

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“DISEÑO, INSTALACION Y OPERACIÓN DE UN SISTEMA
AUTOMATICO DE MEZCLA Y TRANSPORTE DE MATERIA
PRIMA PARA EL PROCESO DE EXTRUSION”**

INFORME DE INGENIERIA

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

LUIS ALBERTO OJEDA RICALDE

PROMOCION 1984-I

LIMA-PERU

2002

INDICE

PROLOGO

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1.- UBICACION	2
1.2.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE EXTRUSION Y TERMOFORMADO	3
1.3.- SITUACION INICIAL Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	5

CAPITULO II

GENERALIDADES DEL PROCESO DE TERMOFORMADO 8

2.1.- DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE LA PLANTA DE TERMOFORMADO	8
2.1.1 FORMULACION DE MATERIALES	8
2.1.2 EXTRUSION	9
2.1.3 MAQUINAS EXTRUSORAS	9
2.1.4 TERMOFORMADO	12
2.1.5 MAQUINAS TERMOFORMADORAS	13
2.1.6 IMPRESIONES	15
2.1.7 MAQUINAS IMPRESORAS	15
2.2.- CONCEPTOS BASICOS DEL PROCESO DE TERMOFORMADO	18
2.2.1 EL PROCEDIMIENTO	18

2.2.2	MAQUINAS DE TERMOFORMADO	23
2.3.-	MAQUINARIA DE TERMOFORMADO	23
2.3.1	MOLDES DE TERMOFORMADO	24
2.3.2	CAMPOS DE APLICACIÓN	25
CAPITULO III		
DESARROLLO DEL PROYECTO		27
3.1.-	CALCULOS DE PRODUCCION	27
3.1.1	CAPACIDAD DE MATERIA PRIMA HA PROCESAR	28
3.1.2	HORAS HOMBRE UTILIZADAS	30
3.2.-	DISEÑO DE EQUIPOS A USAR	33
3.2.1	LAY OUT DEL SISTEMA DE MEZCLA Y TRANSPORTE	33
CAPITULO IV		
DISEÑO, CALCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS A USAR		35
4.1.-	SISTEMA DE MEZCLA DE MATERIA PRIMA	35
4.1.1	CALCULO DE LA POTENCIA NECESARIA DEL MOTOR MEZCLADOR	37
4.1.2	ELECCION DEL EQUIPO ADECUADO	40
4.2.-	SISTEMA DE TRANSPORTE DE MEZCLADORA A SECADORA	40
4.2.1	CALCULO DE LA POTENCIA DE SOPLADO	41
4.2.2	CALCULO DE LA POTENCIA AERODINAMICA	41
4.2.3	ELECCION DEL EQUIPO ADECUADO	42
4.3.-	TRANSPORTE DE SECADORA A TOLVA DE REPOSO	45
4.4.-	SISTEMA DE TRASPORTE MEDIANTE BOMBA DE VACIO A TOLVAS PRINCIPALES DE LA MAQUINA	45

4.4.1	CALCULO DE POTENCIA AERODINÁMICA	46
4.4.2	ELECCION DEL EQUIPO ADECUADO	47
4.5.-	ESTRUCTURAS DE SOPORTE	48
4.5.1	CALCULOS ESTRUCTURALES	49
4.5.1.1	CALCULO DE LAS FUERZAS DE DISEÑO	51
4.6.-	CIRCUITOS ELECTRICOS Y DE AUTOMATIZACION	54
4.6.1	CALCULO DE CABLES DE ENERGÍA A USAR.	54
4.6.2	DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRICO DE CONTROL	59
4.6.3	SECUENCIA LOGICA DE FUNCIONAMIENTO	60
4.6.3.1	DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO	60
4.6.3.2	CIRCUITOS DE CONTROL	62
4.6.3.3	CIRCUITO DE POTENCIA SOPLADORA Y TORNILLO DE MEZCLADORA	63
4.6.3.4	CIRCUITO DE POTENCIA SECADORA Y BOMBA DE VACIO	64

CAPITULO V

INSTALACION Y MONTAJE	65
5.1.- OPERACIONES DE INTALACION Y MONTAJE DE EQUIPOS	65
5.2.- DIAGRAMA GANTT DE LA INSTALACIÓN Y MONTAJE	69
5.3.- CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA	70
5.3.1.- MONTAJE DE MOTOR MEZCLADOR	70
5.3.2.- MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE	71
5.3.3.- MONTAJE DE LAS TOLVAS DE MAQUINA (A) Y (B)	72

CAPITULO VI

ANALISIS ECONOMICO

6.1.- COSTOS GENERALES DEL PROYECTO	73
6.2.- CALCULO DE LOS AHORROS PROYECTADOS	73
6.3.- COSTO DE OPERACION	75
6.3.1 ENERGIA ELECTRICA	76
6.3.2 MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	77
6.3.3 DEPRECIACION DE EQUIPOS	77
6.4.- VALOR ACTUAL NETO	78
6.5.- TASA INTERNA DE RETORNO	79
6.6. TIEMPO DE RECUPERO DE CAPITAL	80

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

PROLOGO

El proyecto sé desarrollo gracias al apoyo de Industrias del Envase S.A., empresa perteneciente a la Corporación Backus, cuyas políticas de calidad permiten desarrollar el potencial y las aspiraciones del personal, básicamente el proyecto consiste en diseñar, fabricar y poner en operación los componentes necesarios para automatizar el sistema de mezcla y transporte de materiales para el proceso de extrusion de la planta de termoformado.

Tengo agradecer a mi familia por ser al apoyo y el impulso necesario para lograr las metas trazadas, y el agradecimiento eterno a mi alma mater y a sus maestros que supieron inculcar en mi persona la vocación de investigación y aplicación de la ciencia en las diversas labores desarrolladas.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1.- UBICACION

El proyecto se desarrollo en Industrias del Envase S.A., empresa perteneciente a la Corporación Backus, y cuyo rubro es la producción y comercialización de envases industriales de materiales plásticos, descartables, papel y cartón. La Empresa cuenta con tres plantas de producción, que son la de Inyección, Termoformado y Papel y Cartón propiamente dicho, la tecnología usada para el proceso de manufactura es en gran parte de los años ochenta, y en menor proporción tecnología de ultima generación, la política de Calidad de la Corporación ha servido de fuente principal para el desarrollo de la organización en todos sus niveles,

impulsando el desarrollo de su recurso humano así como de sus diferentes procesos productivos.

Los clientes principales de la empresa son los grupos industriales del medio, de los sectores de aceites comestibles, lubricantes, pinturas, y alimenticios en general, entre los principales productos están: Los baldes de varios modelos y capacidades, cajas de cerveza, y gaseosas, envases descartables entre vasos y platos de diferentes capacidades y medidas, envases de helados, yogurt, lavavajillas, etiquetas de cerveza, sixpack, cajas plegadizas de cartón y multiempaques. etc.. las cuales principalmente abastecen a las empresas de la Corporación, y a sus respectivos clientes industriales.

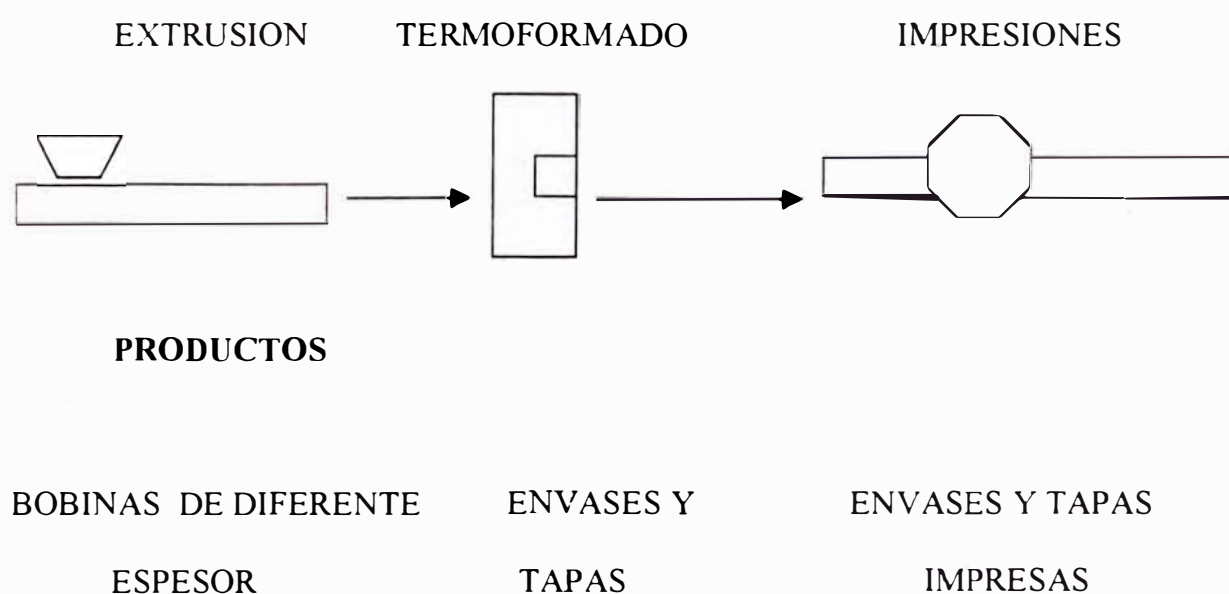
La Empresa esta ubicada en la Av. Faucett, en el distrito del callao, cuenta con un agresivo programa de modernización tecnológica de sus procesos, alta calidad en sus productos, fruto de la Gestión de Calidad impulsada por la corporación en todas las empresas del grupo.

1.2.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE EXTRUSION Y TERMOFORMADO

La planta de Termoformado tiene tres sub procesos de manufactura, los cuales en orden secuencial son los siguientes: Extrusion de laminas embobinadas, Termoformado de envases y tapas propiamente dicho, e impresiones de envases y tapas. El proceso critico es el de Extrusion por la capacidad limitada de esta línea y el

máximo control que se debe tener del producto en esta instancia, pues cualquier variación en los parámetros de control repercute en la calidad del producto en los siguientes sub procesos.

SUB PROCESOS DE TERMOFORMADO



La línea de extrusion debe ser abastecida de manera constante de materia prima, generalmente polipropileno o poliestireno previamente mezclado uniformemente con sus aditivos y componentes, en sus respectivas pesos y formulaciones para los diferentes productos, luego debe ser transportado a la tolva de la maquina, la cual se encuentra en la parte superior de la misma y de allí por gravedad es introducida en el cilindro plastificador para su procesamiento. La Maquina extrusora induce calor a la mezcla a través del cilindro y la bombea mediante un tornillo de presión obligándola a salir del equipo en forma de lamina continua de un espesor determinado de acuerdo al producto a termoformarse, esta

laminá es embobinada para luego continuar con su termoformacion e impresión del producto.

1.3.- SITUACION INICIAL Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

De acuerdo a la política de calidad del departamento se me asigno el Proyecto de Innovación que consistía en la revisión de las actividades de mezcla y transporte de la materia prima para la línea de extrusion, pues hasta ese momento este trabajo era realizado de forma manual.

La operación de mezcla de los componentes era echa por un operario en una tolva A de 200 kg. de capacidad, el cual vertía los componentes y con una lampa batía varias veces, hasta lograr mas o menos una buena mezcla, luego con un balde vertía los materiales ya mezclados en la tolva B del equipo secador de mezcla, el cual vertía la mezcla ya seca en otra tolva C, esta era empujada hasta la tolva D de la maquina aproximadamente a 10 m de distancia, para posteriormente con un balde sacar la mezcla de la tolva C y subirla por una escalera hasta la tolva D de la maquina (3 m del nivel del piso) y vertirla en ella, luego regresaba la tolva C a su posición y reiniciaba nuevamente esta operación, por turno de ocho horas se hacían hasta 10 veces.

