD44
FX7	122	DD60	DD60	106	DD60	DD60
FX8	146	DD120	DD120	127	DD60	DD60
FX9	167	DD120	DD120	144	DD120	DD120
FX10	211	DD120	DD120	184	DD120	DD120
FX11	264	DD120	DD120	229	DD120	DD120
FX12	313	DD150	DD150	271	DD150	DD150
FX13	407	DD280	DD280	354	DD175	DD175
FX14	488	DD280	DD280	424	DD175	DD175
FX15	611	DD280	DD280	530	DD280	DD280
FX16	731	DD280	DD280	636	DD280	DD280

▶ Capacity calculation

Ambient temperature

°F	100	104	110
K1 (corr. factor)	1	0.8	0.74

Inlet temperature

°F	100	104	113	122	131
K2 (corr. factor)	1	0.82	0.69	0.58	0.45

Inlet pressure

psi (g)	73	87	102	116	131	145	160	174	189
K3 (corr. factor)	0.9	0.96	1	1.03	1.06	1.08	1.1	1.12	1.13

Example:

What is the capacity of an FX6 (for a PDP of 41 °F) at the following conditions:

Ambient temperature: 110 °F
Inlet temperature: 131 °F
Inlet pressure: 145 psi (g)

Correction factors from the table are: $K_1 = 0.74 / K_2 = 0.45 / K_3 = 1.08$

$$\begin{aligned} \text{Qactual} &= K_1 \times K_2 \times K_3 \times \text{Qnominal} \\ &= 0.74 \times 0.45 \times 1.08 \times 45 \text{ l/s} \\ &= 16.18 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Especificaciones técnicas

TIPO DE COMPRESOR	Presión máxima de trabajo*		FAD a presión de trabajo normal y 1500 rpm (50 Hz)			FAD a presión de trabajo normal y 1800 rpm (60 Hz)			Potencia instalada recomendada		Nivel sonoro dB(A)**	
	bar(a)	psig	l/s	m ³ /min	cfm	l/s	m ³ /min	cfm	kW	CV	Sin insonorizar	Montado sobre bancada, insonorizado
10 BAR LF												
LF 2-10	10	145	3,1	0,19	6,6	3,6	0,22	7,6	1,5	2	82/84	67/69
LF 3-10	10	145	4	0,24	8,5	4,6	0,28	9,7	2,2	3	83/85	68/70
LF 5-10	10	145	8,2	0,49	17,4	9,1	0,55	19,3	4	5,5	83/85	68/70
LF 7-10	10	145	11	0,66	23,3	12	0,72	25,4	5,5	7,5	84/86	72/74
LF 10-10	10	145	15,5	0,93	32,8	18,2	1,1	38,9	7,5	10	86/88	74/76
10 BAR LE												
LE 2-10	10	145	3,4	0,2	7,2	3,9	0,23	8,3	1,5	2	78/80	63/65
LE 3-10	10	145	4,4	0,26	9,3	5,1	0,31	10,8	2,2	3	79/81	64/66
LE 5-10	10	145	8,4	0,5	17,8	9,7	0,58	20,6	4	5,5	79/81	64/66
LE 7-10	10	145	11,7	0,7	24,8	13,6	0,82	28,2	5,5	7,5	80/82	68/70
LE 10-10	10	145	15,7	0,94	33,3	18,2	1,04	38,6	7,5	10	81/81	68/69
LE 15-10	10	145	23,9	1,43	50,7	28,7	1,70	60,8	7,5	10	89/90	78/78
LE 20-10	10	145	31,7	1,90	67,2	37,2	2,26	78,8	7,5	10	88/89	76/78
15 BAR LT												
LT 2-15	15	218	3,1	0,19	6,6	3,6	0,22	7,6	1,5	2	78/80	63/65
LT 3-15	15	218	4,0	0,25	8,5	4,7	0,28	10	2,2	3	79/81	64/66
LT 5-15	15	218	6,7	0,4	14,2	7,9	0,47	16,7	4	5,5	79/81	64/66
LT 7-15	15	218	9,2	0,56	19,5	10,9	0,65	23,1	5,5	7,5	80/81	68/70
LT 10-15	15	218	11,7	0,7	24,8	-	-	-	7,5	10	81/-	68
20 BAR LT												
LT 2-20	20	290	2,1	0,13	4,5	2,7	0,16	5,7	1,5	2	78/80	63/65
LT 3-20	20	290	2,9	0,17	6,1	3,6	0,22	7,6	2,2	3	79/81	64/66
LT 5-20	20	290	5	0,3	10,6	6,3	0,38	13,3	4	5,5	79/81	64/66
LT 7-20	20	290	6,7	0,4	14,2	8,4	0,5	17,8	5,5	7,5	80/82	68/70
LT 10-20	20	290	9,1	0,55	19,3	13,6	0,82	28,8	7,5	10	81/83	68/70
LT 15-20	20	290	15,1	0,91	29,1	17,7	1,06	37,5	11	15	86/89	75/83
LT 20-20	20	290	18	1,08	38,1	20,9	1,25	44,3	15	20	86/88	78/81
30 BAR LT												
LT 3-30	30	435	2,5	0,15	5,3	3,1	0,19	6,6	2,2	3	79/81	64/66
LT 5-30	30	435	4,4	0,26	9,3	5,5	0,33	11,7	4	5,5	79/81	64/66
LT 7-30	30	435	6,4	0,38	13,6	8	0,48	17	5,5	7,5	80/82	68/70
LT 10-30	30	435	8,5	0,51	18	-	-	-	7,5	10	81/-	68/-
LT 15-30	30	435	9,3	0,56	19,7	11,1	0,67	23,5	11	15	85/89	76/85
LT 20-30	30	435	17	1,02	36	19,7	1,18	41,7	15	20	86/88	80/83

* Rendimiento de las unidades medido de acuerdo con ISO 1217, Ed. 3, Anexo C-1996.

** Nivel sonoro medio medido a una distancia de 1 m de acuerdo con el código de prueba ISO 2151/Pneurop/Cagi PN8NTC2; tolerancia 3 dB(A).

Condiciones de referencia:

- Presión absoluta de entrada 1 bar (14,5 psi).
- Temperatura de aire de entrada y de refrigerante 20°C, 68°F.

FAD medido a las presiones de trabajo siguientes:

- Versiones de 10 bar a 7 bar.
- Versiones de 15 bar a 12 bar.
- Versiones de 20 bar a 20 bar.
- Versiones de 30 bar a 30 bar.

Tamaño del depósito: versiones de 10, 15 y 20 bar (218, 290 y 435 psi):
90, 250 y 475 litros (24, 66 y 125 galones USA)

Tensiones estándar disponibles:

50 Hz: monofásico 230 V, trifásico 230, 400, 500 V
60 Hz: monofásico 230 V, trifásico 230, 460, 380, 575 V

R SERIES WATER-COOLED CENTRAL CHILLERS

HEAT AND COOL

SPECIFICATIONS: RC SERIES SCROLL CHILLERS

Model	No. of compressors	Cooling capacity, tons (50° LWT)	Capacity stages, qty.	EER, BTUH/W	Amp Draw, 460/3/60		Nominal flow, gpm		Condenser conn. (no manifold) flange conn., in.	Evaporator manifold conn. victaulic, in.
					RLA ¹ per compressor	MCA ² per chiller unit	Evaporator	Condensers		
RCW 30	2	31.3	2	15.6	28	62	78	97	(2) 2	3
RCW 40	2	42.2	2	15.2	34	76	99	124	(2) 2	3
RCW 50	2	50.2	2	15.4	43	97	120	151	(2) 2	3
RCW 60	4	64.8	4	15.7	27	113	156	194	(2) 2.5	3
RCW 70	4	73.2	4	15.1	27/34	129	175	219	(2) 2.5	3
RCW 80	4	81.5	4	14.7	34	143	196	244	(2) 2.5	3
RCW 90	4	90.4	4	15.0	34/43	164	217	271	2.5/3	4
RCW 100	4	99.3	4	15.2	43	183	238	298	(2) 3	4

Model	Height, in.	Width, in.	Depth, in.	Ship. weight, lbs.	Max. operating weight, lbs.
RCW 30	85	66	45	1520	1610
RCW 40	85	94	45	1900	2010
RCW 50	85	94	45	2120	2260
RCW 60	85	94	45	2700	2870
RCW 70	75	94	45	3000	3200
RCW 80	75	94	45	3300	3520
RCW 90	75	115	45	3580	3830
RCW 100	75	115	45	3880	4160

1 RLA = running load amps 2 MCA = minimum circuit amps

SPECIFICATIONS: RS SERIES SCREW CHILLERS

Model	No. of compressors	Cooling capacity, tons (50° LWT)	Capacity stages, qty.	EER, BTUH/W	Amp Draw, 460/3/60		Nominal flow, gpm		Condenser conn. (no manifold) flange conn., in.	Evaporator manifold conn. victaulic, in.
					RLA ¹ per compressor	MCA ² per chiller unit	Evaporator	Condensers		
RSW 60	2	60.3	Infinite unloading	15.2	58	133	145	181	2.5	3
RSW 75	2	74.8		15.1	66	151	180	225	2.5	3
RSW 90	2	88.5		14.5	79	180	213	266	3	4
RSW 100	2	104.3		15.6	98	223	245	307	3	4
RSW 115	2	116.2		15.3	124	281	279	349	3	4
RSW 145	2	146.3		16.1	144	326	350	438	4	6
RSW 165	2	166.2		16.0	155	351	399	499	4	6
RSW 195	2	192.8		16.2	182	412	463	579	4	6

Model	Height, in.	Width, in.	Depth, in.	Ship. weight, lbs.	Max. operating weight, lbs.
RSW 60	85	100	45	3266	3468
RSW 75	85	100	45	3512	3754
RSW 90	74	115	72	4336	4594
RSW 100	74	115	72	4982	5246
RSW 115	77	124	72	5298	5584
RSW 145	81	137	75	8844	9428
RSW 165	81	137	75	9376	10102
RSW 195	81	137	75	9580	10364

1 RLA = running load amps 2 MCA = minimum circuit amps

CHILLED WATER PUMP TANK SYSTEMS

HEAT AND COOL

SELECTION

Model	Max. chiller, tons (Kcal/hr)		Capacity, gallons (l)		Max. pumps/ledge	Return water conn., in. (mm) NPT
	1 well	2 wells	Overflow	Operating		
CT150 (D)	56 (170,300)	28 (85,100)	135 (511)	100 (378)	3	3 (76)
PC400 (D)	162 (492,000)	81 (246,000)	390 (1476)	350 (1325)	3	5 (127)
C500 (D)	200 (605,700)	100 (302,800)	480 (1817)	360 (1362)	3	4 (102)
C700 (D)	300 (908,300)	150 (454,200)	720 (2725)	540 (2044)	4	4 (102)
C1100 (D)	448 (1,356,300)	224 (678,200)	1075 (4069)	825 (3122)	4	6 (152)
C1600 (D)	672 (2,037,700)	336 (1,018,800)	1615 (6113)	1240 (4693)	4	6 (152)
C2000 (D)	850 (2,572,700)	425 (1,286,800)	2040 (7721)	1565 (5923)	5	6 (152)
C2700 (D)	1125 (3,406,700)	562 (1,703,300)	2700 (10,219)	2065 (7816)	6	6 (152)
C3700 (D)	1527 (4,624,000)	763 (2,312,000)	3665 (13,872)	2830 (10711)	6	6 (152)
C5100 (D)	2138 (6,472,300)	1069 (3,236,200)	5130 (19,417)	3960 (14988)	7	8 (203)

Calculated for chiller volume capacity based upon 2.4 gpm per ton with the chiller within 25 ft. of the tank

PUMP TANK CAPACITIES

Capacity		Trim size, in. NPT (mm)	Process pump, hp (kW)	Recirculating pump, hp (kW)
Nominal refrigeration, tower water, tons (Kcal/hr)	Nominal flow, gal. (l)			
25 (75,600)	60 (227)	2.5 (64)	5 (3.73)	3 (2.24)
35 (105,840)	84 (318)	2.5 (64)	7.5 (5.59)	3 (2.24)
50 (151,200)	120 (454)	3 (76)	7.5 (5.59)	5 (3.73)
60 (181,440)	144 (545)	3 (76)	10 (7.5)	5 (3.73)
75 (226,800)	180 (682)	4 (102)	10 (7.5)	5 (3.73)
90 (272,160)	216 (818)	4 (102)	15 (11.19)	7.5 (5.59)
100 (302,400)	240 (909)	4 (102)	15 (11.19)	7.5 (5.59)
125 (378,000)	300 (1135)	4 (102)	20 (14.91)	7.5 (5.59)
155 (468,720)	372 (1408)	6 (152)	20 (14.91)	10 (7.5)
185 (559,440)	444 (1680)	6 (152)	25 (18.64)	10 (7.5)
220 (665,280)	528 (1998)	6 (152)	30 (22.37)	15 (11.19)
250 (756,000)	600 (2271)	6 (152)	30 (22.37)	15 (11.19)
310 (937,440)	744 (2816)	6 (152)	40 (29.93)	20 (14.91)
375 (1,134,000)	900 (3406)	6 (152)	50 (37.29)	20 (14.91)

DIMENSIONS

Model	Length, in. (cm)	Width, in. (cm)	Height, in. (cm)	Ship. weight, lbs.	Operating weight, lbs.
CT150 (D)	72 (183)	36 (91)	40 (102)	600 (273)	1800 (817)
PC400 (D)	95 (241)	56 (142)	64 (162)	500 (227)	3500 (1588)
C500 (D)	102 (259)	48 (122)	52 (132)	2000 (908)	6000 (2722)
C700 (D)	114 (289)	72 (183)	52 (132)	2600 (1180)	8600 (3901)
C1100 (D)	114 (289)	72 (183)	77 (195)	3400 (1543)	12400 (5625)
C1600 (D)	138 (350)	72 (183)	77 (195)	4000 (1815)	17500 (7938)
C2000 (D)	150 (381)	92 (234)	78 (198)	5000 (2268)	22100 (10025)
C2700 (D)	150 (381)	120 (305)	78 (198)	6000 (2722)	28500 (12928)
C3700 (D)	162 (411)	120 (305)	90 (229)	7000 (3176)	37600 (17056)
C5100 (D)	162 (411)	168 (427)	92 (234)	7800 (3539)	50700 (22998)

CHILLED WATER PUMP TANK SYSTEMS

HEAT AND COOL

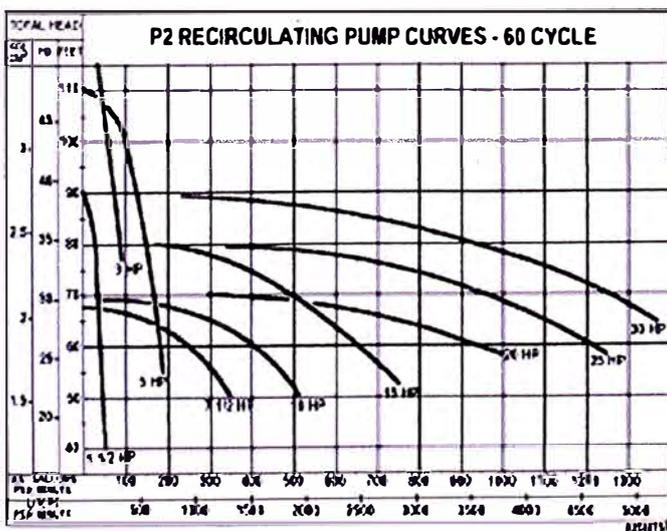
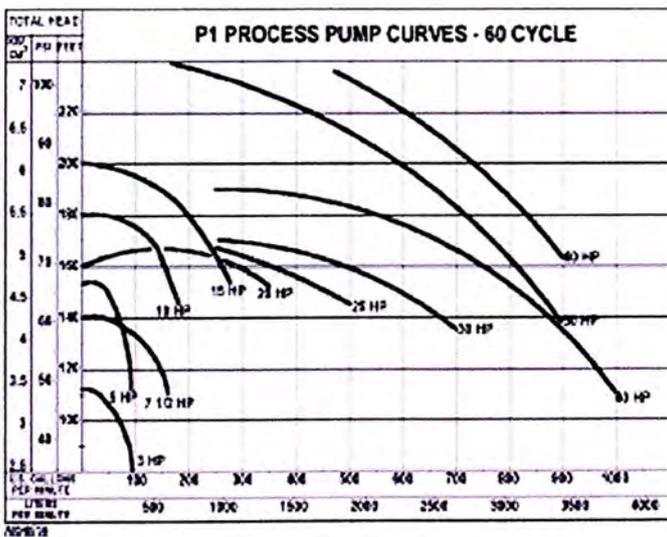
PUMP INFORMATION

Pump hp	1.5	3	5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60
Amp draw, 460/3/60	2.6	4.8	7.6	11	14	21	27	34	40	52	65	77
Ship. weight. lbs. P1	—	95	115	125	165	180	300	310	400	465	710	730
Ship. weight. lbs. P2	60	90	115	275	320	425	510	630	670	—	—	—

TRIM SIZE

Trim size	2"	2.5"	3"	4"	6"	8"
Max. flow, gpm (lpm)	50 (189)	90 (340)	160 (624)	320 (1211)	900 (3406)	2000 (7570)
Shipping wt., lbs. (kg)	25 (12)	35 (16)	50 (23)	75 (35)	120 (55)	165 (75)

PUMP CURVES



NEMA 1 STARTERS

2-60 hp pumps are available with 460/3/60 or 230/3/60 individual NEMA 1 starters. (230/3/60 voltage not available on 50 and 60 hp pumps).

Thermostat, well, on/off switch for cycling tower fans, and P2 recirculating pumps are available at extra cost. Mounting the starter on the pump tank and wiring to the motor is also available at extra cost.

Starters are shipped loose.

Note: For 50 Hz operation, derate by multiplying pressures by 0.69



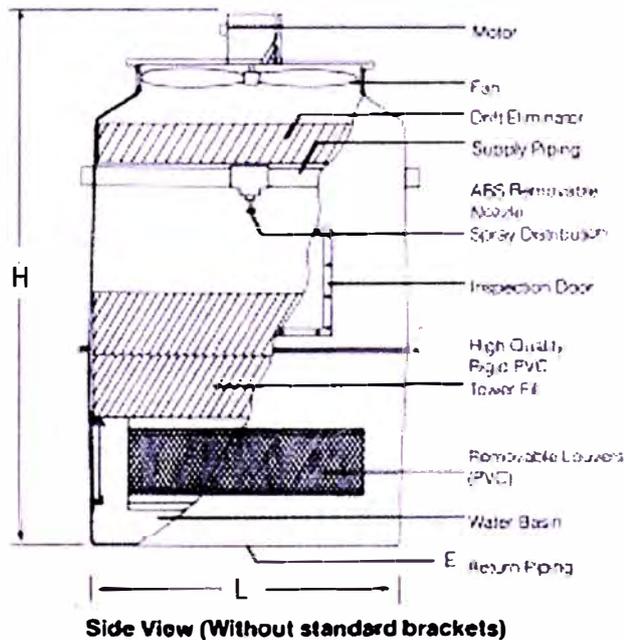
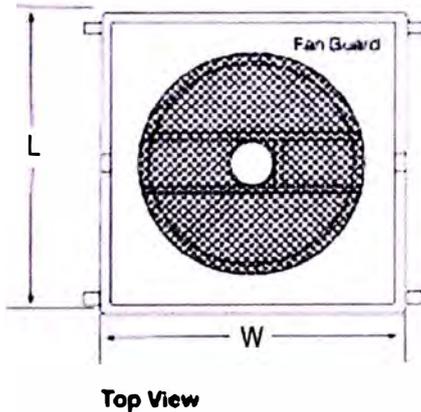
FG SERIES FIBERGLASS COOLING TOWERS

HEAT AND COOL

SPECIFICATIONS

Model	Capacity, ¹ tons (Kcal/hr)	Fan motor, hp (kW)	Amp draw, 460/3/60	Water inlet dia., in. (mm)	Water outlet dia., in. (mm)	Length, in. (cm)	Width, in. (cm)	Height, in. (cm)	Ship. weight, lbs. (kg)	Operating weight, lbs. (kg)
FG 2003	50 (151,200)	2 (1.5)	3.4	4 (102)	4 (102)	64 (163)	64 (163)	104 (264)	600 (273)	1300 (591)
FG 2004	75 (226,800)	5 (3.7)	7.6	4 (102)	6 (152)	64 (163)	64 (163)	125 (318)	750 (341)	1700 (772)
FG 2005	100 (302,400)	5 (3.7)	7.6	4 (102)	8 (203)	82 (208)	82 (208)	121 (307)	1400 (636)	2900 (1317)
FG 2007	125 (378,000)	5 (3.7)	7.6	4 (102)	8 (203)	82 (208)	82 (208)	121 (307)	1500 (681)	3200 (1453)
FG 2009	150 (453,600)	10 (7.5)	14	4 (102)	8 (203)	100 (254)	100 (254)	123 (313)	1950 (886)	3800 (1726)
FG 2011	175 (529,200)	10 (7.5)	14	4 (102)	8 (203)	100 (254)	100 (254)	123 (313)	2100 (954)	4400 (1998)
FG 2015	200 (604,800)	15 (11.2)	21	4 (102)	8 (203)	100 (254)	100 (254)	124 (315)	2600 (1181)	5200 (2361)

¹ Capacity based upon 15,000 BTU/hr (3,024 Kcal/hr) heat rejection per ton (3,024 Kcal/hr chilled water, 3,780 Kcal/hr tower water). Flow equals 3 gpm per ton (1.563 lpm per 1,000 Kcal/hr). Entering water temperature 95°F (35°C), leaving water temperature 85°F (29°C), 78°F (26°C) ambient wet bulb. Consult factory for other requirements.



COOLING TOWER PUMP TANK SYSTEMS

HEAT AND COOL

SELECTION

Model	Max. tower, tons ¹ (Kcal/hr)		Capacity, gallons (l)		Max. pumps/ledge	Return water conn., in. (mm) NPT
	1 well	2 wells	Overflow	Operating		
T150 (D)	27 (102,200)	16 (63,900)	135 (511)	100 (378)	3	3 (76)
PT400 (D)	78 (295,200)	48 (184,500)	390 (1476)	350 (1325)	3	5 (127)
T500 (D)	96 (363,400)	60 (227,100)	480 (1817)	360 (1362)	3	4 (102)
T700 (D)	144 (545,000)	90 (340,600)	720 (2725)	540 (2044)	4	4 (102)
T1100 (D)	215 (813,800)	134 (508,600)	1075 (4069)	825 (3122)	4	6 (152)
T1600 (D)	323 (1,222,600)	200 (764,100)	1615 (6113)	1240 (4693)	4	6 (152)
T2000 (D)	408 (1,544,200)	255 (965,100)	2040 (7721)	1565 (5923)	5	6 (152)
T2700 (D)	540 (2,043,800)	337 (1,277,400)	2700 (10,219)	2065 (7816)	6	6 (152)
T3700 (D)	733 (2,774,400)	458 (1,734,000)	3665 (13,872)	2830 (10711)	6	6 (152)
T5100 (D)	1026 (3,883,400)	641 (2,427,100)	5130 (19,417)	3960 (14988)	7	8 (203)

¹ Calculated for cooling tower water, based on 3 gpm per ton and towers beign within 25 feet of the tank

PUMP TANK CAPACITIES

Capacity		Trim size, in. NPT (mm)	Process pump, hp (kW)	Recirculating pump, hp (kW)
Nominal refrigeration, tower water, tons (Kcal/hr)	Nominal flow, gal. (l)			
20 (75,600)	60 (227)	2.5 (64)	5 (3.73)	3 (2.24)
30 (113,400)	90 (341)	2.5 (64)	7.5 (5.59)	3 (2.24)
40 (151,200)	120 (454)	3 (76)	7.5 (5.59)	5 (3.73)
50 (189,000)	150 (568)	3 (76)	10 (7.5)	5 (3.73)
60 (226,800)	180 (682)	4 (102)	10 (7.5)	5 (3.73)
75 (283,500)	225 (852)	4 (102)	15 (11.19)	7.5 (5.59)
80 (302,400)	240 (909)	4 (102)	15 (11.19)	7.5 (5.59)
100 (378,000)	300 (1135)	4 (102)	20 (14.91)	7.5 (5.59)
125 (472,500)	375 (1416)	6 (152)	20 (14.91)	10 (7.5)
150 (567,000)	450 (1703)	6 (152)	25 (18.64)	10 (7.5)
175 (661,500)	525 (1987)	6 (152)	30 (22.37)	15 (11.19)
200 (756,000)	600 (2271)	6 (152)	30 (22.37)	15 (11.19)
250 (945,000)	750 (2839)	6 (152)	40 (29.93)	20 (14.91)
300 (1,134,000)	900 (3406)	6 (152)	50 (37.29)	20 (14.91)

DIMENSIONS

Model	Length, in. (cm)	Width, in. (cm)	Height, in. (cm)	Ship. weight ² , lbs.	Operating weight ² , lbs.
T150 (D)	72 (183)	36 (91)	40 (102)	600 (273)	1800 (817)
PT400 (D)	95 (241)	56 (142)	64 (162)	500 (227)	3500 (1588)
T500 (D)	102 (259)	48 (122)	52 (132)	2000 (908)	6000 (2722)
T700 (D)	114 (289)	72 (183)	52 (132)	2600 (1180)	8600 (3901)
T1100 (D)	114 (289)	72 (183)	77 (195)	3400 (1543)	12400 (5625)
T1600 (D)	138 (350)	72 (183)	77 (195)	4000 (1815)	17500 (7938)
T2000 (D)	150 (381)	92 (234)	78 (198)	5000 (2268)	22100 (10025)
T2700 (D)	150 (381)	120 (305)	78 (198)	6000 (2722)	28500 (12928)
T3700 (D)	162 (411)	120 (305)	90 (229)	7000 (3176)	37600 (17056)
T5100 (D)	162 (411)	168 (427)	92 (234)	7800 (3539)	50700 (22998)

² Weights are for tank only; pump weight is not included

COOLING TOWER PUMP TANK SYSTEMS

HEAT AND COOL

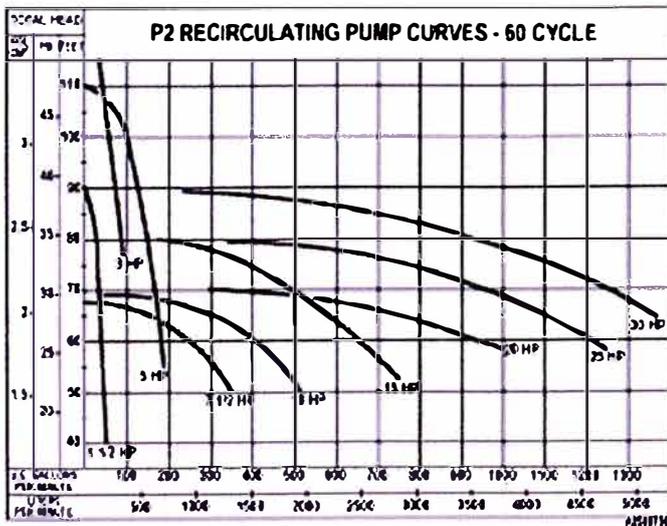
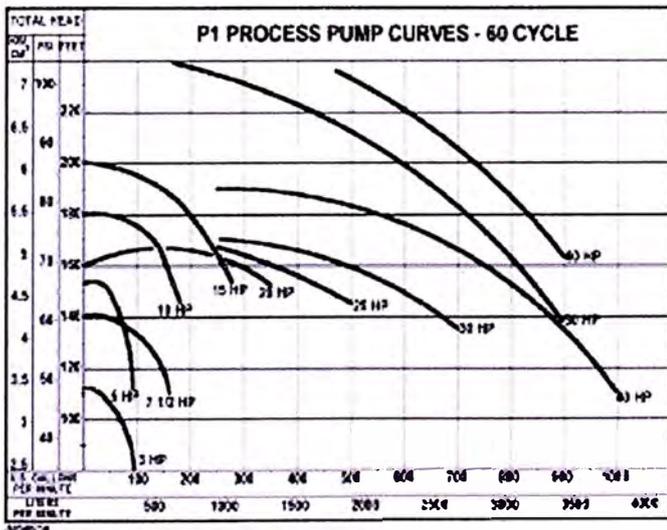
PUMP INFORMATION

Pump hp	1.5	3	5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60
Amp draw, 460/3/60	2.6	4.8	7.6	11	14	21	27	34	40	52	65	77
Ship. weight. lbs. P1	—	95	115	125	165	180	300	310	400	465	710	730
Ship. weight. lbs. P2	60	90	115	275	320	425	510	630	670	—	—	—

TRIM SIZE

Trim size	2"	2.5"	3"	4"	6"	8"
Max. flow, gpm (lpm)	50 (189)	90 (340)	160 (624)	320 (1211)	900 (3406)	2000 (7570)
Shipping wt., lbs. (kg)	25 (12)	35 (16)	50 (23)	75 (35)	120 (55)	165 (75)

PUMP CURVES



Note: For 50 Hz operation, derate by multiplying pressures by 0.69

NEMA 1 STARTERS

2-60 hp pumps are available with 460/3/60 or 230/3/60 individual NEMA 1 starters. (230/3/60 voltage not available on 50 and 60 hp pumps).

Thermostat, well, on/off switch for cycling tower fans, and P2 recirculating pumps are available at extra cost. Mounting the starter on the pump tank and wiring to the motor is also available at extra cost.

Starters are shipped loose.

TRUETEMP TCU SERIES WATER TCUS

HEAT AND COOL

SPECIFICATIONS

Model	Style	Pump, hp (kW)	Flow, gpm (lpm)	Pressure, psig (kPa)	Height, in. (cm)	Width, in. (cm)	Depth, in. (cm)	Ship. weight, lbs. (kg)
TCU075	Compact	0.75 (0.56)	30 (113.6)	25 (172.4)	28.75 (73)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU100		1 (0.75)	35 (132.5)	30 (206.9)	28.75 (73)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU200		2 (1.5)	50 (189.3)	30 (206.9)	28.75 (73)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU300		3 (2.24)	60 (227.1)	35 (241.3)	28.75 (73)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU500		5 (3.73)	90 (340.7)	50 (344.8)	28.75 (73)	13 (33)	28 (71.1)	240 (109)
TCU750		7.5 (5.6)	120 (454.2)	50 (344.8)	28.75 (73)	13 (33)	28 (71.1)	240 (109)
TCU075U	Upright	0.75 (0.56)	30 (113.6)	25 (172.4)	48 (122)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU100U		1 (0.75)	35 (132.5)	30 (206.9)	48 (122)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU200U		2 (1.5)	50 (189.3)	30 (206.9)	48 (122)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU300U		3 (2.24)	60 (227.1)	35 (241.3)	48 (122)	13 (33)	28 (71.1)	210 (96)
TCU500U		5 (3.73)	75 (283.9)	50 (344.8)	48 (122)	13 (33)	28 (71.1)	240 (109)
TCU750U		7.5 (5.6)	75 (283.9)	50 (344.8)	48 (122)	13 (33)	28 (71.1)	240 (109)
TCU1000U		10 (7.46)	90 (340.7)	55 (379.2)	48 (122)	13 (33)	28 (71.1)	270 (123)

Note: Contact factory for additional lead time on 7.5 hp pumps.