Para esta labor se contaba con un operario que solamente se dedicaba a la operación de mezcla transporte y alimentación de la maquina, Es así que nos trazamos el objetivo de Automatizar el proceso haciéndolo más confiable, eficiente,

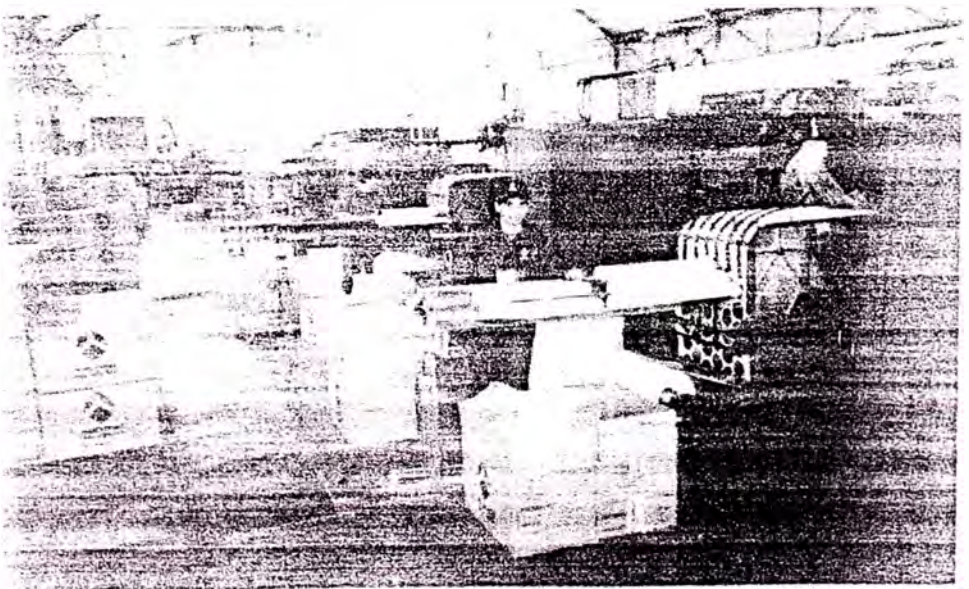
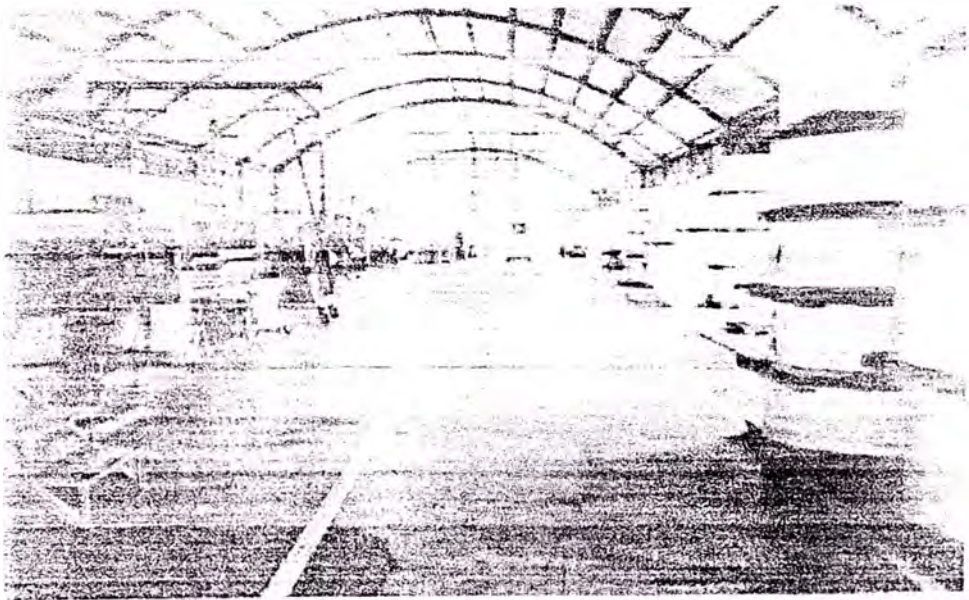
y de bajo costo, lo que nos permitiría tener mezclas totalmente uniformes en sus formulaciones, utilizar menos horas hombre en esta operación.

De forma específica los trabajos a desarrollar son:

- 1.- Automatización del proceso de mezclado de Materia prima y componentes
- 2.- Automatización de transporte de la mezcla a la secadora de resinas
- 3.- Automatización del transporte de la secadora a la tolva de la maquina Extrusora
- 4.- Automatizar el reciclaje de los bordes recortados de la lamina

A su vez como efectos directos se lograrán los siguientes objetivos previamente trazados

- 1.- Reducción de costo de mano de obra en aproximadamente el 50% del actual



CAPITULO II

GENERALIDADES DEL PROCESO DE TERMOFORMADO

2.1.- DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE LA PLANTA DE TERMOFORMADO

El proceso de Termoformado consta de tres subprocessos como son:

2.1.1 Formulación de Materiales.-

Proceso en el cual se mezcla en proporciones determinadas materiales plásticos virgen y reciclado molido (Scrap), adicionándose pigmento, y antiestatico

siguiendo formulas establecidas para cada producto, estas en función a su uso, ya que los envases pueden ser almacenados en ambientes fríos como los helados, pueden tener resistencia a sustancias químicas como los lavavajillas, etc. debiendo la formula contemplar los atributos necesarios para poder soportar el uso que se le va a dar al producto, esta mezcla es batida durante tiempos determinados, para luego ser deshumedecida, y enviada a la tolva de reposo de donde se alimenta a la tolva de la extrusora.

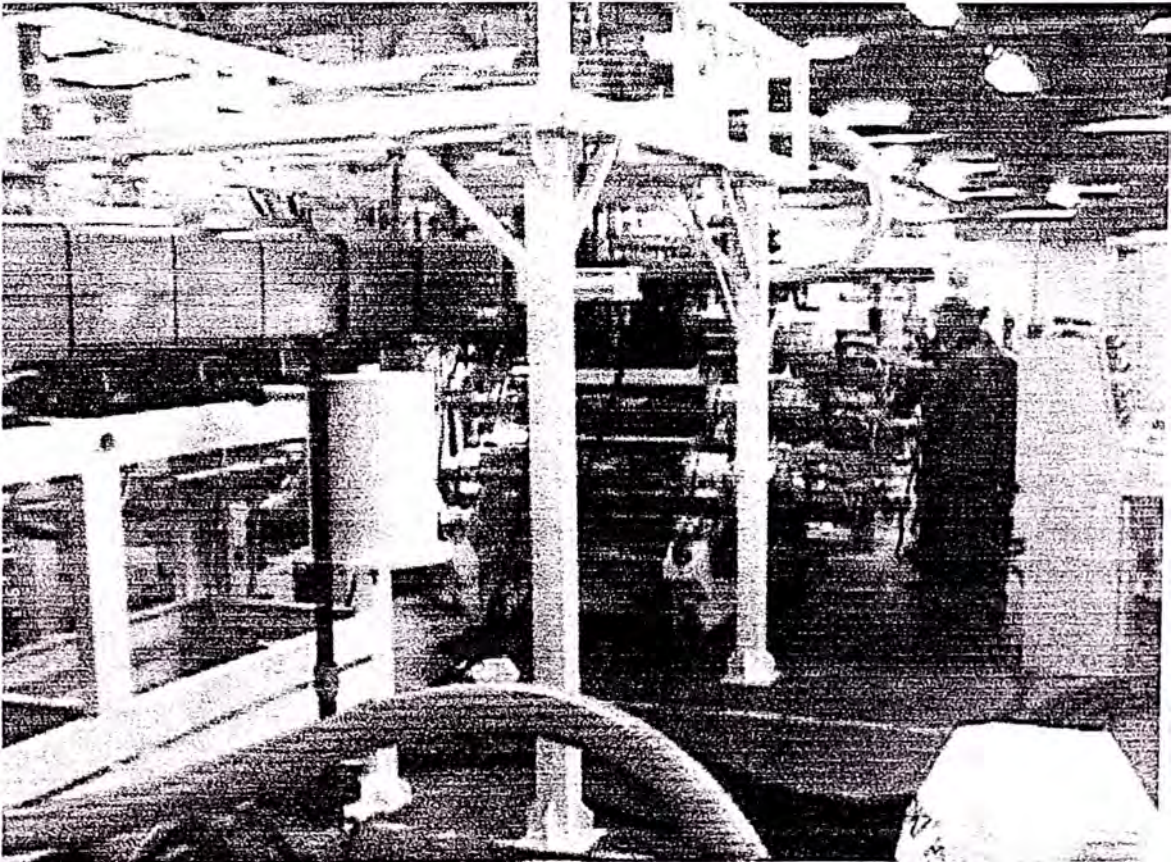
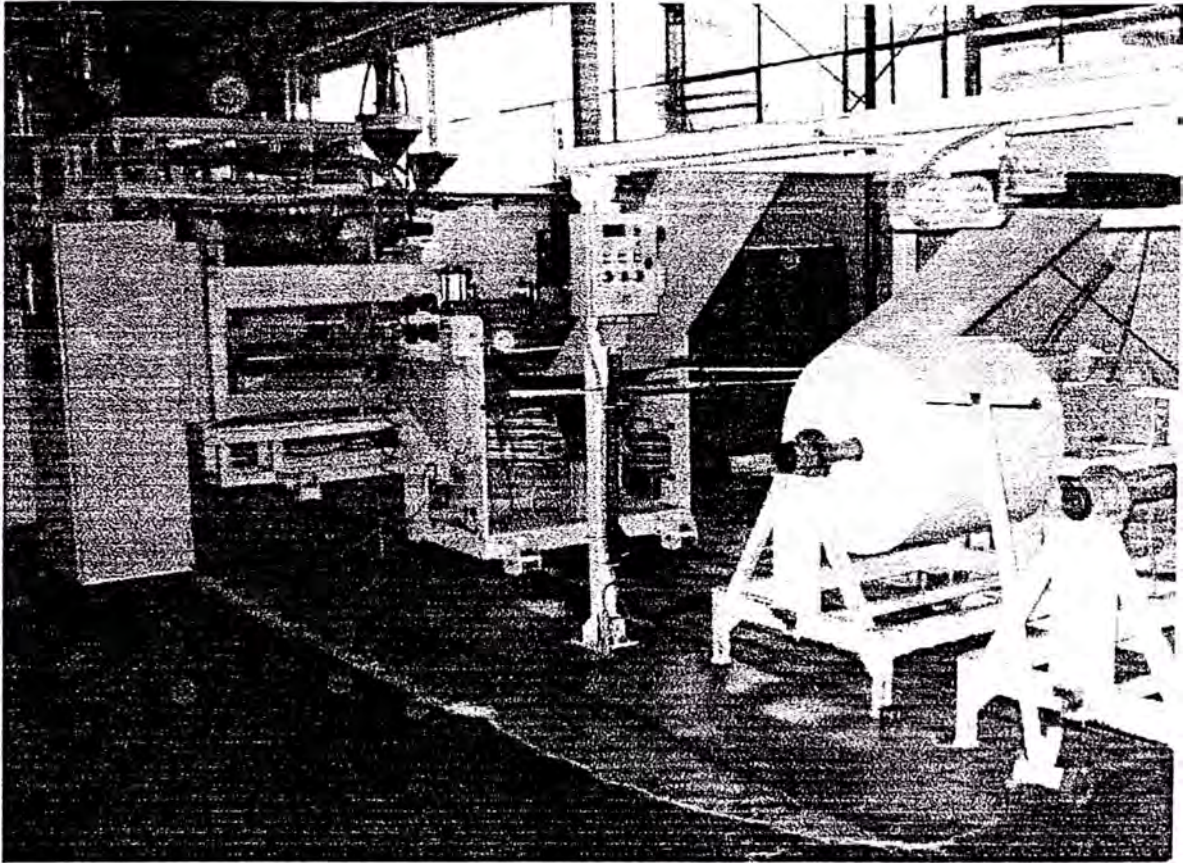
2.1.2. Extrusion.-

Proceso en el cual el material alimentado por la tolva es ingresado al cilindro, dentro del cual se plastifica y funde siendo impulsada por un tornillo sin fin hacia la boquilla de la maquina, produciendo laminas de diferentes espesores y anchos de acuerdo a cada producto, pues el espesor varia de acuerdo a la forma fisica del producto, pudiendo ser un plato de 20 cm de diámetro, un vaso de 10 cm de profundidad, o una tapa plana de 4 cm de diámetro, etc., para lo cual se necesita diferentes espesores de lamina, el ancho generalmente es designado por el ancho del molde en el cual se va a termoformar el producto, y este a su vez esta dado por el numero de cavidades del mismo.

2.1.3 Maquinas Extrusoras.-

Maquina que consta de una tolva de alimentación de material, un cilindro a temperaturas de aproximadamente 250°C calentadas mediante resistencias de banda

alrededor del mismo, dentro del cilindro un tornillo que impulsa a la vez que plastifica y mezcla el material, este tornillo es accionado por un motor de 10 HP, de corriente continua y velocidad variable, pasando a través de una caja reductora de velocidades, el material plastificado es impulsado hasta el filtro hidráulico para luego llegar a la boquilla, cavidad en forma de embudo o abanico horizontal cuyo ingreso es de aproximadamente 10 cm de diámetro y cuya salida es de 700 mm de ancho por 3 mm de abertura aprox., la cual expulsa continuamente la lamina extruida que sale a alta temperatura, siendo enfriadas en los rodillos de la calandra que a la vez que enfría alisa la lamina y le da el espesor requerido mediante rodillos regulables. luego recorre 3 metros de polines para enfriamiento abierto, siendo aqui recortado los bordes al ancho requerido mediante unas cuchillas giratorias, estas tiras de borde son molidos en un molino anexo a la maquina, la lamina ya recortada pasa por un sistema de arrastre mediante rodillos de goma, para finalmente ser embobinadas en ejes cilindricos de cartón prensado accionados por motores de velocidad y tracción variable, existen dos de estos bobinadores para recambio automático sin paralización de producción.