FULL LOAD AMPS

Model hp (kw)	Full Load Amps @ 460 Volts					
	9 kW htr	12 kW htr	18 kW htr	24 kW htr	36 kW htr	48 kW htr
0.75 (0.56)	12.7	16.5	24.0	31.6	47.4	62.4
1.00 (0.75)	13.1	16.9	24.4	32.0	47.8	62.8
2.00 (1.50)	14.7	18.5	26.0	33.6	49.4	64.4
3.00 (2.24)	16.1	19.9	27.4	35.0	50.8	65.8
5.00 (3.73)	18.9	22.7	30.2	37.8	56.6	71.6
7.50 (5.60)	22.3	26.1	33.6	41.2	57.0	72.0
10.00 (7.46)	26.0	30.0	37.0	45.0	60.0	75.0

PRESSURE DROP FLOW AND LOSS

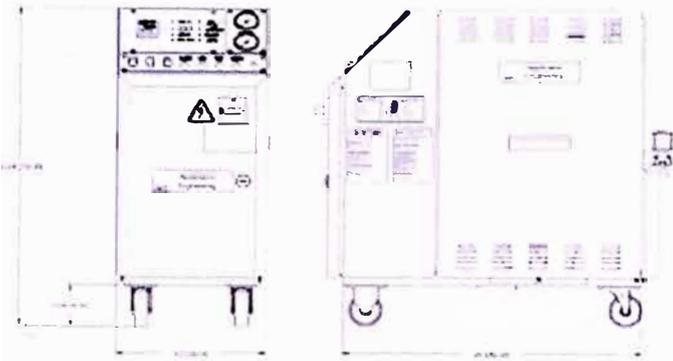
Model hp (kw)	Pressure Drop Flow and Loss		
	flow, gpm (lpm)	loss, psi (kPa)	Recommended NPT pipe size for flow rate
0.75 (0.56)	30 (113.6)	0.0 (0.0)	1-1/4"
1.00 (0.75)	35 (132.5)	1.0 (6.9)	1-1/4"
2.00 (1.50)	50 (189.3)	1.5 (10.3)	1-1/2"
3.00 (2.24)	60 (227.1)	2.0 (13.8)	1-1/2"
5.00 (3.73)	75 (283.9)	2.5 (17.2)	2"
7.50 (5.60)	90 (340.7)	3.0 (34.4)	2"
10.00 (7.46)	120 (454.2)	5.0 (34.4)	2-1/2"

Note: Recommended pipe size based on flow rate producing less than 10 ft/sec (3 m/sec) velocity through pipe diameter.

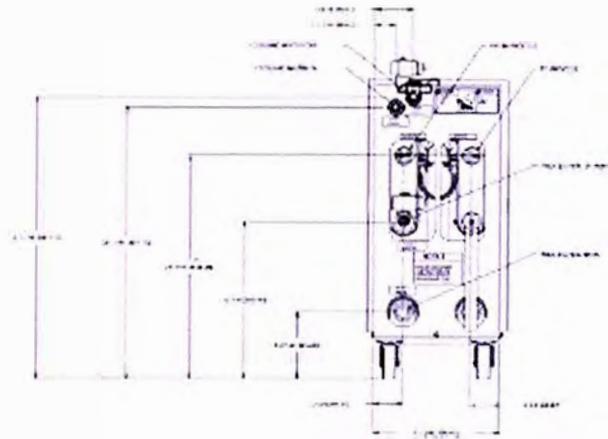
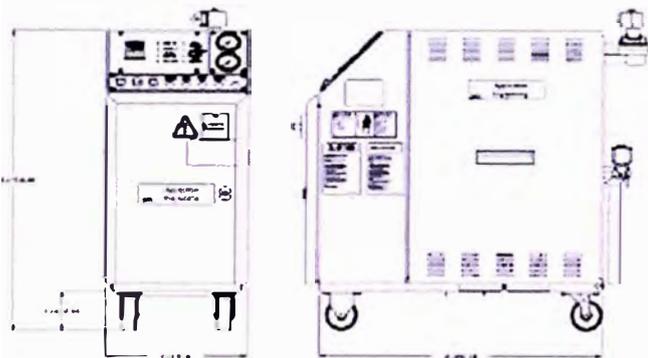
TRUETEMP TCU SERIES WATER TCUS

HEAT AND COOL

COMPACT TCU: DIRECT INJECTION



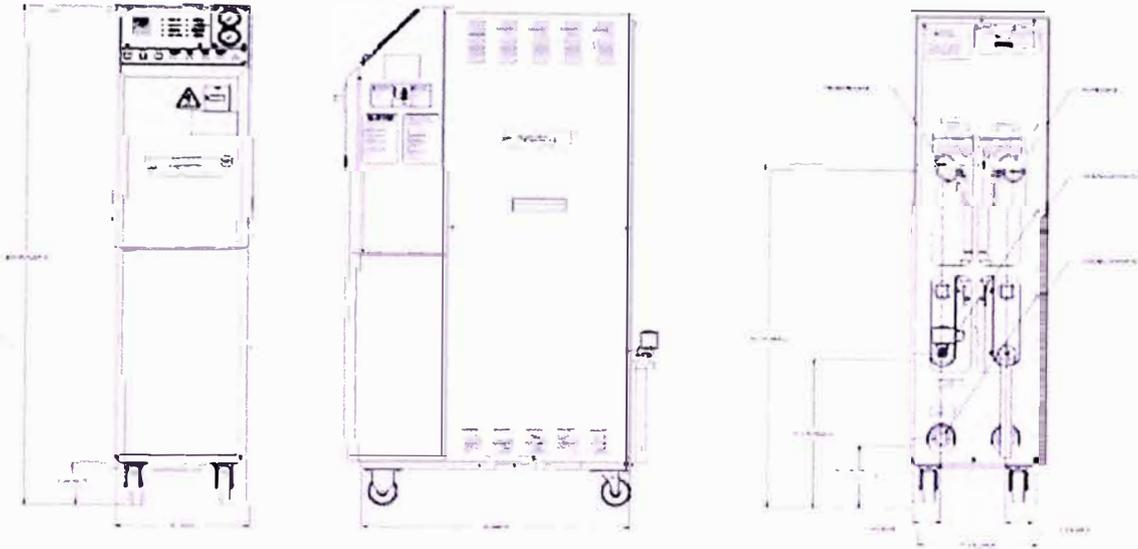
COMPACT TCU: CLOSED CIRCUIT



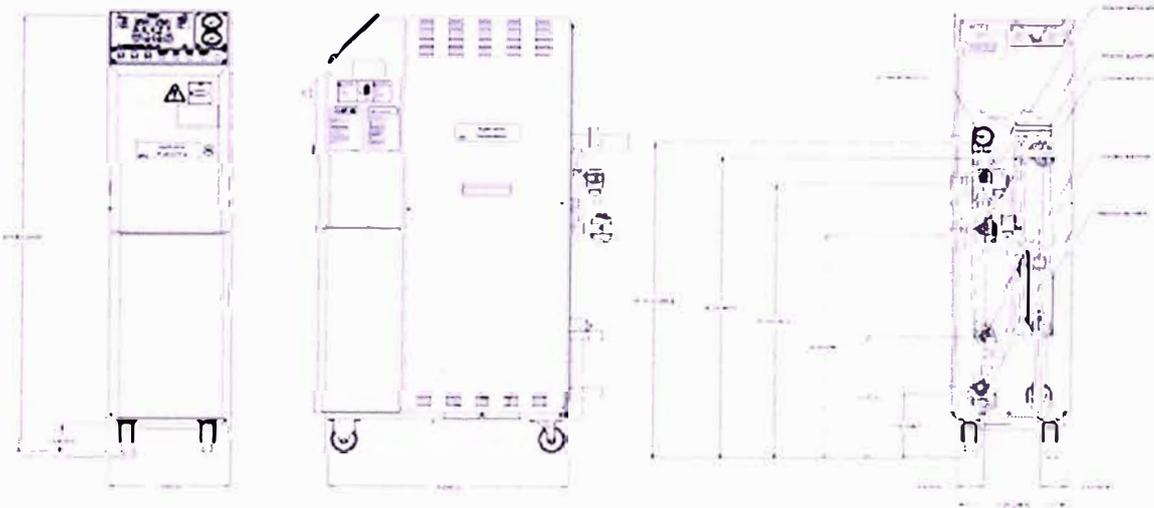
TRUETEMP TCU SERIES WATER TCUS

HEAT AND COOL

UPRIGHT TCU: DIRECT INJECTION



UPRIGHT TCU: CLOSED CIRCUIT

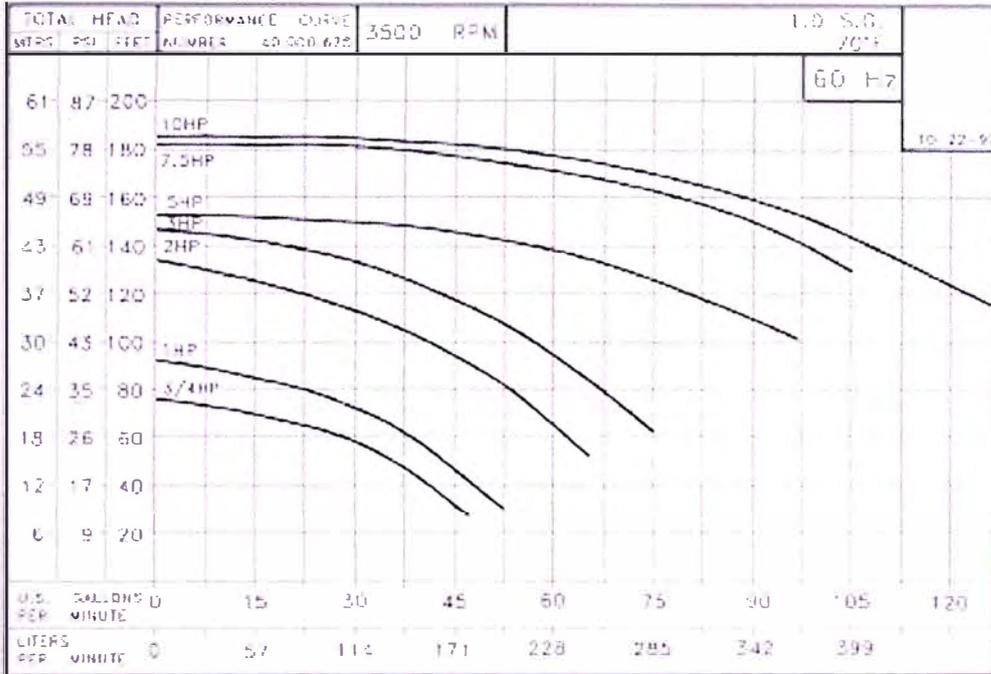


Note: Pictures on this page depict unit with 24, 36, or 48 kW heater options. For piping dimension for a unit with less than 24 kW, please refer to the compact unit.

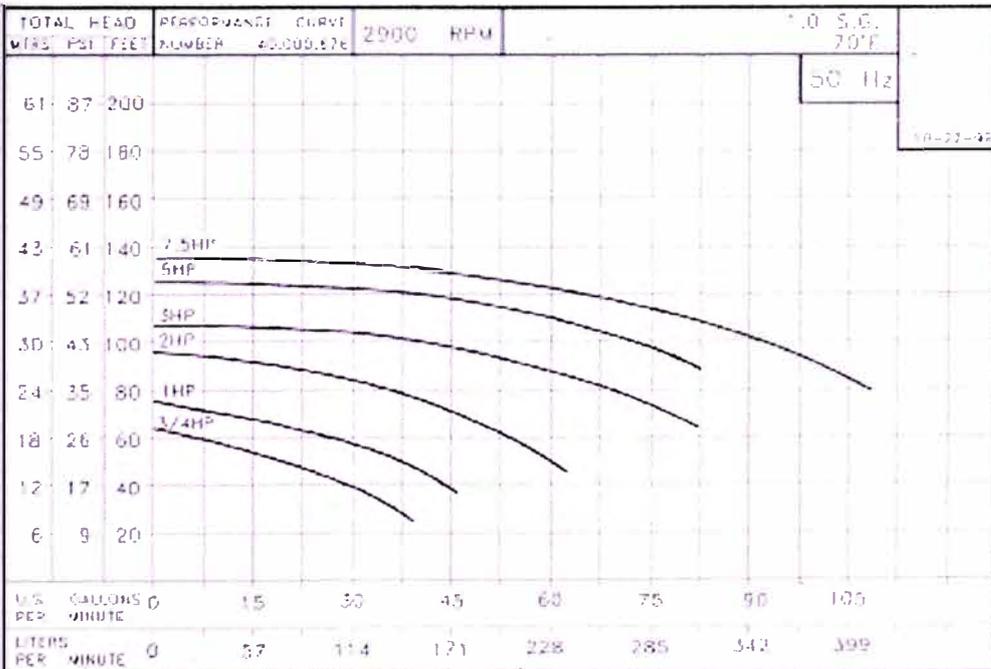
TRUETEMP TCU SERIES WATER TCUS

HEAT AND COOL

PUMP CURVES: 60 HZ



PUMP CURVES: 50 HZ



Note: Consult factory for 10 HP pump curves.

Principio de funcionamiento

En el soporte está fijado un cabezal de agarre. El cabezal agarra la capa de embalajes de la estación de agrupación o del palet. Gracias a los servoaccionamientos, es posible desplazarse de forma altamente dinámica hacia las posiciones de recogida y colocación. El porta-cabezales transporta la capa a la posición donde se deposita sobre el palet o a la salida de embalajes. Este movimiento varía según la versión de Modulpal, es decir, en horizontal o en vertical o en círculo.

Campos de aplicación

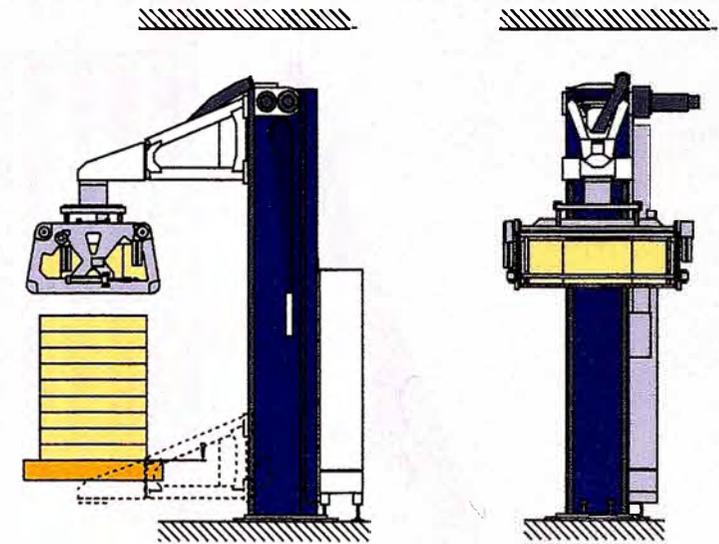
- Paletización y despaletización de cajas
- Paletización de cajas de cartón, embalajes con film de plástico y multipacks

Rendimientos

- Varía según la versión, hasta 500 capas/h

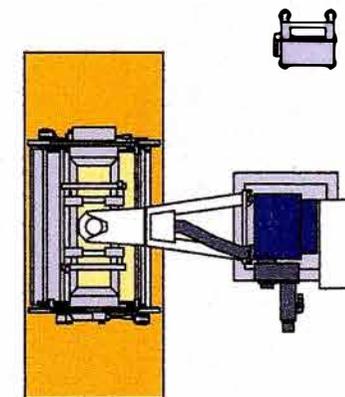
Características estructurales

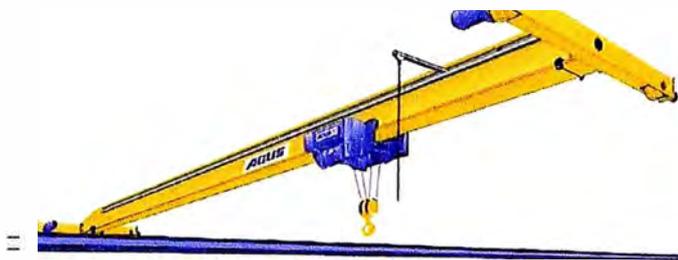
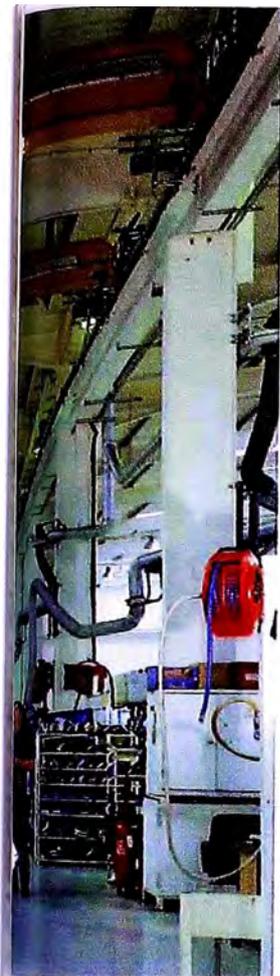
- Dimensiones máximas de las capas: 1.040 x 1.300 mm ó 1.300 x 1.300 mm
- Tecnología de servoaccionamiento exenta de mantenimiento en toda la máquina
- Menor cantidad de piezas de repuesto guardadas en almacén gracias a la estandarización de los componentes



Modelo	Capacidad de carga (kg)	Rendimiento (impulsos/h) no retornables*/retornables	Área de trabajo carrera horizontal/ángulo de giro	Elevación vertical (mm)
Modulpal 2AC	180	340 / —		
Modulpal 2A	700	360 / 500	3.400 mm	
Modulpal 3A	550	360 / 500	± 110°	máx. 6.000
Modulpal 3AR	700	360 / 500	360°	
Modulpal 1A	700	400 / —		
Modulpal 1ADR	2 x 700	500 / 500	± 180°	

*) Datos sobre el rendimiento sin procesamiento de placas intercaladas

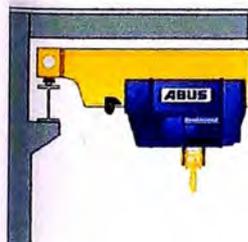




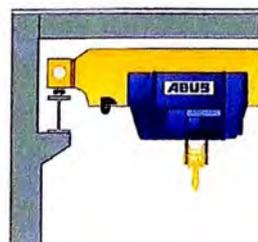
Tipo	Capacidad* [t]	Luz* máxima [m]
ELV Puente grúa monorraíl con viga de perfil laminado	hasta 6	18,5
	hasta 6,3	17,5
	hasta 8	17
	hasta 10	14,5
ELK Puente grúa monorraíl con viga cajón soldada	hasta 5	28,5
	hasta 10	26
	hasta 12,5	21
ELS Puente grúa monorraíl con 'carro lateral'	hasta 6,3	36
	hasta 8	34,5
	hasta 10	34

* Mayores capacidades y luces sobre demanda

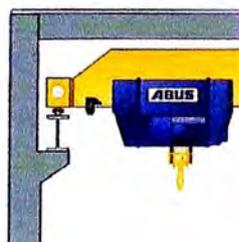
Variantes de montaje de la viga principal para adaptarse a las circunstancias de la nave – versiones para ELV y ELK



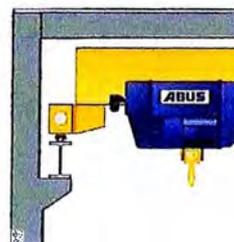
Versión rebajada, variante 1



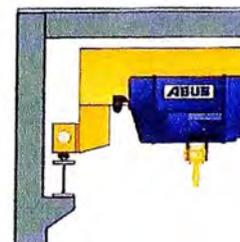
Versión rebajada, variante 2



Conexión a viga principal de serie, variante 3

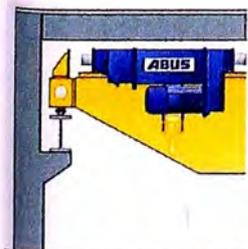


Versión sobreelevada, variante 4

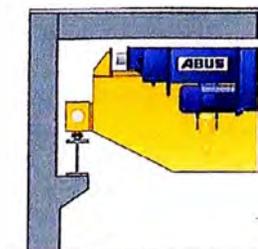


Versión sobreelevada, variante 5

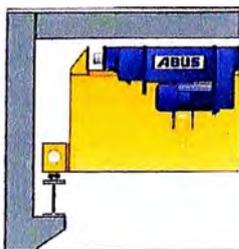
Versiones para ELS



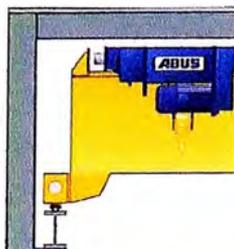
Versión rebajada, variante 1



Versión rebajada, variante 2



Conexión a viga principal de serie, variante 3



Versión sobreelevada, variante 4

PLANOS

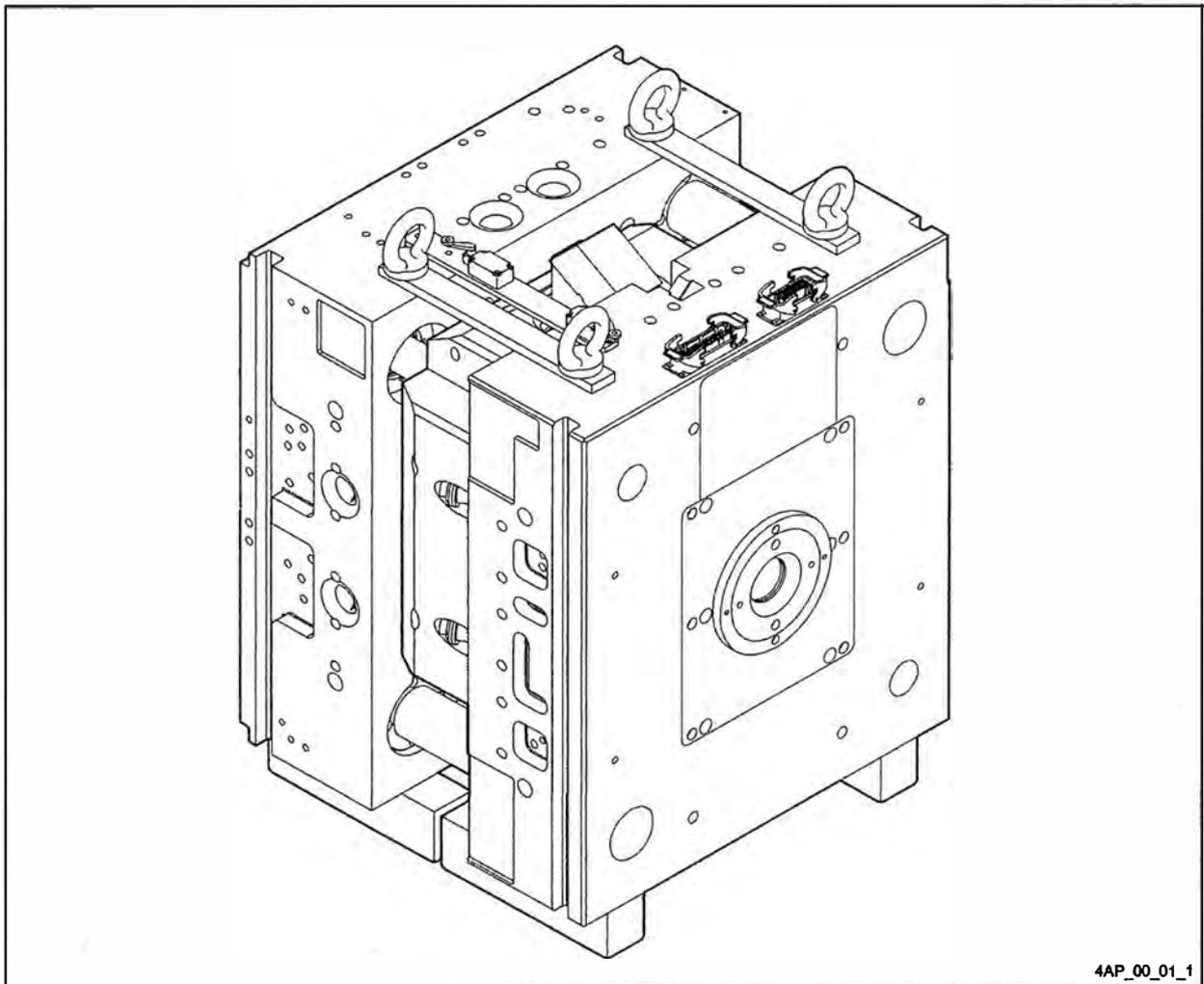
Parts List

High Depth Crate Mould

12x0,62/0,65 ltr. PE

function with inside slider, airmould assist
and inmould labeling prepared

Mould Type: 4A



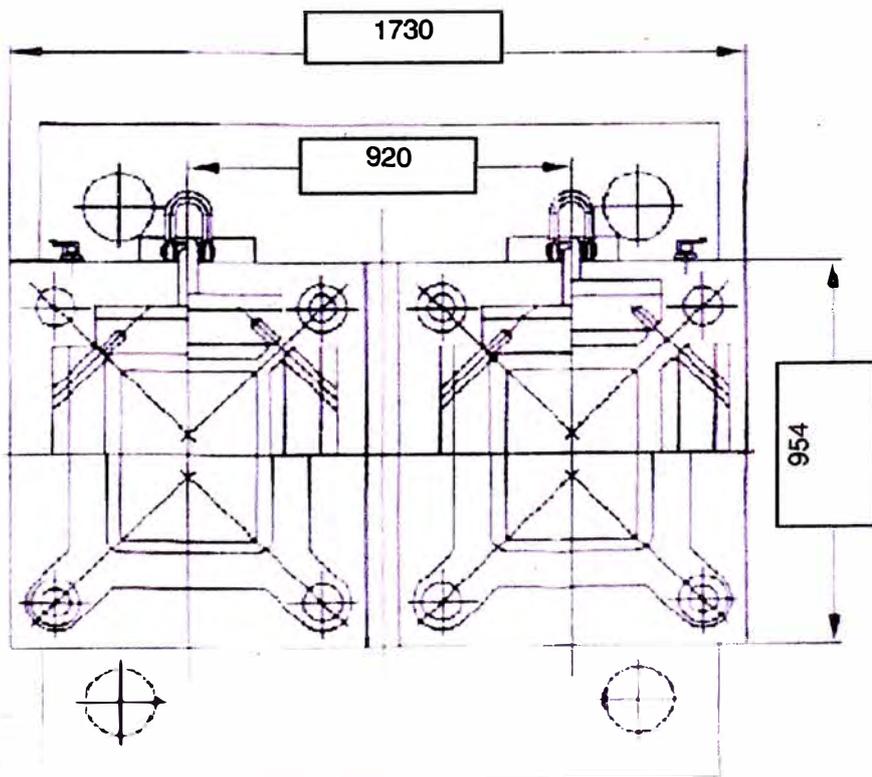
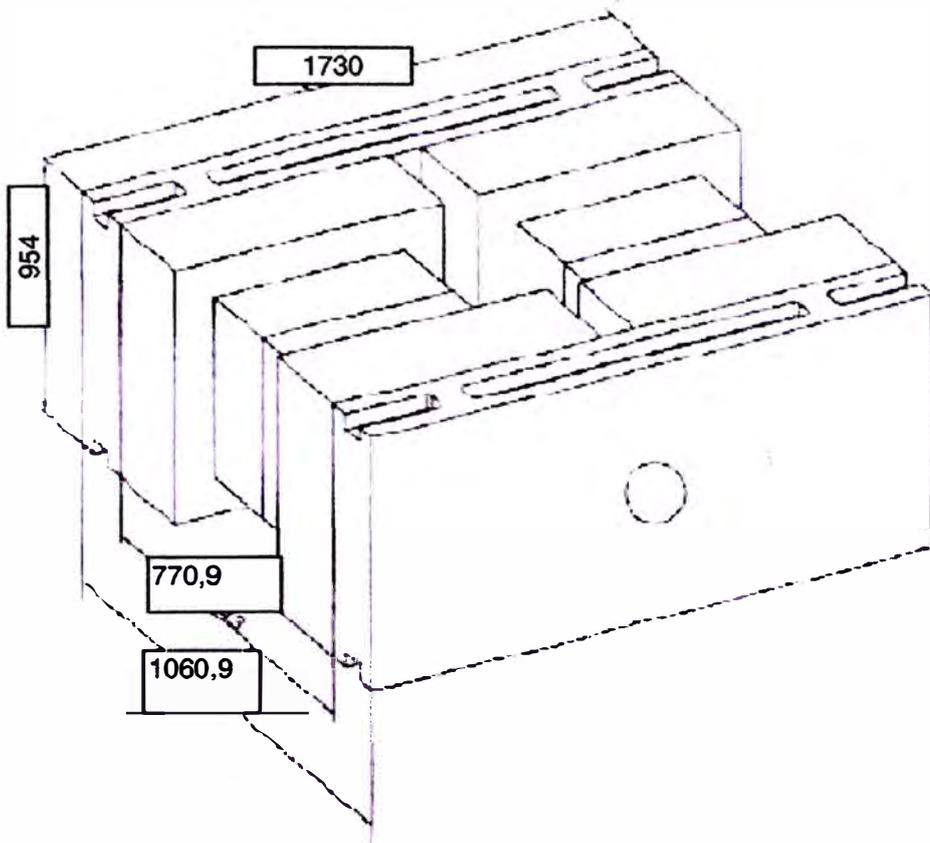
4AP_00_01_1