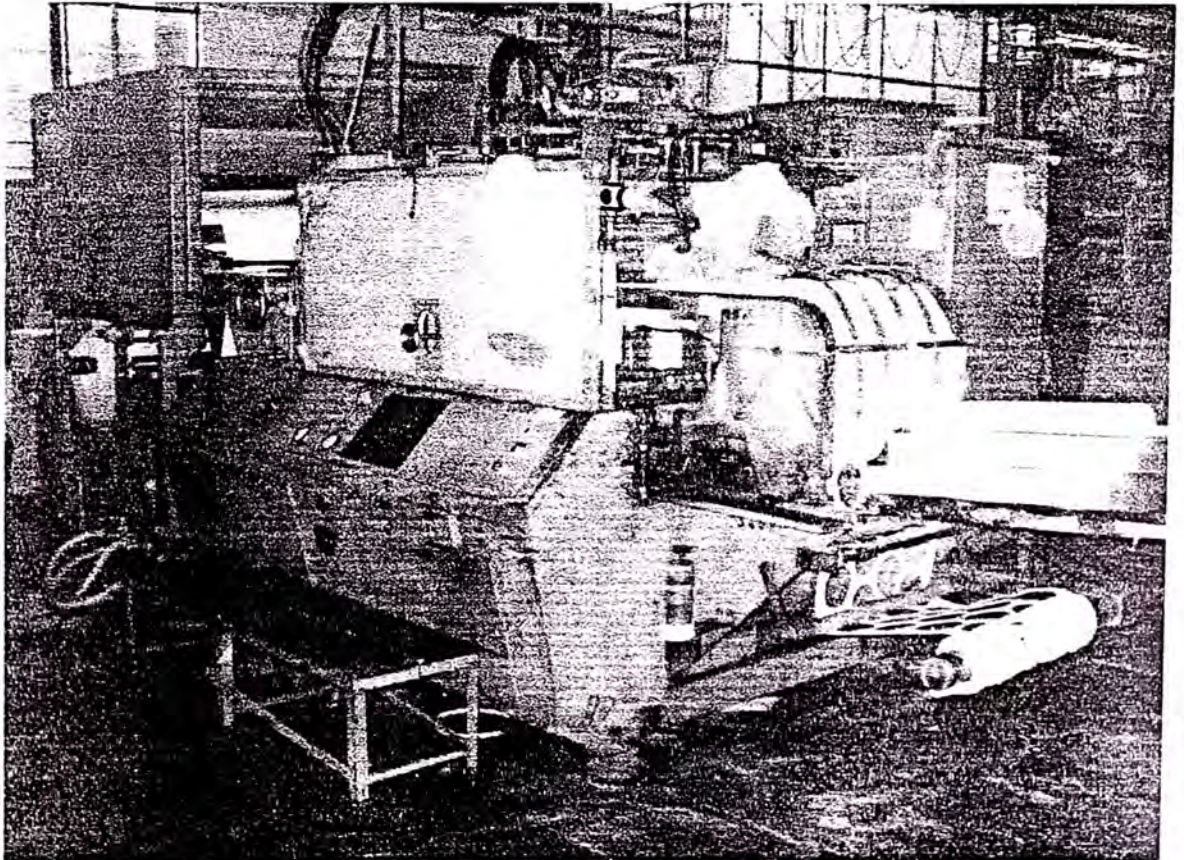
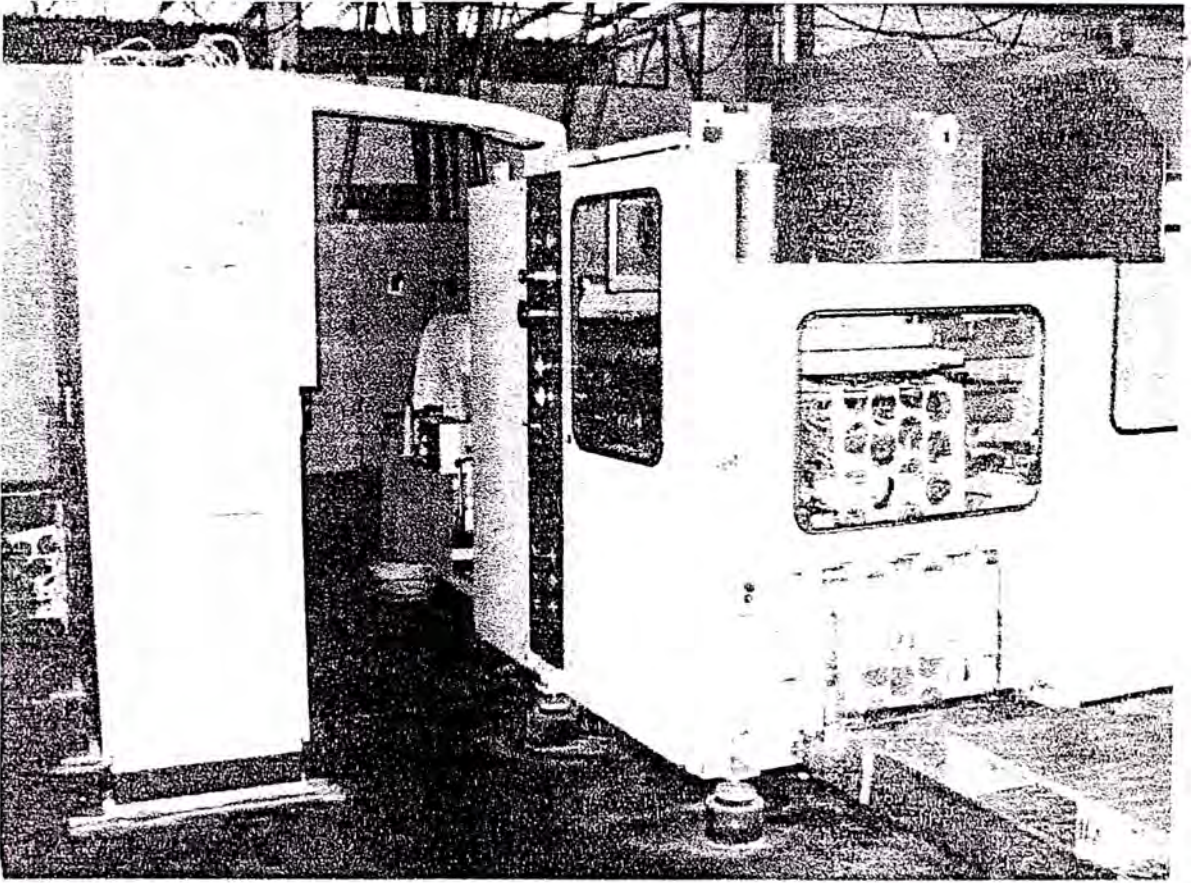


2.1.4 Termoformado.-

Proceso en el cual las bobinas ya extruidas son colocadas en el desembobinador, que al desenrollar la bobina alimenta a la maquina de lamina continua, la cual es primero precalentada en una estación de rodillos calientes mediante resistencias eléctricas, avanza arrastrada por cadenas dentadas que sujetan la lamina a ambos costados, en la siguiente estación una parrilla se encarga de darle el calor necesario para formarse avanzando simultáneamente hacia el molde, el ciclo de termoformacion del producto se inicia y sigue de la siguiente manera, la lamina caliente y reblandecida avanza hasta dentro del molde, el molde cierra y atrapa la lamina sujetándola con el prensachapa (anillo dispuesto al contorno de cada cavidad del molde), el punzón (plunger) por presión empuja la porción de material atrapada hacia dentro de la cavidad del molde dándole un preformado, luego ingresa aire a alta presión terminando por estirar totalmente el material hacia las paredes de la cavidad hasta tomar la forma del envase del molde, seguidamente el envase es enfriado atravez del circuito de agua helada que circula por el interior del molde, simultáneamente se corta el contorno del envase mediante unas cuchillas dispuestas en el molde, el molde abre y baja dejando los envase sobre el eyector, se acciona un flujo de aire a presión que expulsa o arrastra los envases para finalmente ser apilado fuera de la maquina en mecanismos llamados chutes de apilamiento.

2.1.5 Maquinas Termoformadoras.-

Maquina que consta de un desembobinador accionado mediante un motor de corriente alterna y dos rodillos que estiran la lamina, un par de rodillos precalentadores los cuales son controlados por pirometros y calentados mediante resistencias eléctricas, una guía de cadenas dentadas y dispuestas a ambos lados de la lamina por donde se desliza la misma, una cámara de calentamiento con una distribución de aproximadamente 48 resistencias rectangulares en la parrilla superior y otro tanto en la parrilla inferior, pasando la lamina por medio de ambas parrillas que la calientan por ambos lados, una estación de moldeado donde se montan ambas partes de los moldes, la parte superior y la parte inferior, desarrollándose aquí el ciclo de la termoformacion arriba descrito, luego una zona de apilamiento de productos. La maquina necesita suministros de aire comprimido a 6 Bar para el funcionamiento de los equipos neumáticos de expulsión de productos, formación de producto, prensado de lamina, etc., agua de refrigeración a 3 bar y 11°C para la refrigeración de las cadenas de arrastre de lamina y enfriamiento de molde y producto. Los principales mecanismos de la maquina son el de transmisión de movimiento, sistema de levas para la secuencia del moldeado, el mecanismo de avance de lamina, sistema de moldeado, y mecanismo de apilamiento.



2.1.6 Impresión.-

Proceso en el cual los envases son impresos de acuerdo a las diferentes artes de los clientes de la empresa. El sistema es bastante sencillo, el envase es alimentado a una cruceta (porta envases mediante que sujeta el envase mediante vacío y tiene forma circular y radial), que al girar a la siguiente estación es impresa a través de la mantilla que momento antes ha tomado la tinta de los clisés respectivos a cada color. Luego en la siguiente estación el vacío es cortado y un flujo de aire expulsa el envase hacia el chute (apilador vertical sobre la faja de curado), el envase recorre la faja secándose mediante los hornos ubicados a los costados, finalmente es apilado en mecanismos neumáticos. La tinta usada depende del tipo de secado existiendo la infra roja que son hornos pequeños que secan por calor, y la tinta UV que seca la impresión mediante Luz Ultra Violeta.

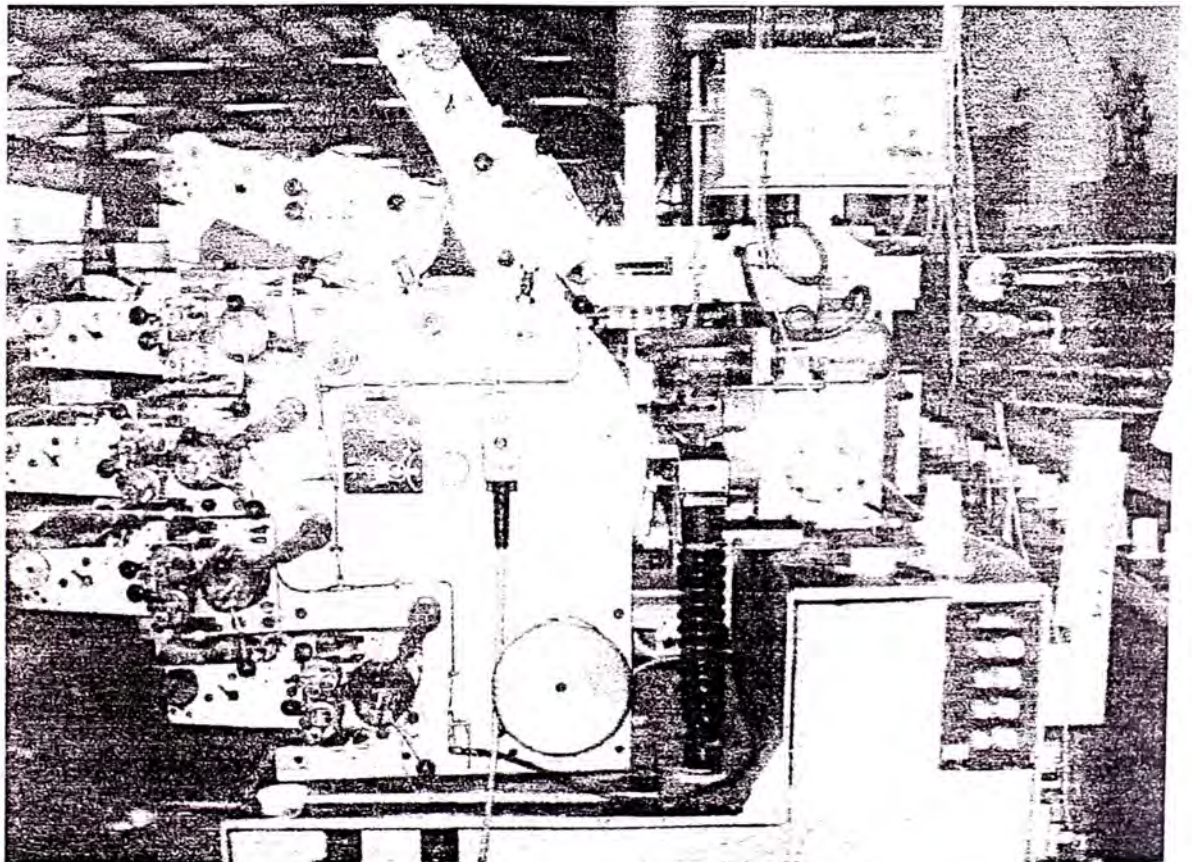
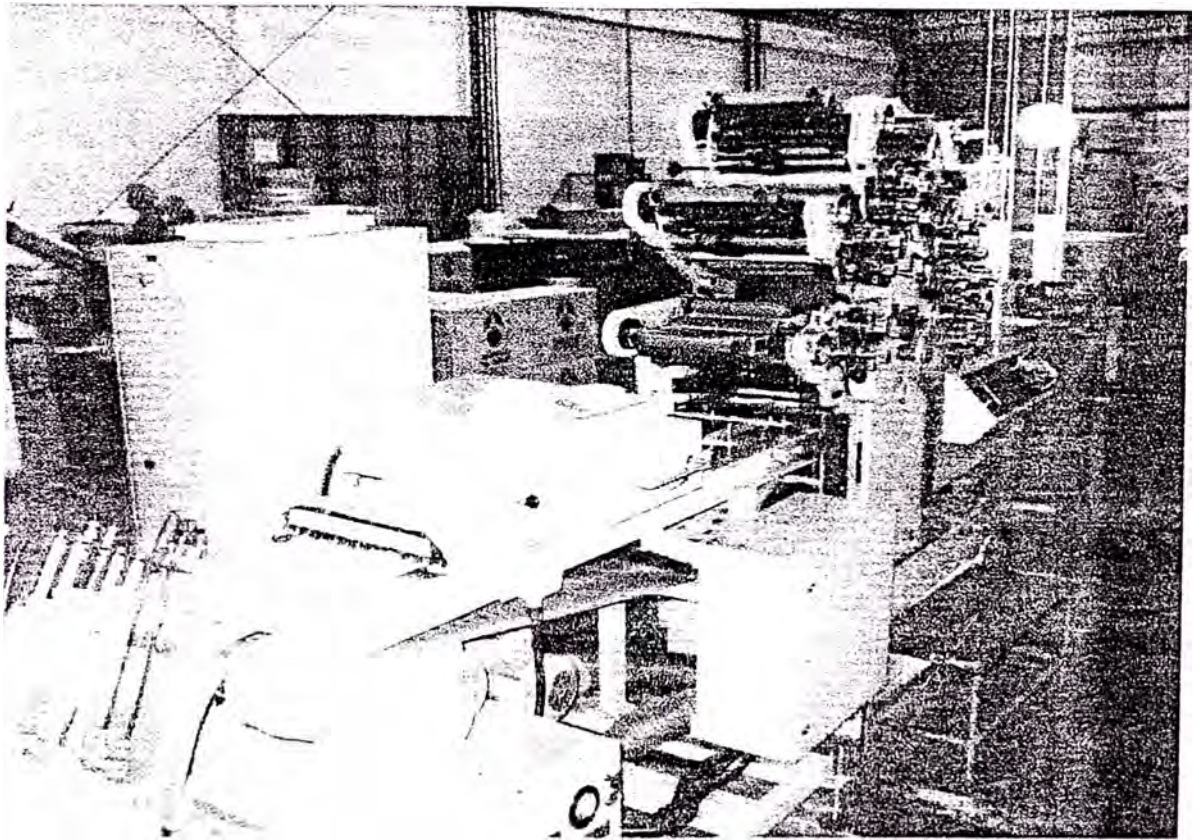
2.1.7 Maquina Impresora.-

Maquina que consta de una faja alimentadora de envases con un ángulo de 45° de elevación y una curvatura que coloca la pila de envases en forma vertical, un tornillo sin fin que separa los envases uno por uno, una cruceta que recibe los envases los cuales montan en cada mandril y se adhieren a él mediante un sistema de vacío, esta cruceta es una circunferencia girando alrededor de su centro y esta gira pasando en tres posiciones, la de tratamiento eléctrico de la superficie de los vasos, la de impresión propiamente dicha, que es cuando el vaso tiene contacto con la volante de impresión, y la de expulsión cuando el envase es expulsado mediante presión de

aire hacia un chute de apilamiento, del cual el envase es conducido a una faja de secado por resistencias eléctricas o de UV.

Por el lado de la impresión del envase se tienen los tinteros de cada color, los cuales alimentan la tinta hasta el clisé mediante los rodillos osciladores, dosificadores, y alimentadores de tinta, este flujo es regulable mediante la abertura o cierre de la cuchilla del tintero. La tinta dosificada llega al clisé entintándola completamente, las maquinas impresoras tienen diferente numero de cabezales de color o lo que es lo mismo tinteros, cada color es independiente del otro. en absolutamente todos sus parámetros, son totalmente independientes.

La maquina tiene un equipo de tratamiento superficial de envases, que consta de unos electrodos que descargan un flujo de corriente eléctrica sobre la superficie del envase para originar sobre el micro orificios donde la tinta luego de la impresión ancla.



2.2.- CONCEPTOS BASICOS DEL PROCESO DE TERMOFORMADO

El Termoformado es un proceso de gran rendimiento para la realización de productos de plástico a partir de láminas semielaboradas, que hallan numerosos campos de aplicación, desde el envase a piezas para electrodomésticos y automoción

2.2.1.-El procedimiento.- Originalmente, la disponibilidad de planchas de materiales termoplásticos dió lugar a la idea de construir moldes hembra, emplazar sobre ellos una plancha de estos materiales, fijarla de modo que el hueco entre molde y pieza fuese estanco, calentarla hasta su temperatura de reblandecimiento y hacer el vacío en dicho hueco, de modo que el material se estire y se adapte a la superficie del molde. Una vez fría la pieza, se extrae, se recorta el material en exceso y se obtiene una pieza acabada.

Como alternativa, en lugar de aplicar vacío entre el molde y lámina, puede aplicarse presión sobre ésta para obtener un resultado similar, o pueden combinarse ambas técnicas para embutisajes profundos.

Dado que se produce un estirado de la lámina, puede suceder que el adelgazamiento de la misma se produzca en zonas no deseadas, además de que puede ser preciso obtener un moldeado de espesor más o menos regular o una gran profundidad de embutisaje. Con este objeto, se han desarrollado técnicas de pre-estirado por diversos medios, punzón o soplado previo, que permiten obtener mayor regularidad de espesor.

La adaptabilidad del proceso a las grandes series, especialmente en cubetas de pequeño tamaño para la industria alimentaria, ha hecho que se desarrollasen máquinas de moldeo secuencial con moldes de cavidades múltiples, y sistemas automatizados de alimentación y transporte de la lámina, y troquelado y apilado de las piezas.

Se han desarrollado técnicas de pre-estirado por diversos medios, punzón o soplado previo, que permiten obtener una buena regularidad de espesor. La variedad de materiales con que pueden fabricarse los moldes, hacen a estos procedimientos especialmente adecuados para series cortas, partidas piloto e incluso prototipos.

La velocidad del moldeo depende fundamentalmente del ciclo térmico. Cada tipo de material y cada grado de embutisaje hacen que se deba trabajar en una zona alta o baja de la ventana térmica de cada polímero. Optimizar el intercambio térmico supone reducir el ciclo total de tiempo que se precisa utilizar.

2.2.2.- Métodos de conformado

El sistema más simple es el estirado de una lámina en estado semi-plástico sobre un molde. A medida que la lámina topa con la superficie del molde, el estirado se detiene y, como resultado, las partes de la lámina que tocan al molde en primer lugar tienen un espesor mayor que el resto. Si el estirado es pequeño, no queda

comprometida la integridad de la pieza y, por tanto, es el procedimiento más usado en el envase de tipo "blister" y en los embalajes de tipo burbuja.

Conformado de una sola etapa

Si se precisa un grado elevado de estirado o se utiliza chapa gruesa no es posible usar el sistema anterior. Existen cinco métodos que realizan el conformado en una sola etapa.

A.- Conformado por adaptación: la lámina caliente se baja sobre el molde macho o se hace subir a éste de modo que se adapte a su forma. La adaptación se complementa haciendo el vacío entre el molde macho y la lámina, o aplicando sobre ella presión de aire. Los productos de este proceso presentan un espesor grande en el fondo que va disminuyendo hasta ser mínimo en los bordes.

B.- Moldeo por vacío: la lámina se fija sobre el borde del molde hembra haciendo luego el vacío como se ha indicado inicialmente. En contraste con el proceso anterior, el espesor de la pieza es mayor en los bordes y mínimo en los cantos de la parte inferior.

C.- Formado a presión: similar al moldeo por vacío, sobre la lámina se aplica además aire comprimido hasta 1,4 MPa, por lo que el sistema precisa de una cámara cerrada superior. Este procedimiento se utiliza para conformar lámina de pequeña galga de

materiales como el PP, que se suministran en rollo, o para transformar lámina de gran espesor en piezas con detalle superficial fino.

D.- Libre soplado: se aplica aire comprimido entre una cámara que substituye al molde, inexistente en este caso, y la lámina para obtener una burbuja, cuya altura se controla mediante una fotocélula. Dado que la burbuja formada de la lámina no toca ningún elemento metálico, no tiene ninguna marca y, excepto en las cercanías del marco de fijación, tiene un espesor regular. El aire enfria la burbuja para rigidizar la pieza. El sistema se utiliza extensamente en envases "blister" (que significa, precisamente, "ampolla") a partir de láminada delgada suministrada en rollo.

E.- Molde y contramolde: utilizados para conformar piezas a partir de polímeros relativamente rígidos, como la espuma de PS

Puede aplicarse vacío al molde hembra para ayudar al conformado. Aunque las presiones de cierre son de alrededor de 0,35 MPa, si se aplican fuerzas del orden de 1 MPa puede producirse además un cierto movimiento del material.

Conformado en etapas múltiples

El principal inconveniente de los métodos descritos es la dificultad para controlar el espesor en piezas complejas que presenten cantos con radios reducidos o un embutisaje profundo, especialmente cuando se conforman planchas de un espesor

importante. Por ello se han desarrollado métodos con más de un paso, siendo habitualmente el primero una forma de estiramiento de la lámina.

El termoconformado permite el moldeo de una amplia gama de tamaños: desde pequeñas unidades para envasado de alimentos hasta embarcaciones deportivas, como la mayor de las Trehi finlandesas, que tiene una eslora de 47,70 m, fabricada en lámina de ABS, reforzada en sándwich con espuma de poliuretano.

1.- Estirado de burbuja: se forma una burbuja como se ha descrito antes y un molde macho desciende a continuación. Al cerrarse sobre los bordes de la lámina, se aplica vacío entre ambos y presión de aire en la cámara inferior.

2.- Vacío con respaldo: de modo inverso al anterior, la burbuja se forma mediante vacío entre la lámina y la cámara inferior. El molde macho desciende y completa el conformado, efectuándose el vacío entre éste y la lámina y aplicando aire comprimido entre ésta y la cámara.

3.- Vacío con burbuja: se utiliza un molde hembra y se aplica aire a presión entre el molde y la lámina. Una vez formada la burbuja, se hace el vacío entre ésta y el molde.

4.- Vacío asistido con pistón: para asegurar el espesor de el fondo y sus aristas. un pistón macho con la contraforma de éstos desciende sobre la lámina hasta contactar con la cavidad hembra, entre las cuales se aplica el vacío ara completar el moldeo.

5.- Presión asistida con pistón: combinando el método anterior con una cámara superior, este sistema aplica presión de aire sobre la lámina, y el molde hembra lleva taladros de ventilación que pueden o no conectarse a una bomba de vacío.

6.- Presión asistida con pistón con estirado inverso: como en el método anterior, pero con un paso previo de formación de burbuja con aire a presión desde el molde inferior, hasta que ésta toca al pistón, que desciende entonces hasta el contacto con el molde hembra.

7.- Vacío con burbuja asistido con pistón: como en el método anterior, pero sin que exista cámara superior para aplicar presión.

8.- Formado a presión con inmersión de burbuja: en este caso se utiliza, como en el de vacío con respaldo, una cámara inferior, que permite formar la burbuja, y un molde macho superior que desciende en contacto con ésta, completándose el moldeo con presión desde la cámara.

2.3.- MAQUINARIA DE TERMOFORMADO

Desde el punto de vista de la maquinaria y equipo, el proceso de Termoformado puede analizarse según:

- la fuente de calentamiento;

- la estación de conformado, incluyendo el bastidor de la maquina, la mesa de conformado con el sistema de arrastre y el de expulsión;
- el sistema de vacío y presión de aire;
- el marco de estirado de la lámina y el mecanismo de transporte;
- el sistema eléctrico o electrónico para los automatismos;
- el equipo adicional (manejo de la lámina, ajuste, recorte).

2.3.1.- Moldes para Termoformado

Se ha señalado que el procedimiento es particularmente adecuado para la fabricación de prototipos y series cortas o piloto. Para este tipo de producción, los moldes pueden ser muy económicos y la selección de material depende básicamente de la calidad de superficie que se desee obtener. Es de notar que se suele tratar de moldes hembra y que es necesario disponer en ellos finos taladros para efectuar el vacío a su través, estando el molde contenido en una cámara en la que se hace el vacío. Los taladros no deben ser tan grandes que resulten marcas en la pieza y deben distribuirse de un modo adecuado teniendo en cuenta que son los que producen las zonas de aspiración.