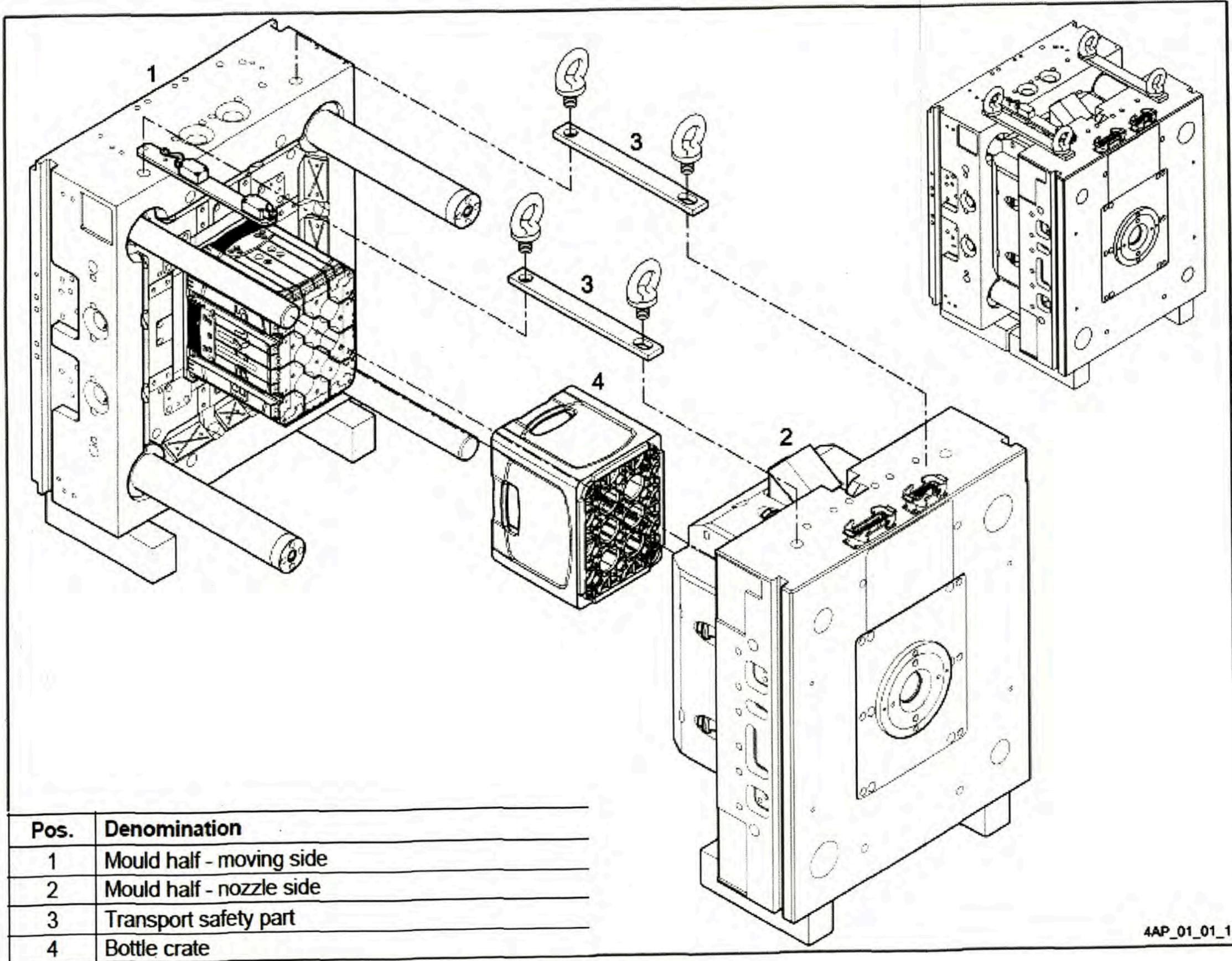
Edition: 2006/1

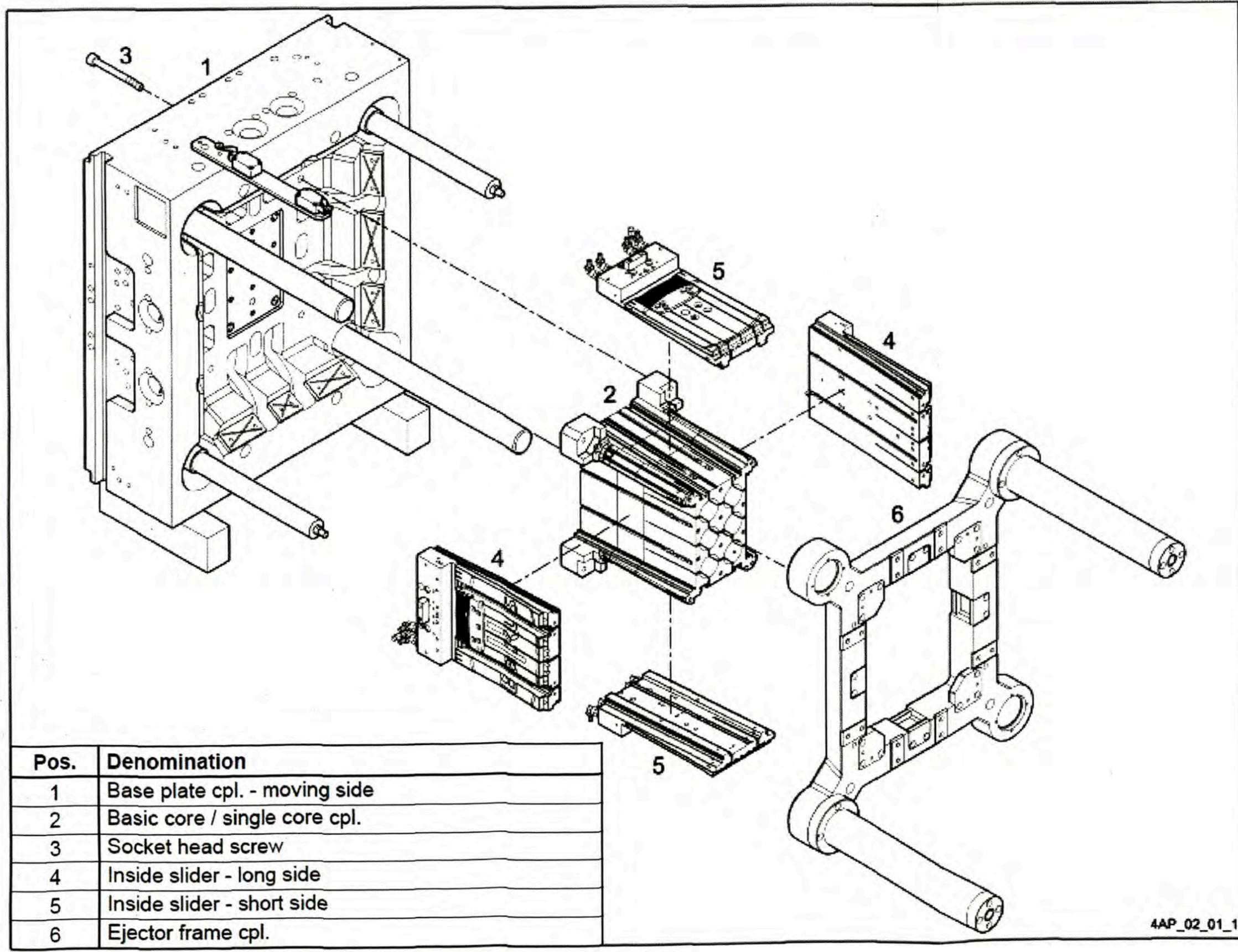


Mould No. :

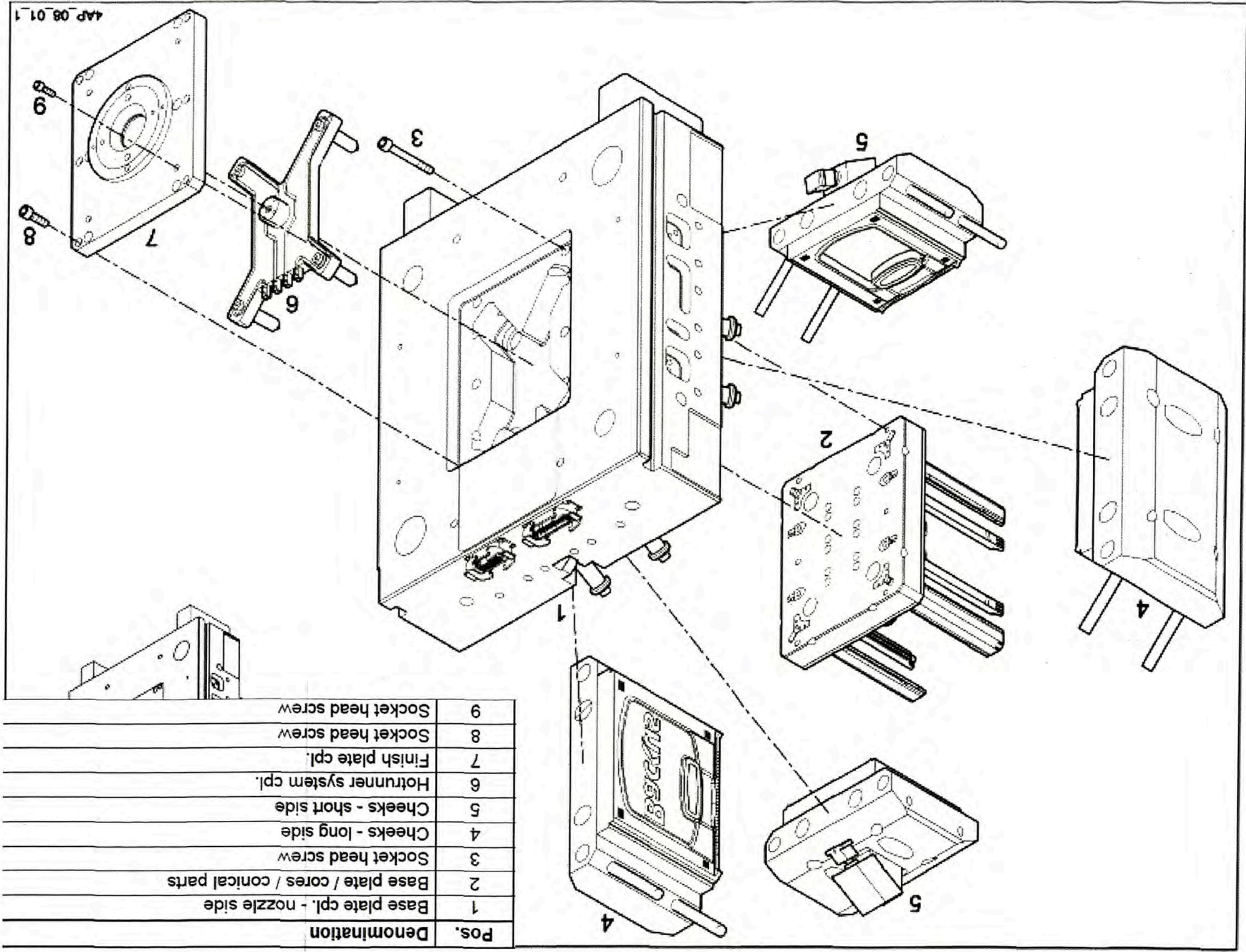
Peru SZ-PE-5133 double plate mould

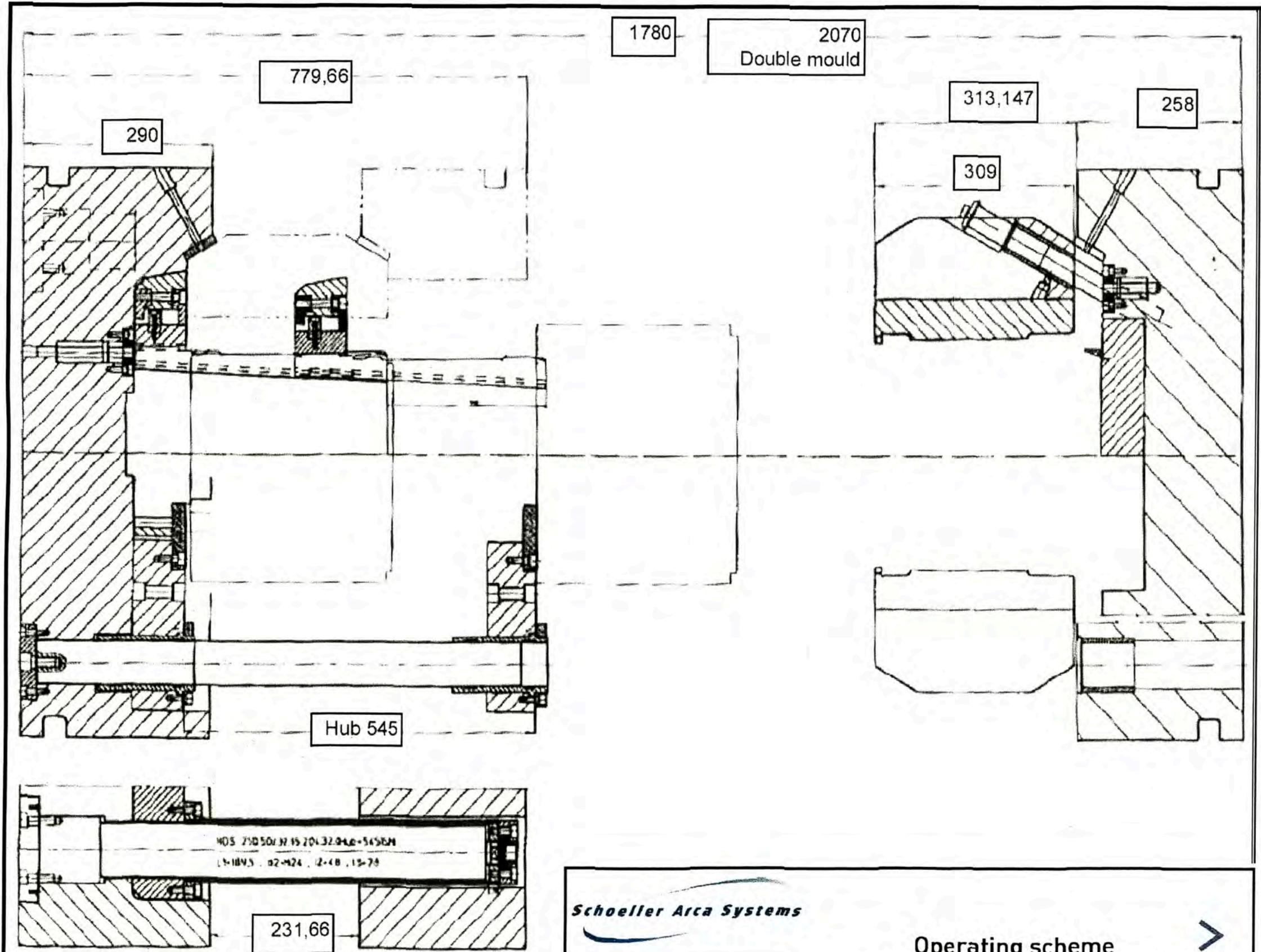






Pos.	Denomination
1	Base plate cpl. - moving side
2	Basic core / single core cpl.
3	Socket head screw
4	Inside slider - long side
5	Inside slider - short side
6	Ejector frame cpl.





2070
Double mould

779,66

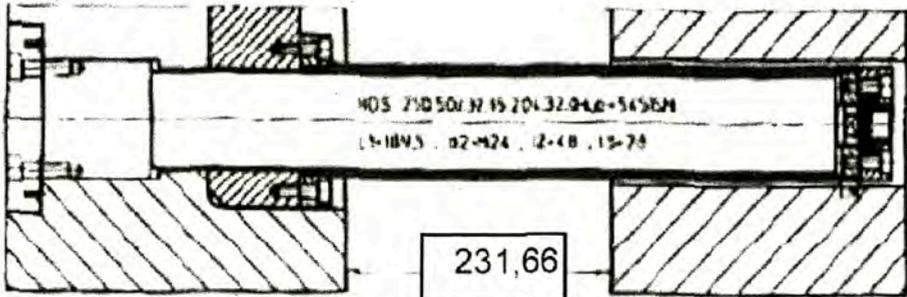
290

313,147

258

309

Hub 545



231,66

Schoeller Arca Systems

Operating scheme >

Mould Type 4 Mould: Peru / SZ-PE-5133

6

5

4

3

2

1

AI	FDX	FF	FFI	FG	FGI	FH	FP	FPY	H5	H5A	HB	W	WI	WS
1" NPT	180	260	205	260	205	1657	2399	1017	65	245	2555	1784	2085	364

REV 0
DRAWING 3573620

Configuration	GEOMETRY FILE	B	CE	CEI	E	FA	FAI	FB	FBI	FC	FCI	FD	FDI	FD2	FD3	FE	FEI	FHI	FMX	FPX	FX	FXI	FY	FZ
HI000-RS135	3262140	405	467	974	7146	1130	*NS	1130	*NS	2080	1810	266	412	412	792	4810	3685	1657	1340	1950	1420	1150	1870	395
HI000-RS155	3262142	405	467	974	7996	1130	*NS	1130	*NS	2080	1810	266	412	412	792	5710	5170	1632	1340	3350	1420	1150	1870	395
H650-RS135	3573613	507	386	98	7146	850	N/A	850	N/A	1938	1380	368	480	480	700	4810	3685	1657	1239	1950	1290	740	1474	455
H800-RS135	3262152	505	393	672	7146	970	N/A	970	N/A	1924	1546	210	330	412	770	4810	3685	1657	1396	1950	1390	930	1590	495
H800-RS155	3262155	505	393	672	7996	970	N/A	970	N/A	1924	1546	210	330	412	770	5710	5170	1632	1396	3350	1390	930	1590	495
HL1000-RS135	3262157	405	467	1042	7146	1130	880	1130	880	2280	2210	266	412	412	792	4810	3685	1657	1340	1950	1620	1550	1870	395
HL1000-RS155	3262158	405	467	1042	7996	1130	880	1130	880	2280	2210	266	412	412	792	5710	5170	1632	1340	3350	1620	1550	1870	395
HL650-RS135	3262167	515	392	723	7146	850	N/A	850	N/A	1984	1736	170	290	392	700	4810	3685	1657	1436	1950	1490	1140	1380	455
HL800-RS135	3430922	505	393	1276	7146	970	N/A	970	N/A	2124	1946	210	330	412	770	4810	3685	1657	1396	1950	1590	930	1590	495
HL800-RS155	3430933	505	393	1276	7996	970	N/A	970	N/A	2124	1946	210	330	412	770	5710	5170	1632	1396	3350	1590	930	1590	495

Configuration	GEOMETRY FILE	HI	HI0	H2	H6	H9	J	J1	J2	K	L	LI	M	SX	SY	TBR	WX	WY	WZ	X
HI000-RS135	3262140	2471	1620	1225	3009	1255	3306	1570	3480	1928	4565	1955	810	2539	2913	6044	7474	1040	2230	3510 E-MOTOR / 3631 H-MOTOR
HI000-RS155	3262142	2471	1620	1240	3009	1255	3306	1570	3480	1928	4565	1955	810	3302	3130	6044	7768	1075	2188	4099
H650-RS135	3573613	2395	1556	1225	2860	1285	2825	1310	3001	1666	3750	1783	610	2781	2604	4940	7474	1040	2230	3510 E-MOTOR / 3631 H-MOTOR
H800-RS135	3262152	2398	1605	1225	2976	1275	3050	1433	3226	1811	4135	1869	710	2744	2759	5396	7474	1040	2230	3510 E-MOTOR / 3631 H-MOTOR
H800-RS155	3262155	2398	1605	1240	2976	1275	3050	1433	3226	1811	4135	1869	710	3367	2881	5396	7768	1075	2188	4099
HL1000-RS135	3262157	2426	1501	1225	3004	1255	3350	1573	3526	1928	5140	2405	810	2539	2913	6595	7474	1040	2230	3510 E-MOTOR / 3631 H-MOTOR
HL1000-RS155	3262158	2426	1501	1240	3004	1255	3350	1573	3526	1928	5140	2405	810	3302	3130	6595	7768	1075	2188	4099
HL650-RS135	3262167	2395	1562	1225	2936	1285	2825	1310	3001	1690	4400	2173	610	2781	2604	5530	7474	1040	2230	3510 E-MOTOR / 3631 H-MOTOR
HL800-RS135	3430922	2398	1644	1225	2976	1275	3050	1433	3266	1811	4710	2313	710	2744	2759	6021	7474	1040	2230	3510 E-MOTOR / 3631 H-MOTOR
HL800-RS155	3430933	2398	1644	1240	2976	1275	3050	1433	3266	1811	4710	2313	710	3367	2881	6021	7768	1075	2188	4099

INJECTION UNIT				S	T	LX
(WITH SHUT-OFF) RS155/135 25:1 RS155/145 23.2:1 RS155/155 21.6:1				1520	4410	10625
(WITH SHUT-OFF) RS155/155 25:1				1000	4932	10625
(WITHOUT SHUT-OFF) RS155/135 25:1 RS155/145 23.2:1 RS155/155 21.6:1				1710	4220	10625
(WITHOUT SHUT-OFF) RS155/155 25:1				1190	4742	10625
H/HL650 (WITH SHUT-OFF) RS135/115 25:1 RS135/125 22.9:1 RS135/135 21.1:1				1070	3785	8820 E-MOTOR / 9080 H-MOTOR
H/HL650 (WITH SHUT-OFF) RS135/135 25:1 RS135/130 26:1 RS135/125 27:1 RS135/115 29.3:1				1070	4308	9343 E-MOTOR / 9603 H-MOTOR
H/HL650 (WITHOUT SHUT-OFF) RS135/115 25:1 RS135/125 22.9:1 RS135/135 21.1:1				1260	3595	8820 E-MOTOR / 9080 H-MOTOR
H/HL650 (WITHOUT SHUT-OFF) RS135/135 25:1 RS135/130 26:1 RS135/125 27:1 RS135/115 29.3:1				1260	4118	9343 E-MOTOR / 9603 H-MOTOR
H/HL800-1000 (WITH SHUT-OFF) RS135/115 25:1 RS135/125 22.9:1 RS135/135 21.1:1				1000	3855	8820 E-MOTOR / 9080 H-MOTOR
H/HL800-1000 (WITH SHUT-OFF) RS135/135 25:1 RS135/130 26:1 RS135/125 27:1 RS135/115 29.3:1				1000	4378	9343 E-MOTOR / 9603 H-MOTOR
H/HL800-1000 (WITHOUT SHUT-OFF) RS135/115 25:1 RS135/125 22.9:1 RS135/135 21.1:1				1190	3665	8820 E-MOTOR / 9080 H-MOTOR
H/HL800-1000 (WITHOUT SHUT-OFF) RS135/135 25:1 RS135/130 26:1 RS135/125 27:1 RS135/115 29.3:1				1190	4188	9343 E-MOTOR / 9603 H-MOTOR

DRWN:		
CHKD:		
DRWN:		
CHKD:		
DRWN:		
CHKD:		
DRWN:		
CHKD:		
DRWN:	Y.ZHANG	
CHKD:		
REV	DATE	NAME
0	2006-06-29	

*NS: NON STANDARD OPTION VALUE MAY BE OBTAINED ON GEOMETRY FILE.
 N/A: GEOMETRY FEATURE DOES NOT EXIST AS STANDARD OPTION.
 1:1 GEOMETRY FILE IN AUTOCAD DXF FORMAT IS AVAILABLE UPON REQUEST, SOME CONDITIONS MAY APPLY.

WEIGHT - kg

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED TORQUE TO HUSKY SPECIFICATION HS 252		
PRELOAD CLASS HGT-50		
SIZE	Nm	lb-ft
M4	2.0	1.5
M5	2.5	1.8
M6	3.0	2.2
M8	5.0	3.7
M10	8.0	5.9
M12	12.0	8.8
M14	18.0	13.2
M16	27.0	19.8
M18	38.0	27.9
M20	50.0	36.8
M24	80.0	58.9
M30	130.0	95.3
M36	200.0	147.2
M42	300.0	220.7
M48	450.0	329.1

METRIC  THIS DRAWING AND INFORMATION CONTAINED WITHIN IS CONFIDENTIAL AND/OR PROPRIETARY TO HUSKY INJECTION MOLDING SYSTEMS LTD. OR ONE OF ITS SUBSIDIARIES ("HUSKY") AND MAY NOT BE COPIED, DISCLOSED OR USED, IN WHOLE OR IN PART, WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF HUSKY.

HUSKY

TITLE
INSTALLATION DRAWING
LTM
HYLECTRIC PHASE 3

SCALE NONE SIZE A3 DRAWING 3573620 REV 0

SHEET 2 OF 2

NO INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS ARE GRANTED INCLUDING ANY LICENSE IMPLIED OR OTHERWISE.
 ALL RIGHTS RESERVED. COPYRIGHT 2004 HUSKY.