Por su conductividad térmica, los moldes de aluminio son los más populares para este proceso. Los moldes de alta calidad se mecanizan y para moldes más económicos puede utilizarse la colada, aunque suele presentar porosidades que crean problemas en la vecindad de los conductos de regulación térmica.

Los moldes de acero para estos procesos, dado que las presiones son casi siempre, muy inferiores a las de los procesos de inyección, pueden construirse con aceros menos conflictivos para el mecanizado y bruñido, además de presentar menor riesgo de deformación al endurecimiento.

2.3.2.- Campos de aplicación

Estableciendo un símil con la estampación metálica, cualquier forma que pueda realizarse en chapa es, en principio, realizable por termoconformado. En consecuencia, las limitaciones del proceso las establecen las formas de los productos. Pueden fabricarse, en moldes con correderas, piezas con contrasalidas sin problemas tan importantes como en el moldeo por inyección, porque el material no llega al estado fundido.

Algunos de los procesos citados tienen ciclos extremadamente rápidos y, desde el punto de vista económico, el sistema presenta una serie de ventajas más aparentes cuando las series no son muy elevadas, en razón al bajo coste de los moldes y a su puesta a punto más rápida.

Pero el gran uso de estos procedimientos se encuentra en el campo del envase y embalaje. Las máquinas de Termoformado fabrican bandejas para productos alimentarios o se combinan con equipos de llenado para producir artículos envasados, al tiempo que permiten combinar diversos plásticos para obtener

propiedades de barrera comparables a la coextrusión pero permitiendo un reciclado selectivo de los materiales constitutivos.

También en la construcción se producen mediante esta técnica lucernarios para cubiertas y otros artículos como canalones de desagüe mediante el conformado a pasos (step forming) comparable a la fabricación de perfiles de acero. Este es uno de los procesos que permite utilizar láminas con un grado de refuerzo de fibras importante, con lo que se supera la limitación en resistencia mecánica que se impone a los productos de Termoformado en razón al nivel de resistencia de las láminas a transformar. Se trata, pues, de uno de los primeros procesos de moldeo que se desarrollaron sin que en el transcurso de los años haya perdido protagonismo.

CAPITULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 CALCULOS DE PRODUCCIÓN

Necesitamos saber los principales parámetros de producción para poder mantener el proceso de manera continua, como, la capacidad de procesamiento de materia prima, y las horas hombre usadas para el proceso de mezcla y transporte, en vista que solo el operador de la Extrusora va ha realizar ambas labores, el control del proceso y el de la mezcla y transporte. Necesitamos calcular cuanto tiempo le va ha tomar al operador de la maquina atender también el proceso de mezcla y transporte de la Materia Prima, luego de automatizar el mismo.

3.1.1.- CAPACIDAD DE MATERIA PRIMA HA PROCESAR

Para iniciar los cálculos del consumo de materia prima en el subproceso de extrusión, debemos revisar la data histórica de años anteriores.

El año 1997 encontramos que el consumo promedio fue de 73,529.5 kg. y el máximo es de 113595 Kg. procesados el mes de Febrero, mientras que el año 96 el promedio fue 73,529 Kg., y el máximo fue de 106,767 en el mes de setiembre.

Consumo de materiales por tipo, mes y año.

MESES 1996	(PP) POLI - PROPILENO	(PS) POLI- ESTIRENO	PST	TOTAL (KG)
Enero	36500	47564	0	69,755
Febrero	38540	62000	13055	68,389
Marzo	40250	61823	0	86,349
Abril	45520	46391	20500	66,501
Mayo	35200	45050	0	78,240
Junio	44638	28775	0	85,586
Julio	12497	0	0	64,296
Agosto	15212	37800	0	85,846
Setiembre	36810	14489	8660	106,767
Octubre	45716	23322	0	75,525
Noviembre	38348	0	0	83,010
Diciembre	17162	66532	0	81,155
PROMEDIO	33,866	36,145	42,215	79,285

MESES 1997	(PP) POLI - PROPILENO	(PS) POLI- ESTIRENO	PST	TOTAL (KG)
Enero	36500	47564	0	84,064
Febrero	38540	62000	13055	113,595
Marzo	40250	61823	0	102,073
Abril	45520	46391	20500	112,411
Mayo	35200	45050	0	80.250
Junio	44638	28775	0	73.413
Julio	12497	0	0	12,497
Agosto	15212	37800	0	53,012
Setiembre	36810	14489	8660	59,959
Octubre	45716	23322	0	69,039
Noviembre	38348	0	0	38,348
Diciembre	17162	66532	0	83,694
PROMEDIO				73.530

Resumimos que el consumo máximo por mes es de 113.595 Kg, aplicándole un factor de seguridad del 10%, deberíamos diseñar un equipo que pueda procesar 125,000 Kg de materia prima por mes.

Consumo máximo diario : 4,166 Kg / día

Consumo máximo por turno : 1,388 Kg /Turno

Consumo máximo por hora : 173.5 Kg / hora

3.1.2.- HORAS HOMBRE HA UTILIZAR EN EL PROCESO DE MEZCLA Y TRANSPORTE

El operador de la maquina Extrusora debe controlar los parámetros del proceso de extrusion y a la vez el de mezcla y transporte de materia prima. Este ultimo se reduce principalmente a la actividad de llenar la tolva principal con los componentes de la formulación usada en ese momento.

Componentes de las mezclas de extrusion de mayor consumo anual:

POLIPROPILENO	Porcentaje	Peso
E – 6		
Polipropileno virgen	50%	25 Kg
Polipropileno Scrap	50%	25 Kg
Master batch	3 %	0.75 Kg
	TOTAL	50.75 Kg

POLIESTIRENO V350	Porcentaje	Peso
Polipropileno virgen	50%	25 Kg
Polipropileno Scrap	50%	25 Kg
Master batch	2 %	0.5 Kg
Antiestatico	1 %	0.25 Kg
Cristal	12%	3.0 Kg
	TOTAL	53.75 Kg

De las formulaciones usadas tomamos la de mayor peso, Polipropileno de 53.75Kg/mezcla, luego calculamos el numero de mezclas que debería hacer por hora :

$$N \text{ mezclas/hora} = \frac{173.5 \text{ Kg / hora}}{53.75 \text{ Kg/mezcla}} = 3.22 \text{ mezclas hora}$$

Por lo tanto debería hacer 4 mezclas por hora, vale decir un total de 215 Kg/hora, lo cual asegura la continuidad del proceso, como máximo.

En cuanto al tiempo necesario para realizar una mezcla es el siguiente:

ACTIVIDAD	TIEMPO SEGUNDOS/ MIN	TIEMPO (HORAS)
Levanta y Transporta la bolsa de Materia prima a la tolva	20 / 0.33	
Corta la bolsa y vierte el contenido en la tolva	15 / 0.25	
Retira la bolsa vacía a un costado de la tolva	10 / 0.17	
Va en busca de la otra bolsa	15 / 0.25	
TOTAL POR UN SOLO COMPONENTE	60 / 1	
TOTAL POR UNA MEZCLA DE POLIESTIRENO V350	300 / 5	0.08 HORA
TOTAL POR 04 MEZCLAS DE POLIESTIRENO V350	1200 / 20	0.33 HORA

Resumiendo, se usa la tercera parte de cada hora como máximo para la mezcla y transporte de la materia prima, y las dos terceras partes en el control de los parámetros del proceso de extrusión, lo cual es aceptable y mantiene la calidad y continuidad del proceso de extrusión.

3.2.- DISEÑO DE EQUIPOS A USAR

Contando con los principales parámetros de máximo uso de materia prima para el proceso de mezcla y transporte, debemos diseñar el sistema para que satisfaga la demanda con alta confiabilidad, y eficiencia.

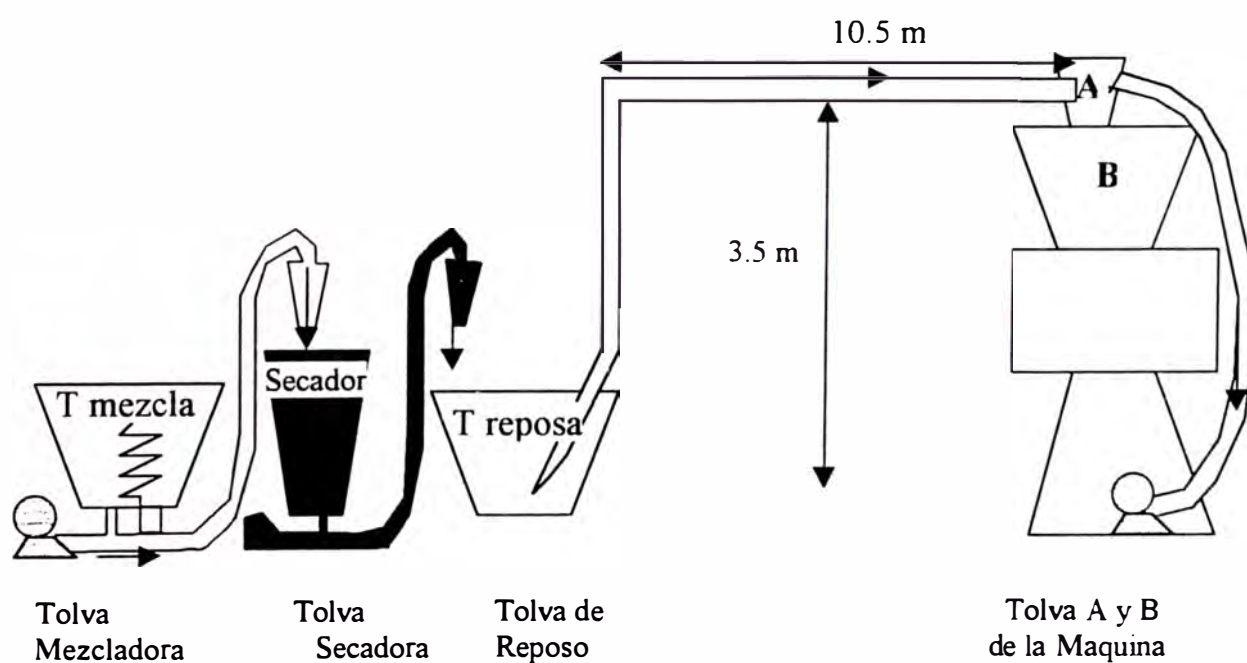
3.2.1 LAY OUT DEL SISTEMA DE MEZCLA Y TRANSPORTE

La disposición de acuerdo a la secuencia de proceso es la siguiente:

- 1.- Llenado de materia prima a la Tolva mezcladora por el operario extrusor,
- 2.- mezcla y transporte de la Tolva mezcladora a la tolva de secado
- 3.- La secadora, seca y simultáneamente transporta la mezcla a la tolva de reposo .
- 4.- mediante vacío la mezcla es succionada de la tolva de reposo a la tolva de maquina ubicada sobre la extrusora.
- 5.- la tolva de la maquina alimenta al tornillo sin fin de la maquina, de acuerdo al consumo del mismo.

DISPOSICION DEL SISTEMA DE MEZCLA

Y TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA



CAPITULO IV

CALCULOS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS A USAR

4.1.- SISTEMA DE MEZCLA DE MATERIA PRIMA

Sabiendo que se debe procesar como máximo 215 Kg./hora debemos diseñar la tolva para realizar dicha mezcla, hallando el volumen de la misma. De forma practica se determinaron los siguientes volúmenes de una mezcla de Polipropileno:

MATERIAL	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD VOLUMETRICA
Una mezcla de 50% virgen y 50% Scrap	Kg	Cm 3	Gr/cm3
POLIPROPILENO VIRGEN 50%	25	16.5x41.5x67 = 45,878	0.55
POLIPROPILENO SCRAP 50%	25	20x45x60 = 54,000	0.46
ADITIVOS 3%	3	5x5x10 = 250	-
TOTAL DE UNA MEZCLA	53	100,128	-
TOTAL DE CUATRO MEZCLAS	212	400,512 cm3 = 0.400 m3	-

Necesitamos una tolva que como minimo resista un peso de 212 Kg, y un volumen de 0.4 m³ o 400,512 cm³.

Se fabrica una tolva de mayor volumen de capacidad para realizar la mayor cantidad de mezclas posible, el volumen total se obtiene de la siguiente manera :

$$V_{tolva} = 100 \times 120 \times 52 + \frac{1}{3} \times 50 \times (100 \times 120 - 20 \times 40) = 624,000 + 186,666 = 810,666 \text{ cm}^3$$

Como observamos calculamos el numero de mezclas que podemos realizar en las tolvas seleccionadas :

$$N^{\circ} \text{ mezclas} : \frac{810,666}{400,512} = 2.02 \times 4 = 8.09$$

En Conclusión, las tolvas fabricadas nos permiten realizar hasta 8 mezclas de 50% virgen y 50% Scrap, vale decir pueden mezclar casi el doble de la capacidad que necesitábamos inicialmente (212 Kg. y 400,512 cm³), equivalente a 16 bolsas de 25 Kg. (400 Kg. y 801,024cm³), mas los aditivos que representan una fracción mínima del mismo.