6

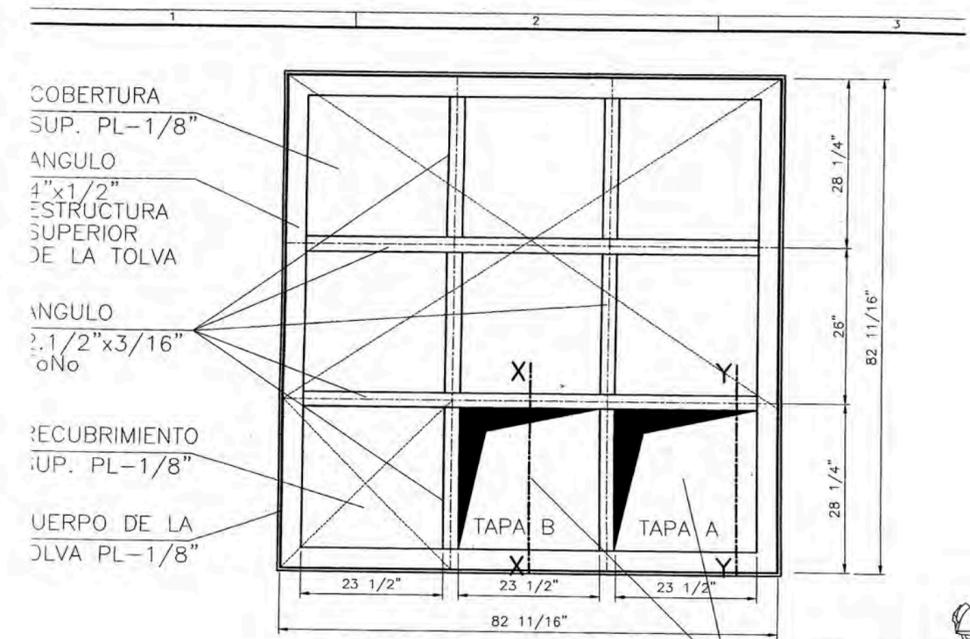
5

4

3

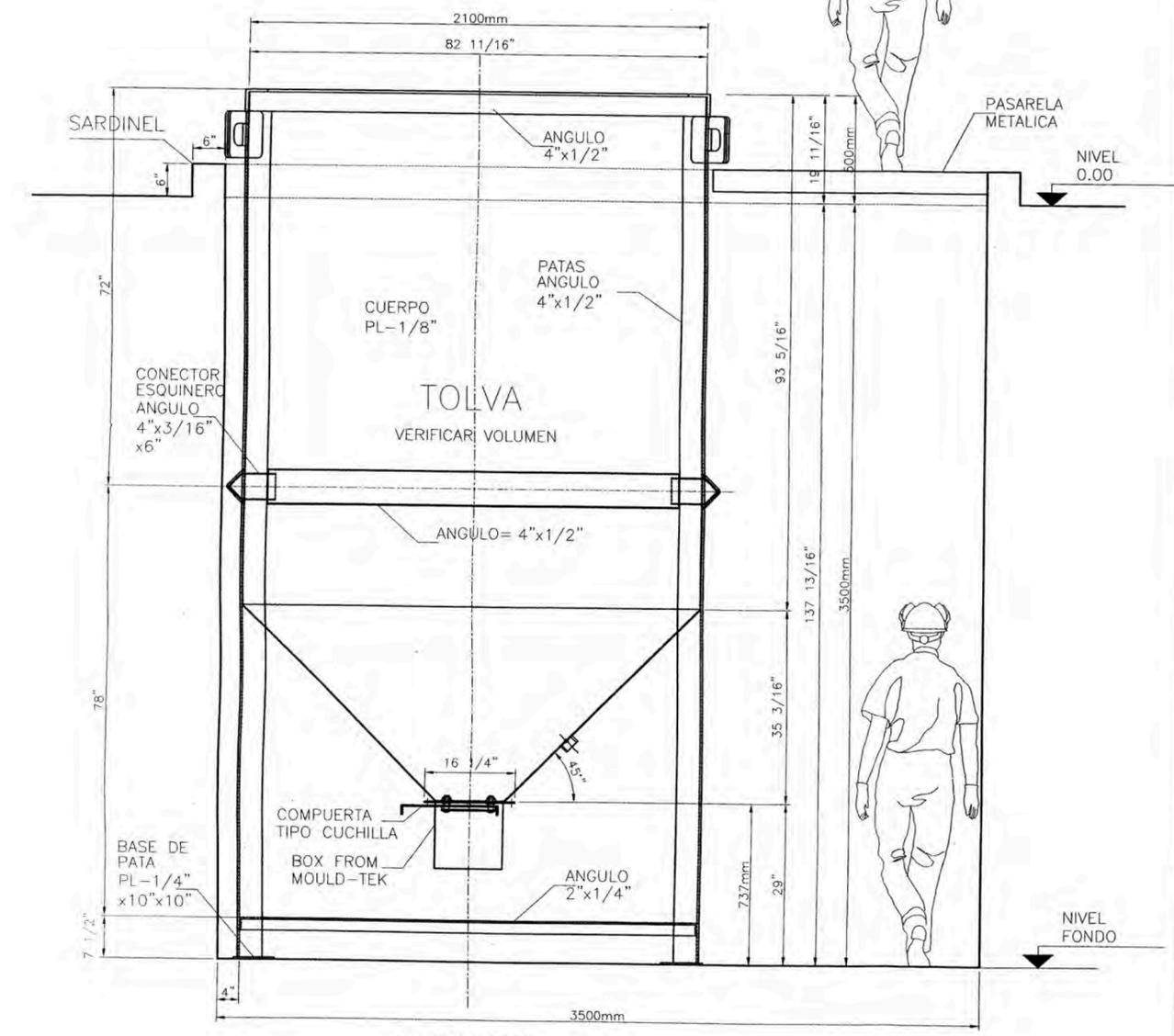
2

1

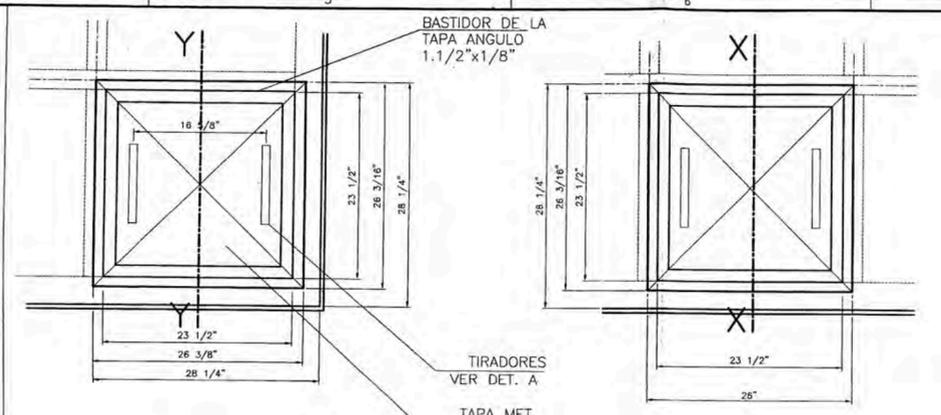


PLANTA SUPERIOR

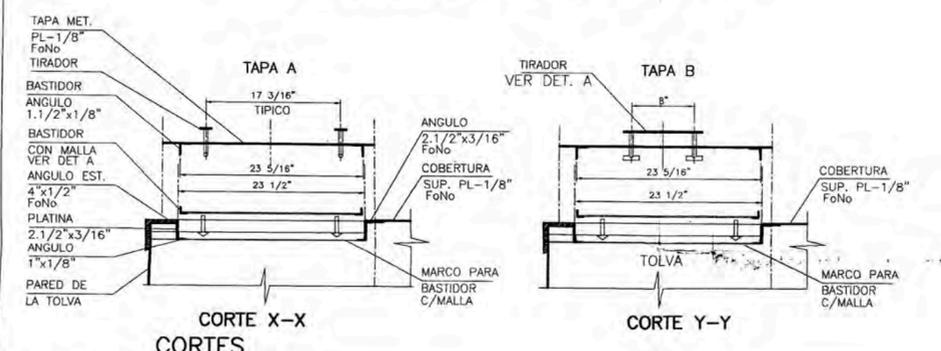
TAPAS METALICAS DESMONTABLES



ELEVACION

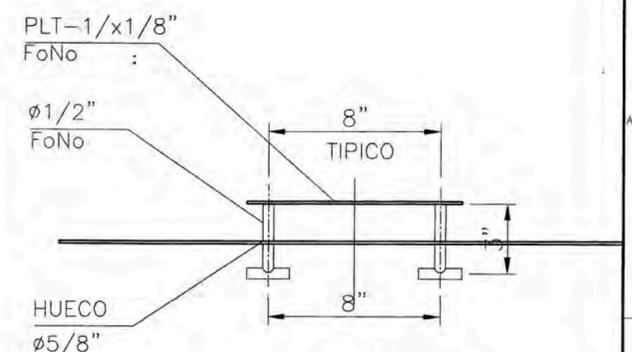


PLANTAS DE LAS TAPAS DESMONTABLES

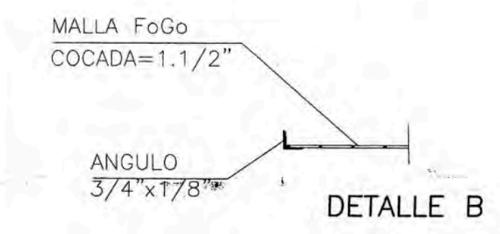


CORTE X-X

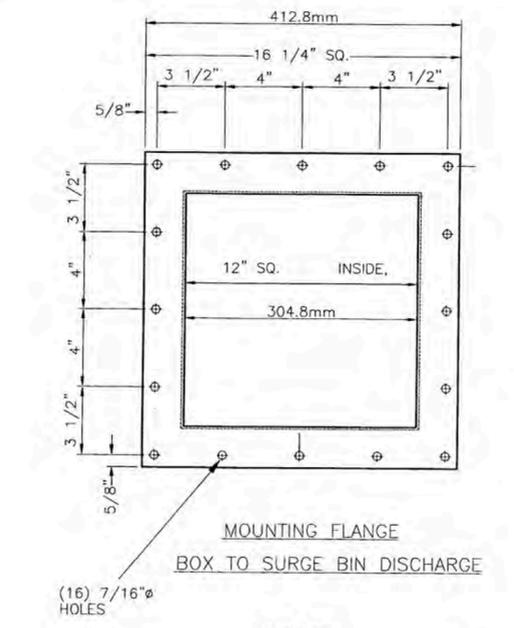
CORTE Y-Y



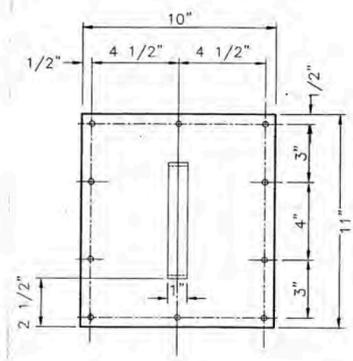
DETALLE A TIRADORES



DETALLE B

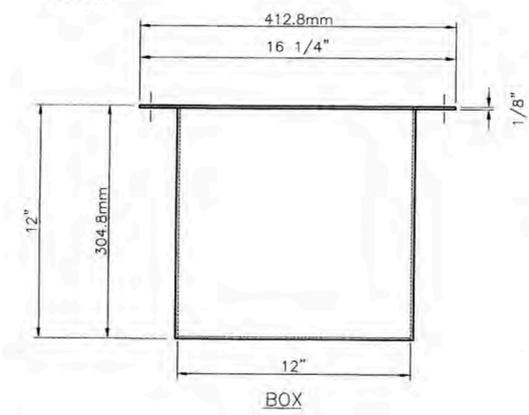


MOUNTING FLANGE BOX TO SURGE BIN DISCHARGE



CLEANOUT DOOR

NOTE: TAKE OFF TUBES NOT SHOWN 5 X 2 1/2"OD FOR ATE

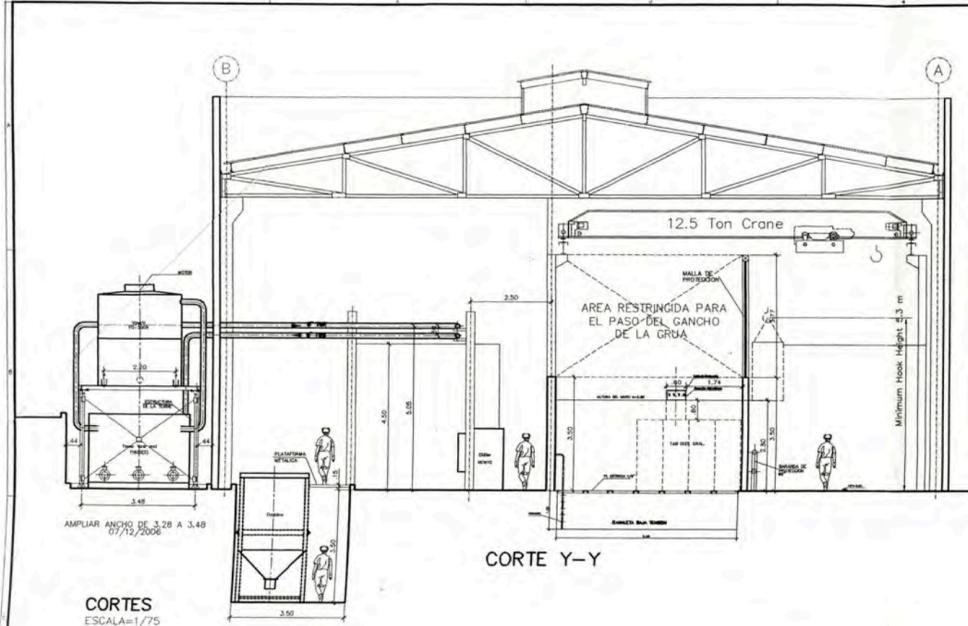


BOX

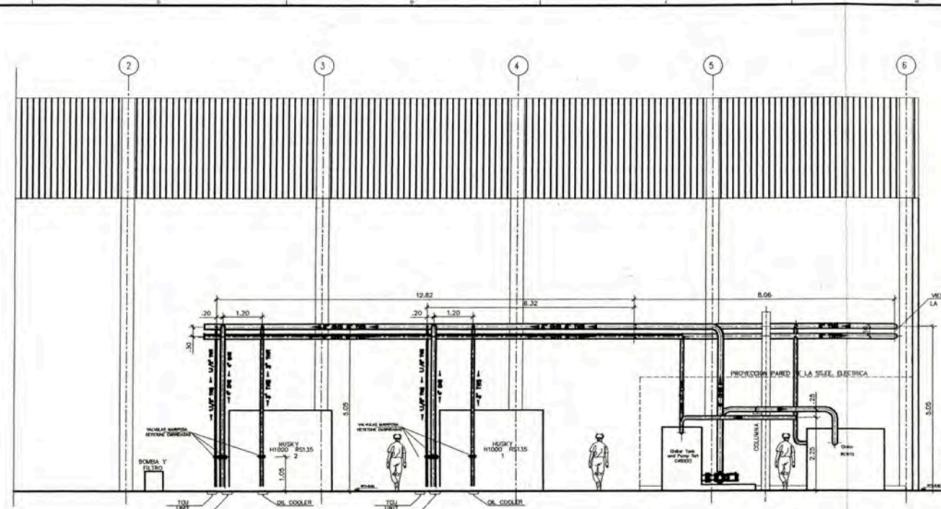
DEBURRI REMOVE ALL SHARP EDGES

DISEÑO PROPORCIONADO POR: Mould-tek SEPT 2006

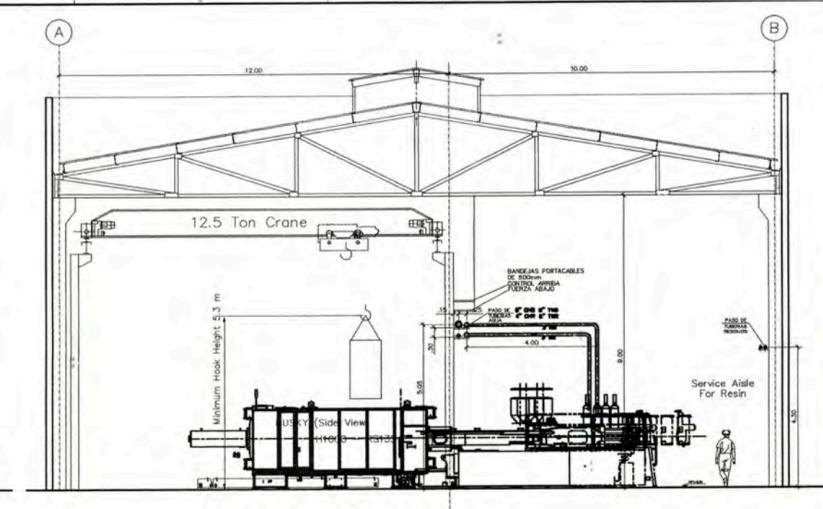
<p>TLJ ASOCIADOS LIMA - PERU tlj.asociados@gmail.com</p>	<p>Cliente UCP BACKUS Y JOHNSTON S.A.A.</p>	<p>Proyecto No</p>
	<p>Ubicacion PLANTA ATE</p>	<p>Tipo de plano MECANICO</p>
	<p>Obra INYECCION DE CAJAS PLASTICAS</p>	<p>Escala S/E</p>
	<p>Titulo DETALLE DE LA DESCARGA DE LA TOLVA DIARIA</p>	<p>Codigo plano ATE - 00 - MEC-02</p>
<p>Fecha 06/11/2006</p>	<p>Revisado</p>	<p>Normas</p>
<p>Diseño M. S.</p>	<p>ATE</p>	<p>- 00 - MEC-02</p>



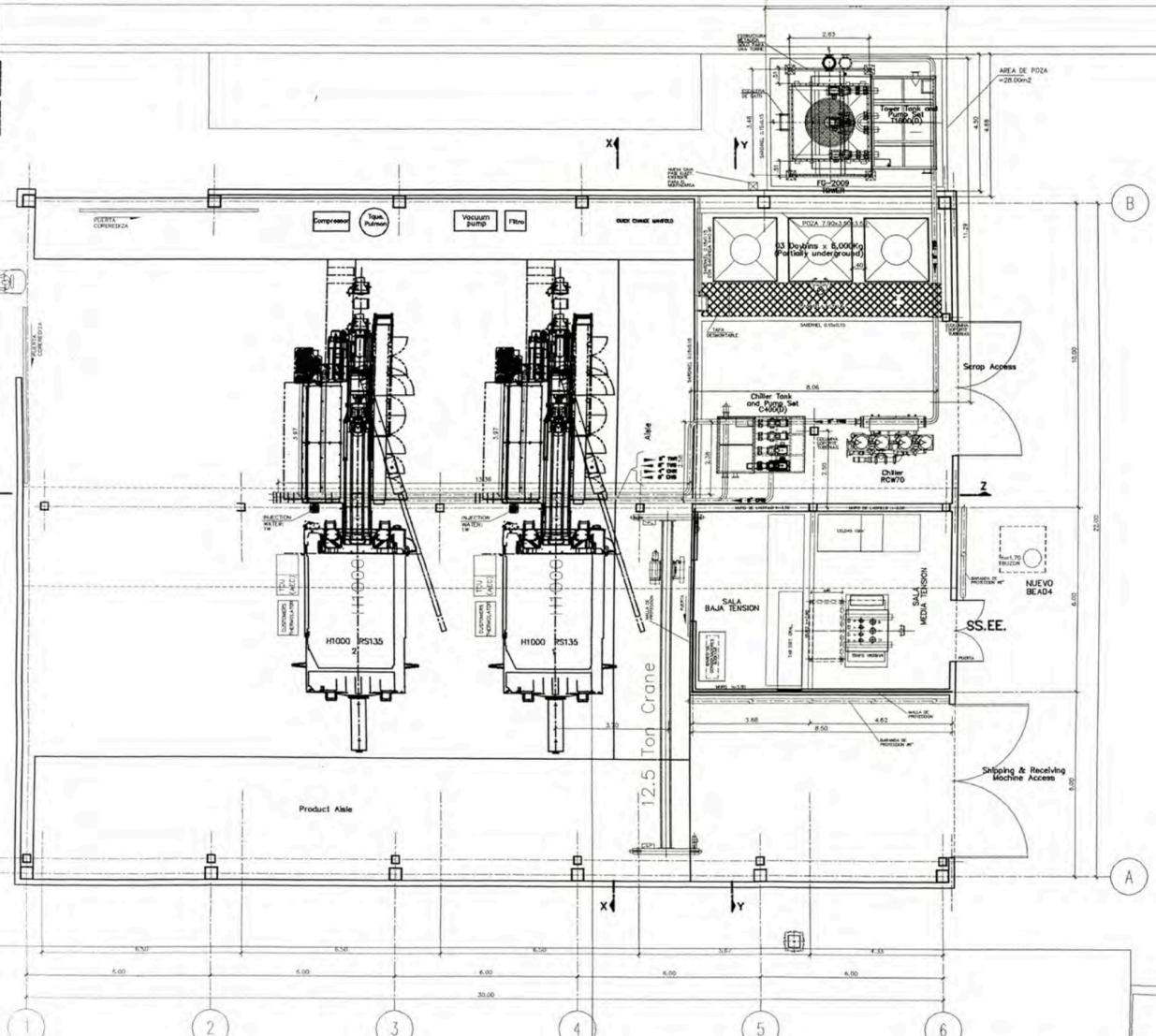
CORTE Y-Y



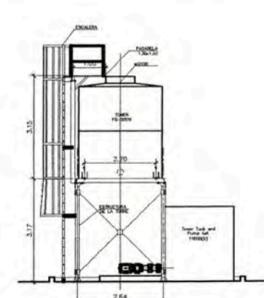
CORTE Z-Z



CORTE X-X

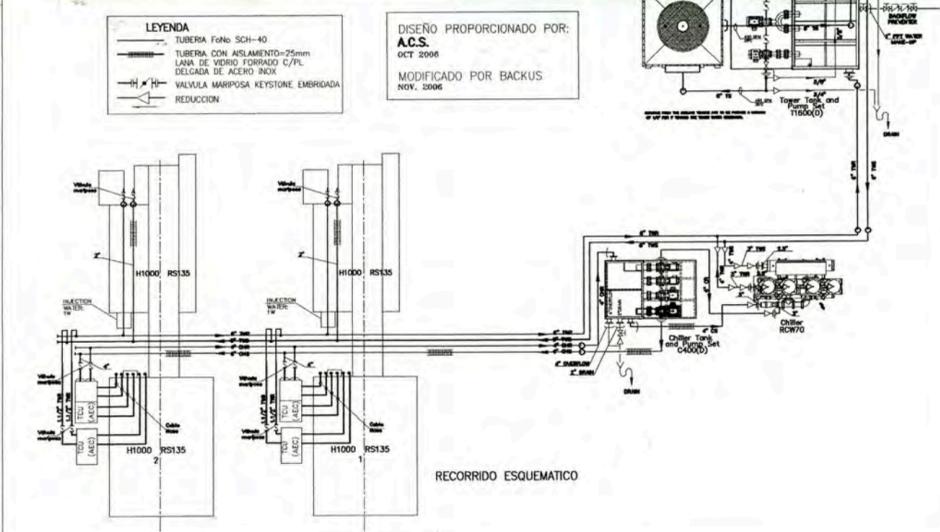


PLANTA
ESCALA=1/75



CORTE TRANSVERSAL DE LA TORRE
DISEÑO ORIGINAL PARA 2 TORRES
PLANO DE A.C.S.
MODIFICADO POR BACKUS PARA 1 TORRE
25/11/2006