4.1.1.- CALCULO DE LA POTENCIA NECESARIA DEL MOTOR MEZCLADOR

Con estos datos calculamos la potencia necesaria para mover el tornillo vertical sin fin a instalarse en la base centrada de la tolva, con un peso distribuido entorno y sobre el, de 400 Kg, como máximo.

Contamos con un tornillo que fue usado en un proceso de alimentación de pigmentos, actualmente en desuso, tiene 20 cm de diámetro de aleta, y una altura de 50 cm, el eje en la base debe ser accionado por un motor del otro lado de la misma, instalado en forma vertical y acoplado mediante una chaveta, con este dato calculamos la potencia del motor.

De forma experimental apreciamos que el peso debe actuar en forma directa y uniformemente distribuida sobre los alabes del tornillo, este peso debe ser elevado a la superficie mediante los hilos del tornillo vertical, a la vez que es mezclado. para luego volver ha ingresar por los costados hacia el centro donde es succionado. y transportado hacia la secadora.

Potencia al tornillo :

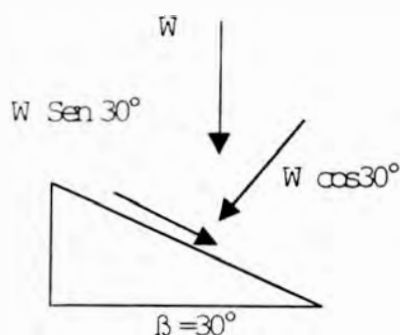
μ : Coeficiente de fricción del fierro del tornillo y el plástico

w : Velocidad angular necesaria para obtener mezcla homogénea (recomendable >200 RPM)

r : radio del alabe del tornillo

W_{peso} : Peso que actúa sobre los alabes del tornillo

β : ángulo de inclinación del alabe del tornillo



$$\text{Pot tornillo} = F \times V = W_{\text{peso}} \times \mu \times \text{Sen } \beta \times w \times r = 400 \text{ Kf} \times 0.5 \times 1 \times \frac{200 \text{ rev}}{2 \times 60 \text{ seg}} \times 0.075 \text{ m}$$

$$\text{Pot tornillo} = 25 \times 0.009807 \text{ Kw}$$

$$\text{Pot tornillo} = 0.24 \text{ Kw.}$$

Perdidas por transmisión

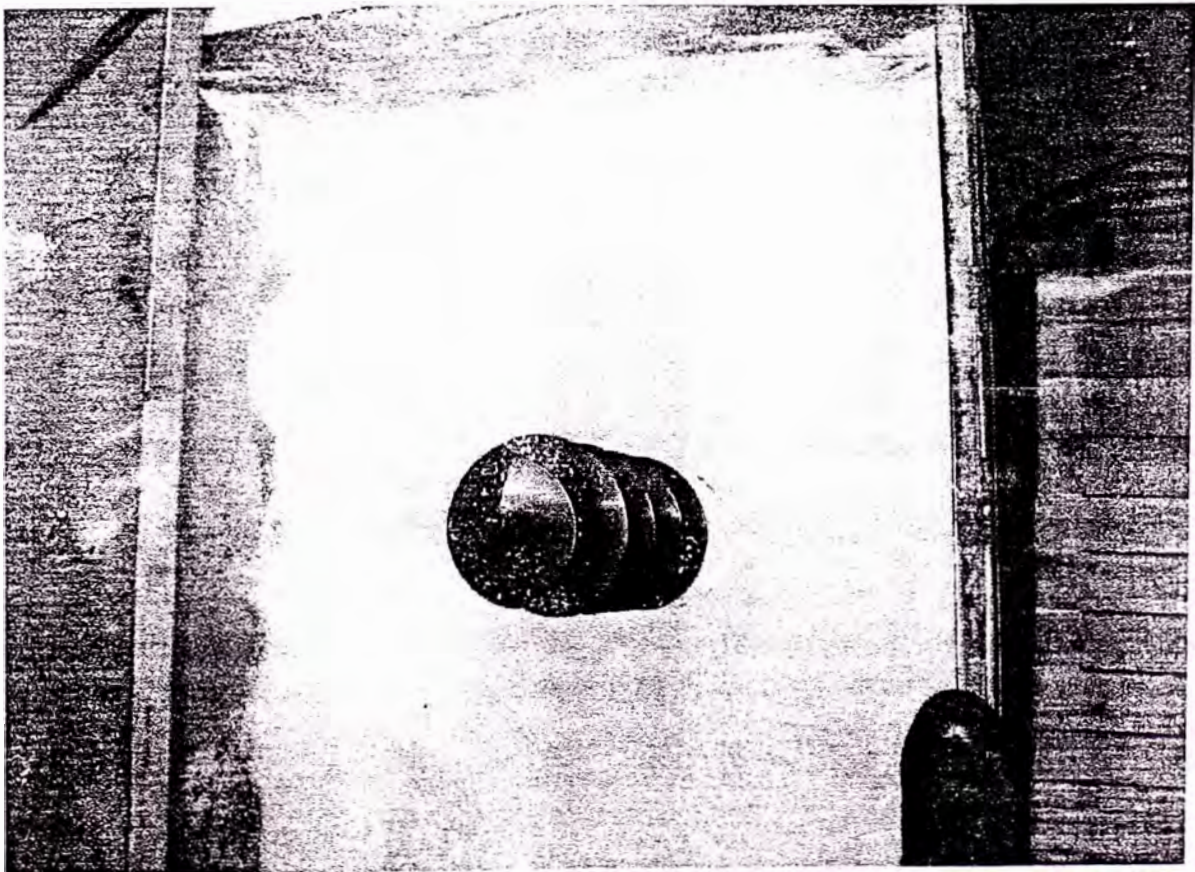
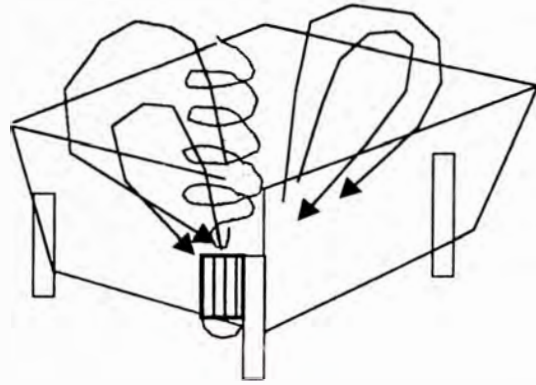
$$\text{Pot caja} = \text{Pot} \times 1.25 = 0.24 \times 1.25 = 0.30 \text{ Kw}$$

Potencia del Motor :

$$\text{Pot motor} = 0.3 \text{ Kw}$$

La potencia del motor debe ser mayor a 0.30 Kw = 0.4 Hp

TOLVA MEZCLADORA MOTOR VERTICAL INVERTIDO



4.1.2.- ELECCION DEL EQUIPO ADECUADO

Con los datos calculados, tenemos en el área de mantenimiento un motor y caja reductora con los siguientes datos, y evaluamos la posibilidad de adaptar el eje de este, al eje del tornillo:

Voltaje	: 220 – 380 V	Aceptable
Amp	: 2.01 – 1.6	Aceptable
Potencia	: 0.37 Kw	Aceptable
Rpm motor	: 1,700	Aceptable
Rpm salida de caja	: 215	Aceptable

El motor y caja cumplen con las características técnicas, el trabajo ha desarrollar en el montaje es acoplar el eje de la caja al eje del tornillo, así como fabricar una chaveta a la medida del eje de la caja, ya existente.

4.2.- SISTEMA DE TRANSPORTE DE TOLVA MEZCLADORA A SECADORA

En esta etapa se uso el efecto Venturi, fabricando un ducto en forma de te invertida colocada exactamente al costado del eje del tornillo de la tolva, para que la mezcla caiga en esta tubería y sea succionada por el vacío originado por la estrangulación del flujo de aire enviado por una sopladora, y sea arrastrada hacia el

ciclón, donde al aire pierde presión y es expulsado por la parte superior mientras que los granos caen por gravedad a la pequeña tolva de secado.

4.2.1.- CALCULO DE LA POTENCIA DE SOPLADO

Necesitamos transportar el material de consistencia granular y de densidad volumétrica de mezcla 0.5 gr/cm^3 , de la base de la tolva a 2.2 m de altura, donde ingresara al ciclón, para perder presión y caer a la tolva secadora. Necesitamos calcular la energía necesaria para mover la mezcla dicha altura, los datos que se tienen son los siguientes:

Flujo continuo

Longitud de tubería de PVC : 4.1 m

Altura a transportar : 2.2 m

Diámetro de tubería : 10 cm

Potencia para transporte (Pt) = Potencia Perdidas (Pp) + Potencia aerodinámica (Pa)

4.2.2.- CALCULO DE LA POTENCIA AERODINAMICA

$$Pa = \frac{\gamma Q H}{76} \text{ (hp)}$$

De forma experimental calculamos que se necesitan transportar 7.5 Kg/min como mínimo, para alimentar la secadora y para que esta a su vez alimente a la tolva de reposo de manera continua, hallamos el caudal que esto representa:

$$Q = \frac{m}{p} = \frac{7.5 \text{ Kg.}}{\text{min.}} \times \frac{1}{p} \quad \text{Caudal en función de densidad } p$$

$$\gamma = p \times g = 9.8 \frac{m}{s^2} \times p \quad \text{Peso específico en función de densidad } p$$

$$H = 2.2 \text{ m}$$

$$P_a = \frac{\gamma Q H}{76} \text{ (hp)} = \frac{9.8 \frac{m}{s^2} \times p \times \frac{7.5 \text{ Kg.}}{60 \text{ s}} \times \frac{1}{p} \times 2.2 \text{ m}}{76} = 2.75 \text{ hp} = 2.02 \text{ Kw}$$

De la ecuación obtenemos que la potencia aerodinámica necesaria es de 2.02 Kw, con lo cual logramos abastecer de material a la secadora de manera continua.

Calculamos la potencia de la Sopladora, para lo cual tenemos que considerar las pérdidas por fricción de la tubería que transporta el material.

$$P \text{ sopladora} = P_a \times 1.25$$

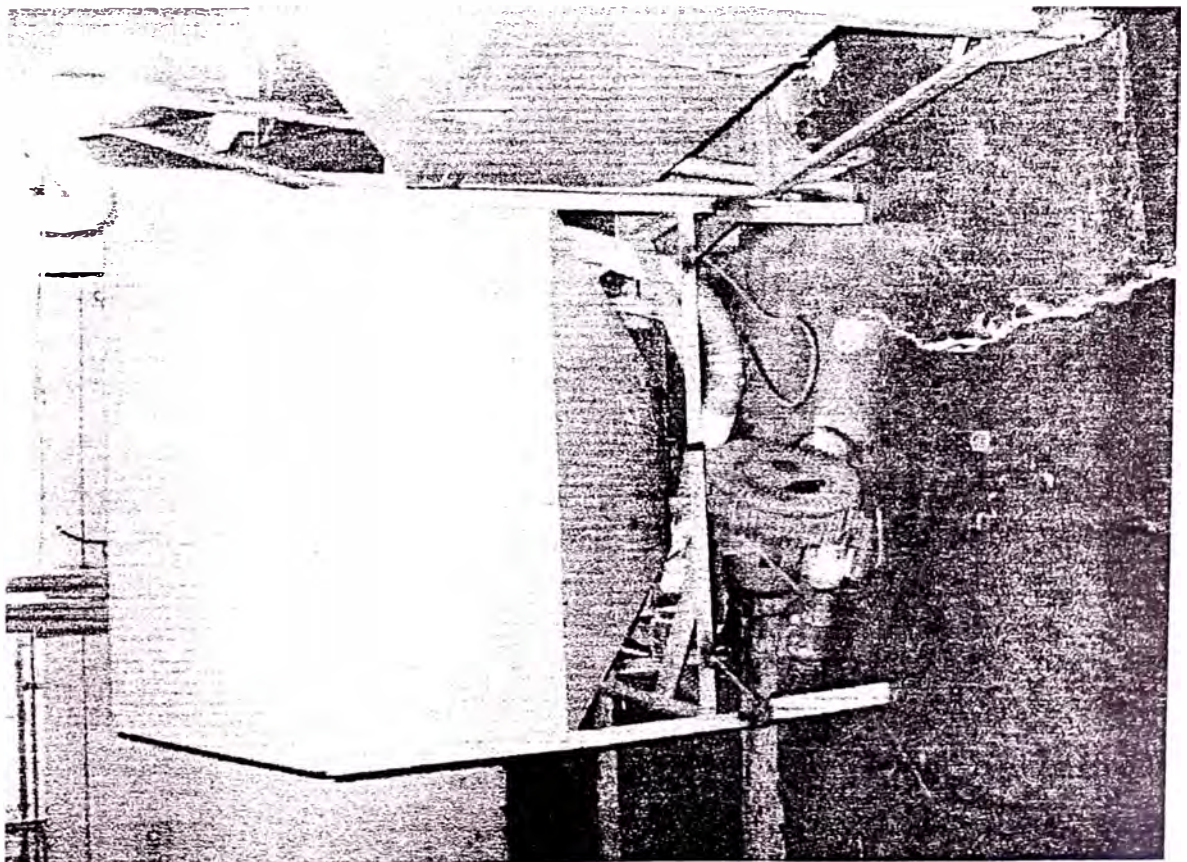
$$\mathbf{P \text{ sopladora} = 2.02 \times 1.25 = 2.52 \text{ Kw}}$$

4.2.3.- ELECCION DEL EQUIPO ADECUADO

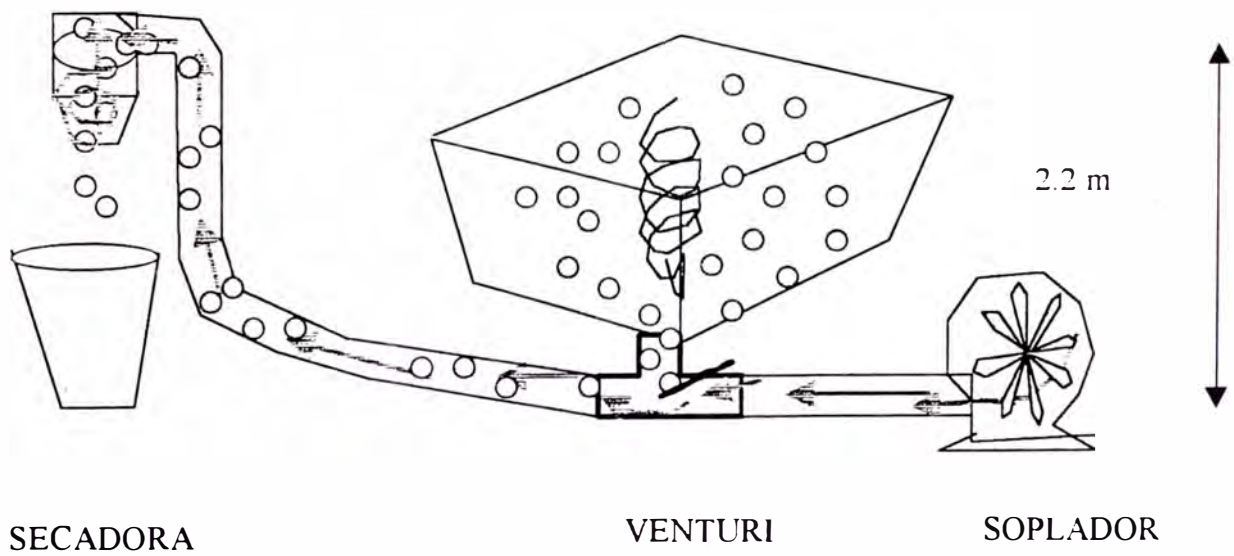
Del área de mantenimiento habilitamos un soplador con las siguientes características, y evaluamos la posibilidad de ser usada en esta parte del proyecto:

Voltaje	: 220 – 380 V	Aceptable
Amp	: 2.01 – 1.6	Aceptable
Potencia	: 3.5 Kw	Aceptable
Flujo	: 176 cfm (4.9 m ³ /min)	Aceptable
Rpm motor	: 3,460	Aceptable
Ø salida del flujo	: 2”	Aceptable

El soplador cumple con las características técnicas, el trabajo ha desarrollado en el montaje es acoplar a la tubería de salida del mismo la tubería en te para lograr el efecto Venturi, y a su vez acoplar a esta, la tubería flexible que transporte el material a la secadora.



**ESQUEMA DE MEZCLA
Y TRANSPORTE A SECADORA**



4.3.-TRANSPORTE DE EQUIPO DE SECADO A TOLVA DE REPOSO

Al caer los granos del material en la pequeña tolva del equipo secador, este sopla y también por el efecto de Venturi arrastra el material, esta vez adicionalmente mediante aire calentado por resistencias atravesadas en la tubería de salida del soplador, las cuales por inducción transportan y transfieren el calor a los granos de mezcla logrando secarlos de la humedad impregnada en ellos.

El aire a presión se eleva siguiendo la tubería hasta el ciclón donde se separa el material del aire, el material cae luego de perder su energía cinética al recorrer en círculo la pared del ciclón cayendo luego por gravedad a la tolva N° 2. El aire de la misma forma pierde su energía y sale por la parte superior del mismo.

4.4.- SISTEMA DE TRANSPORTE MEDIANTE BOMBA DE VACIO DE TOLVA DE REPOSO A TOLVAS PRINCIPALES DE MAQUINA

Para transportar la mezcla seca de la tolva de reposo, a la tolva principal (A) necesitamos una bomba de vacío para crear la succión hacia la parte superior de la tolva, en esta se deberá usar un filtro que succione solo el aire mientras que la mezcla caiga por gravedad hasta llenar la tolva. El control se realizara mediante sensores proximidad ubicados de tal manera que corten la succión en ciertos niveles.

4.4.1.- CALCULO DE LA POTENCIA AERODINAMICA

Sabiendo que debemos procesar como máximo 215 Kg/hr, calculamos la potencia necesaria de la bomba de vacío que nos garantice la alimentación suficiente de la mezcla a la tolva A, para lo cual hallamos la siguiente ecuación:

$$(1) P_{\text{bomba vacío}} = P_{\text{aerodinámica}} + \text{Sum pérdidas} = \frac{\gamma Q H}{76} + \text{Sum pérdidas (hp)}$$

El equivalente del caudal en función a la densidad es:

$$Q = \frac{215 \text{ Kg}}{\text{hr}} = \frac{215 \text{ Kg}}{\rho \cdot 3600 \text{ s}}$$

Del punto 4.1 obtenemos el Peso específico de la mezcla:

$$\gamma = \rho \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$H = 3.1 \text{ m}$$

$$P_a = \frac{\gamma Q H}{76} \text{ (hp)} = \frac{215 \text{ Kg}}{\rho \cdot 3600 \text{ s}} \times \rho \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 3.1 \text{ m} = 1.81 \text{ hp} = 1.34 \text{ Kw}$$

Para la potencia de pérdidas según ASHAE usamos:

$$P_{\text{pérdidas}} = 0.02 \frac{L}{D} \frac{C^2}{2g} = 0.02 \times \frac{6.5 \times 2^2}{0.1 \times 2 \times 9.8} = 0.26 \text{ hp}$$

Reemplazamos en la ecuación (1)

$$P_{\text{bomba de vacío}} = 1.34 + 0.26 = 1.6 \text{ hp}$$

Asumiendo eficiencia del 65%

$$P \text{ motor bomba de vacío} = \frac{P \text{ bomba de vacío}}{0.65} = 2.46 \text{ hp} = 1.85 \text{ Kw}$$

Con lo cual logramos abastecer de material a la secadora de manera continua.

4.4.2.- ELECCION DEL EQUIPO ADECUADO

De acuerdo a los cálculos tomamos la bomba de vacío de con las siguientes características, y evaluamos la posibilidad de ser usada en esta parte del proyecto:

Voltaje	: 220 – 380 V	Acceptable
Amp	: 2.01 – 1.6	Acceptable
Potencia	: 2.2 Kw	Acceptable
Flujo	: 150 cfm (4.24 m ³ /min)	Acceptable
Rpm motor	: 3,200	Acceptable
Ø salida del flujo	: 2"	Acceptable

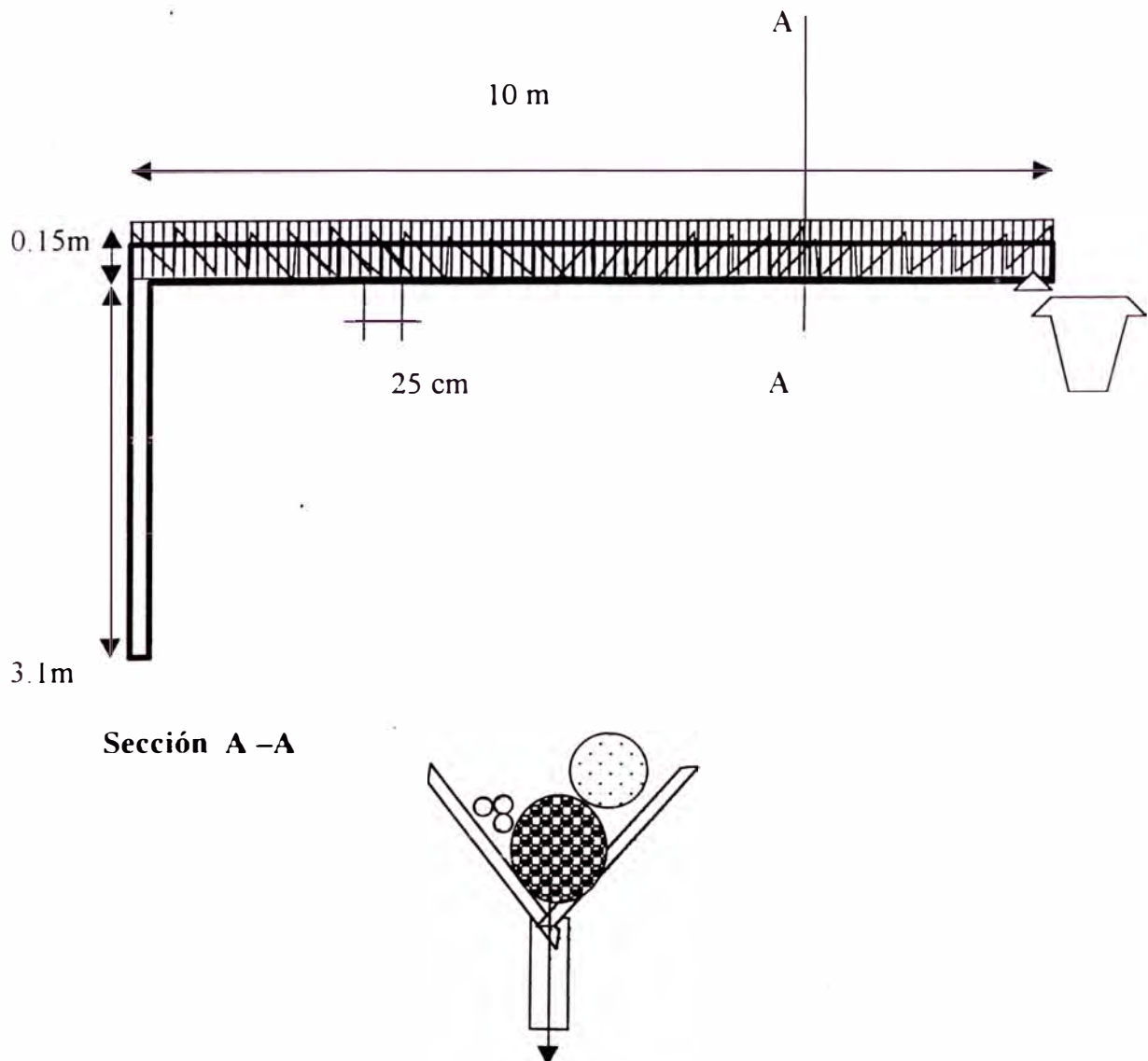
La Bomba de vacío cumple con las características técnicas, el trabajo ha desarrollar en el montaje es acoplar a la tubería de salida del mismo la tubería flexible que sale de la tolva (A).

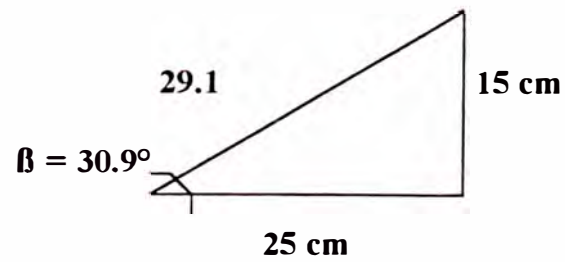
4.5.- ESTRUCTURAS DE SOPORTE

Desde la estación de mezcla a la tolva de la maquina existen 10 m lineales y 3 m de altura, para transportar el material mediante las mangueras es necesario construir un pequeña estructura metálica que pueda soportar el peso de la manguera llena de material y los cables eléctricos.

4.5.1 CALCULO ESTRUCTURALES

Desarrollamos el esquema con las cargas aplicadas a la estructura:





Metrado de Cargas

La carga es una fuerza uniformemente distribuida, cuya composición es:

W : peso de la manguera con material en el interior

W_c : peso de los cables de alimentación de energía eléctrica a los equipos de transporte

W_r : peso de la manguera de material de reproceso.

W_{est} : peso de la estructura .