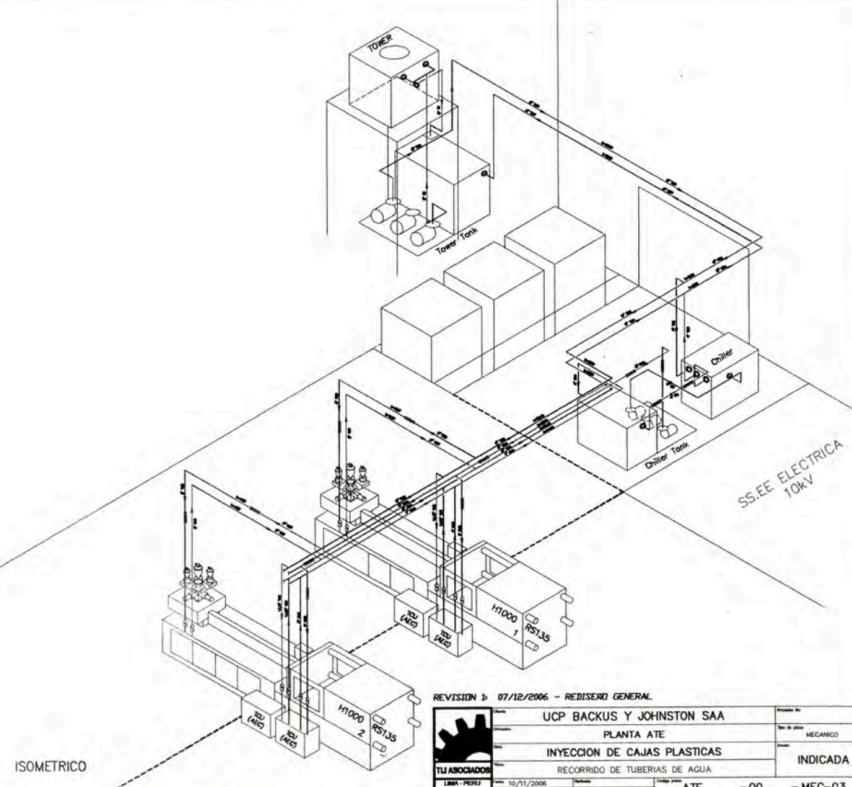
CORTES
ESCALA=1/75



- LEYENDA
- TUBERIA FON: SCH-40
 - TUBERIA CON AISLAMIENTO-25mm
 - LAMA DE VIDRO FORMADO C/PL
 - DELGADA DE ACERO INOX
 - VALVULA MARIPOSA KEYSTONE EMBRADA
 - REDUCCION

DISEÑO PROPORCIONADO POR:
A.C.S.
OCT 2006
MODIFICADO POR BACKUS
NOV. 2006

RECORRIDO ESQUEMATICO



ISOMETRICO

REVISION 3: 07/12/2006 - REVISOR GENERAL

UCP BACKUS Y JOHNSTON SAA

PLANTA ATE

INYECCION DE CAJAS PLASTICAS

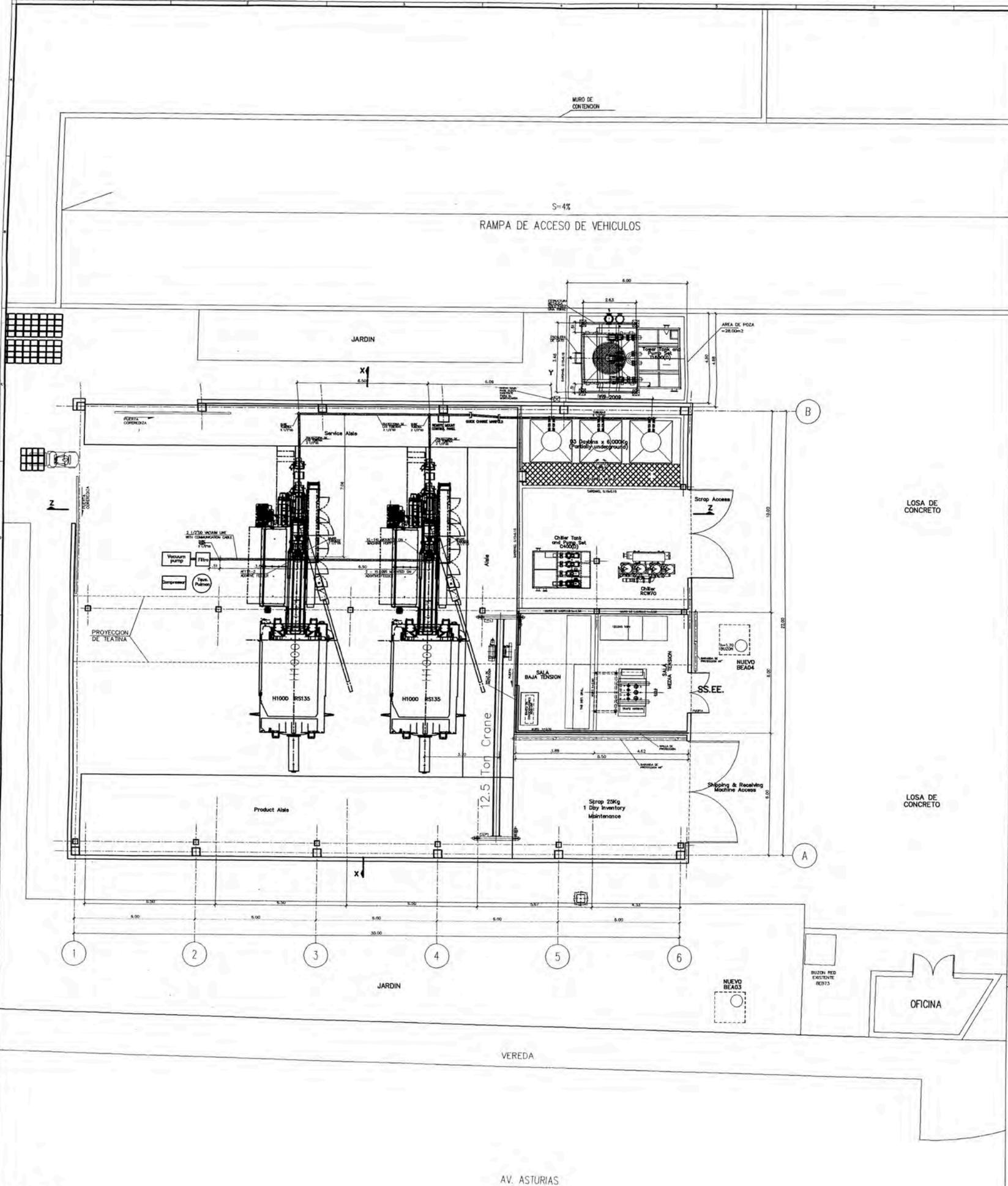
RECORRIDO DE TUBERIAS DE AGUA

MECANICO

INDICADA

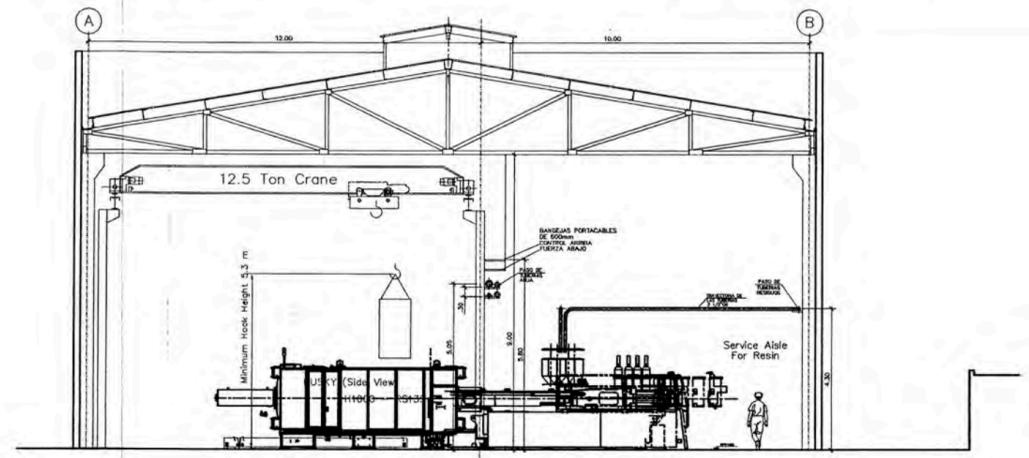
ATE

-00 -MEC-03

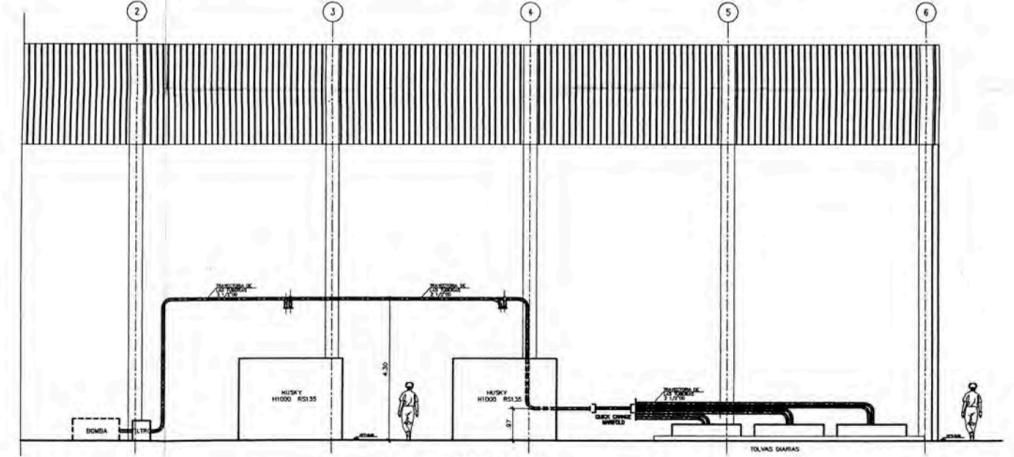


PLANTA
ESCALA=1/75

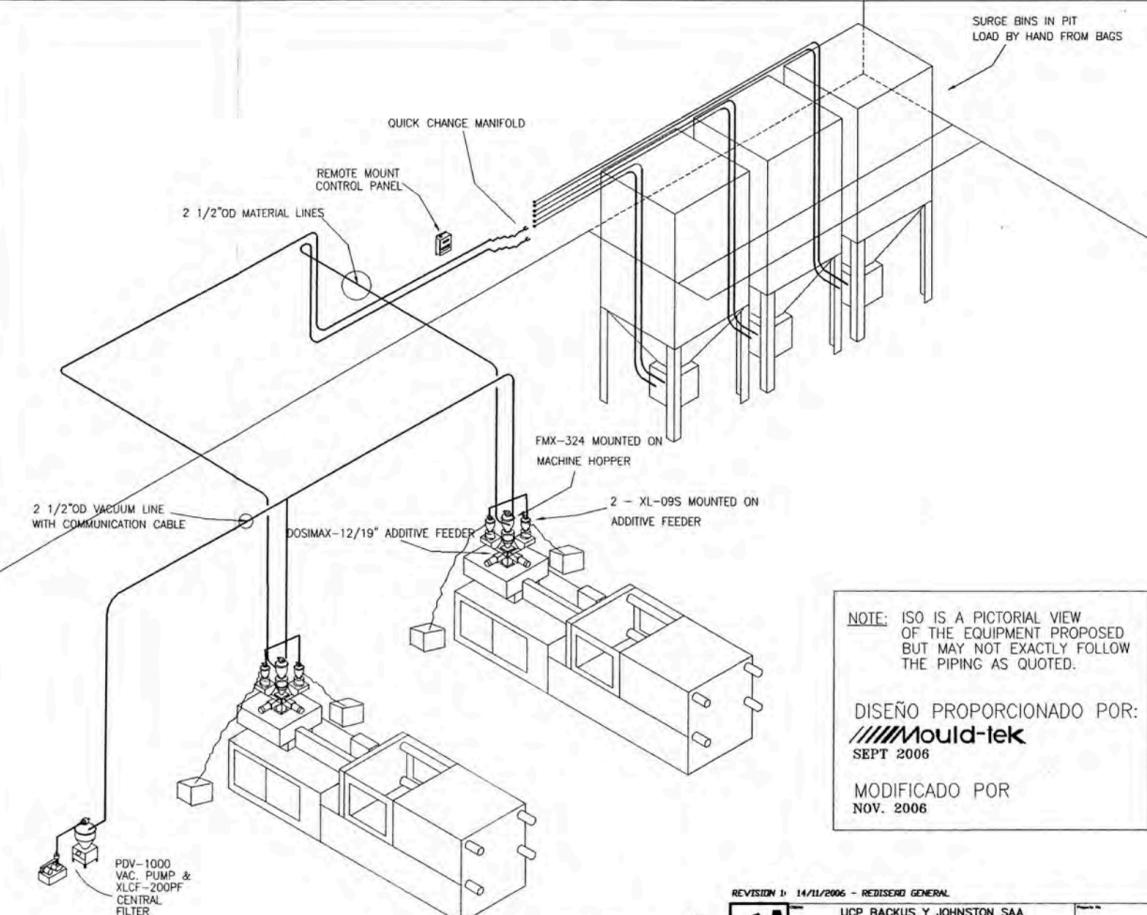
CORTES
ESCALA=1/75



CORTE X-X



CORTE Z-Z



MATERIAL FLOW ISO

NOTE: ISO IS A PICTORIAL VIEW OF THE EQUIPMENT PROPOSED BUT MAY NOT EXACTLY FOLLOW THE PIPING AS QUOTED.

DISENO PROPORCIONADO POR:
 Mould-tek
 SEPT 2006
 MODIFICADO POR
 NOV. 2006

REVISION 1: 14/11/2006 - REBIBERO GENERAL	
UCP BACKUS Y JOHNSTON SAA	MECANICO
PLANTA ATE	INDICADA
INYECCION DE CAJAS PLASTICAS	
RECORRIDO DE TUBERIAS C/RESIDUOS PLASTICOS	
ATE -00	-MEC-01