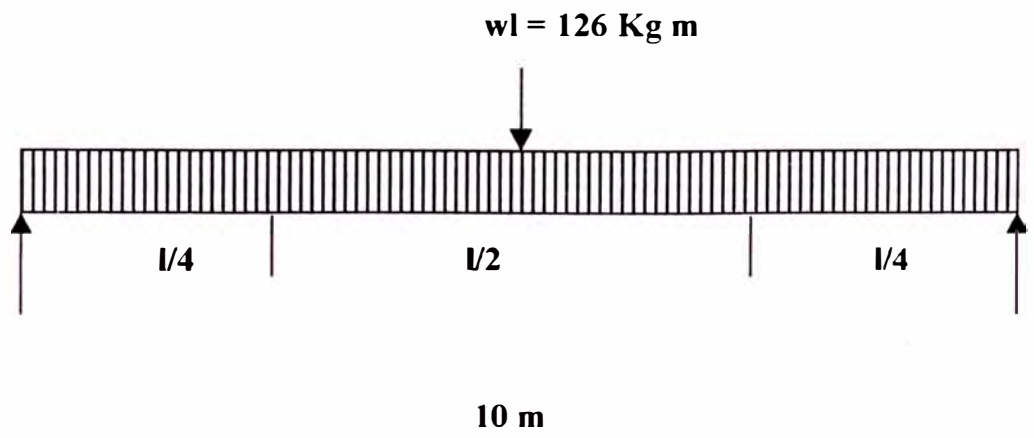
$$W = 60 \text{ Kg} \quad W/m = 6 \text{ Kg/m}$$

$$W_c = 6 \text{ Kg} \quad W_c/m = 0.6 \text{ Kg/m}$$

$$W_r = 20 \text{ Kg} \quad W_r/m = 2 \text{ Kg/m}$$

$$W_{est} = 40 \text{ Kg} \quad W_{est}/m = 4 \text{ Kg/m}$$

$$\mathbf{W \text{ total} = 12.6 \text{ Kg/m}}$$



$63 \text{ Kg m} = wl/2$

$wl/2 = 63 \text{ Kg m}$

Diagrama de momento

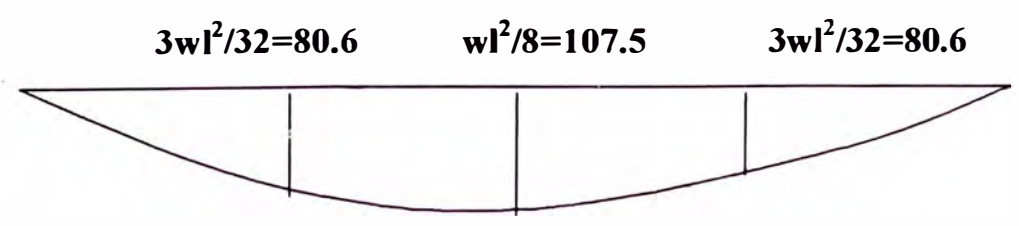
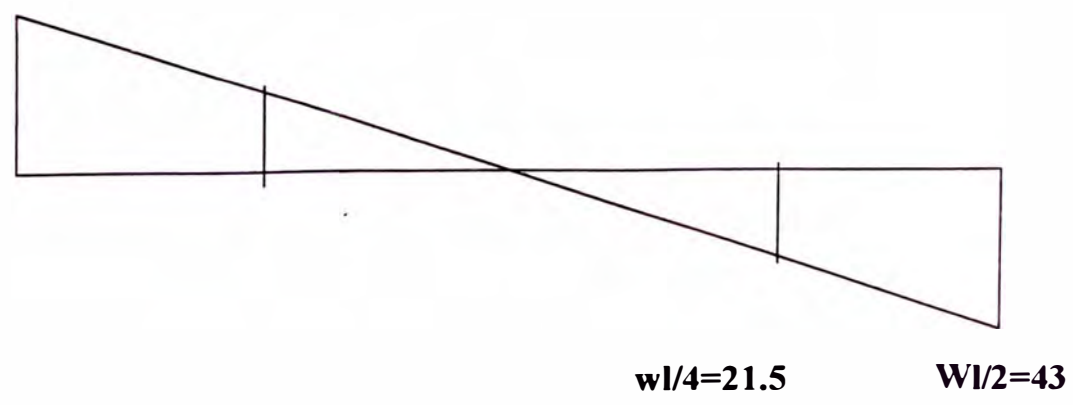


Diagrama de Corte

$Wl/2=43$

$wl/4=21.5$



Carga en tijerales o cercha		Extrema	Central
Brida superior	PBS	$3wl^2/32d$	$wl^2/8d$
Brida superior	PBS	$3wl^2/32d$	$wl^2/8d$
Diagonal	PD	$Wl/2\text{sen}\beta$	$Wl/4\text{sen}\beta$
Montante	PM	$Wl/2$	$Wl/4$

4.5.1.1 Calculo de las Fuerzas de diseño

Elementos laterales a L/4

$$P_b = 3wl^2 / 32d = 3 (126) (10)^2 / 32 (0.15) = 7875 \text{ Kg}$$

$$P_d = wl / 2\text{sen } \beta = (126) (10) / 2 (0.87) = 725 \text{ Kg}$$

$$P_m = wl / 2 = (126) (10) / 2 = 630 \text{ Kg}$$

Elementos en zona central a L/2

$$P_b = wl^2 / 8d = (126) (10)^2 / 8 (0.15) = 10500 \text{ Kg}$$

$$P_d = wl / 4\text{sen } \beta = (126) (10) / 4 (1) = 315 \text{ Kg}$$

$$P_m = wl / 4 = (126) (10) / 4 = 315 \text{ Kg}$$

Diseño de elementos de la armadura

a) extremo (L/4)

Brida superior $P_b = 7875 \text{ Kg}$ (compresión)

Longitud efectiva = $K \times L = 0.25$ ($K = 1$, $L = 0.25$)

Consideramos 2 ángulos L de 2" x 2" x 1/4" puestos como se indica



$$I_x = 1.547 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 3.697 \text{ cm}^4$$

$$\text{Area} = 12.124 \text{ cm}^2$$

$$K L / r (\text{mín.}) = 1 \times 25 / 1.547 = 16.16$$

De la tabla de tensiones normales para miembros a compresión encontramos que para 16.16 le corresponde un esfuerzo admisible de:

$$F_a = 1444 \text{ K/cm}^2$$

$$\text{Por lo tanto: } P_{ad} = 1444 \times 12.124 = 17507 \text{ Kg}$$

$$17507 \text{ Kg} > 7875 \text{ Kg}$$

El elemento esta dentro de lo admisible.

b) Brida inferior

$$\text{Brida superior} \quad P_{bi} = 7875 \text{ Kg (tracción)}$$

$$F_t = \text{esfuerzo admisible} = 0.6 F_y = 0.6 \times 2500 = 1500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_{\text{req}} = P_{bi} / F_y = 7875 / 1500 = 6.07 \text{ cm}^2$$

De la tabla de perfiles

1 1/2" x 1 1/2" x 3/16" puestos como se indica tiene :

$$A = 6.774 \text{ cm}^2$$



$$A_{\text{ángulos}} = 7.78 \text{ cm}^2 > 6.07 \text{ cm}^2$$

Cumple la condición

c) Montante

$$P_m = 630 \text{ Kg} \quad (\text{compresión})$$

$$\text{Longitud efectiva} = KL \quad (K = 1, L = 0.15)$$

De la tabla de perfiles



Para 2" x 2" x 1/4" se tiene:

$$A = 12.124 \text{ cm}^2$$

$$r_x = 1.547 \text{ cm}$$

$$r_y = 3.697 \text{ cm}$$

$$KL / r (\text{min.}) = 1 \times 15 / 1.547 = 9.69$$

De la tabla de tensiones normales para miembros a compresión encontramos

que para 9.69 le corresponde un esfuerzo admisible de:

$$F_a = 1470 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Por lo tanto: } P_{ad} = 1470 \times 12.124 = 17,822 \text{ Kg}$$

$$17822 \text{ Kg} > 630 \text{ Kg}$$

El elemento esta dentro de lo admisible.

d) Diagonal

Brida superior $P_b i = 725 \text{ Kg}$ (tracción)

$F_t = \text{esfuerzo admisible} = 0.6 F_y = 0.6 \times 2500 = 1500 \text{ Kg/cm}^2$

$$A_{\text{req}} = P_d / F_t = 725 / 1500 = 0.48 \text{ cm}^2$$

De la tabla de perfiles usando solo un ángulo

1 1/2" x 1 1/2" x 3/16" puestos como se indica tiene :

$$A = 3.38 \text{ cm}^2$$



$$A_{\text{ángulos}} = 3.38 \text{ cm}^2 > 0.48 \text{ cm}^2$$

Cumple la condición

4.6.- CIRCUITOS ELECTRICOS Y DE AUTOMATIZACION

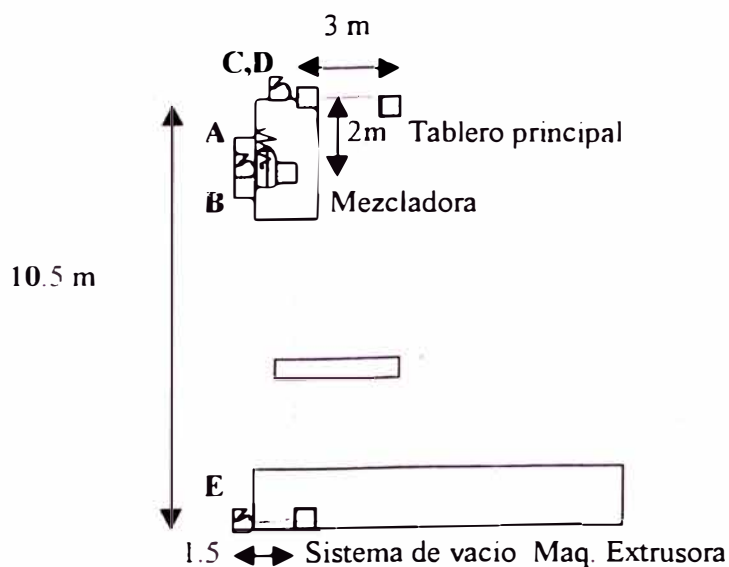
En este punto hacemos el calculo de las potencias eléctricas, el cable a usar, así como el plano de distribución de la energía entre todos los puntos de consumo del sistema de mezcla y transporte de materia prima.

4.6.1.- CALCULO DE CABLES DE ENERGÍA A USAR

Levantamos la data de los equipos existentes con sus respectivas características técnicas de placa:

EQUIPO A USAR	EFIC.	COS Ø	POTENCIA
A - Motor eléctrico de Tolva mezcladora	0.85	0.9	0.37 Kw
B - Motor eléctrico de sopladora	0.87	0.95	3.3 Kw
C - Motor eléctrico de sopladora de secado	0.78	0.85	0.6 K w
D - Resistencias eléctricas de secadora			1 Kw
E - Motor eléctrico Bomba de vacio	0.88	0.95	2.2 Kw
Potencia total consumida			7.47 Kw

Esquema simple de distribución de equipos y longitudes de cableado:



El ambiente industria reinante podría someter a los conductores a la acción de humos y humedad, por eso se ha pensado en usar cables THW, instalados en ductos para protección mecánica en la zona de mezcla y secado, mientras que para la bomba de vacío será llevado por vía aérea, mediante una estructura simple.

La tensión de generación es de 220 V, como la planta tiene producción continua durante las 24 horas del día, y que los motores pueden ser usados totalmente a la vez, usaremos el factor de demanda de 100% para los cálculos.

EQUIPO A USAR	INTENSIDAD	DIST. AL TABLERO	EFIC. n.	COS Ø	POTENCIA
A - Motor eléctrico de Tolva mezcladora	1.28 amp	5 m	0.85	0.9	0.5 HP
B - Motor eléctrico de sopladora	2.06 amp	5.5 m	0.87	0.95	4.43 HP
C - Motor eléctrico de sopladora secado	2.36 amp	3 m	0.78	0.85	0.8 HP
D – Resistencias eléctricas secadora	4.57 amp	3 m			1.35 HP
E – Motor eléctrico Bomba de vacío	7.3 amp	15 m	0.88	0.95	2.95 HP
TOTALES	17.57 amp				10.02 HP

Calculamos las I de cada uno con la formula de la potencia para instalaciones trifasicas:

$$I = \frac{746 \times \text{HP}}{1.73 \times n \times V \times \cos\emptyset}$$

Voltaje de trabajo : 220 V

Intensidad en amperios

Para el calculo de la resistencia eléctrica:

$$I = \frac{\text{Pot}}{\text{Volt}}$$

Cos \emptyset equivalente de AB:

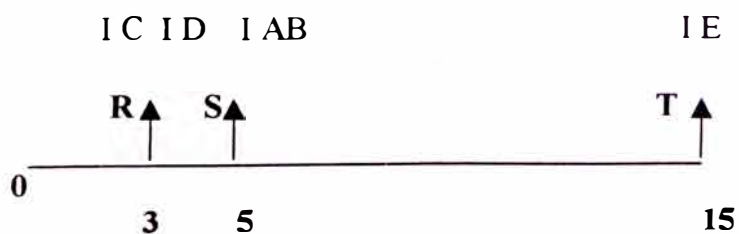
$$\text{Cos } \emptyset = \frac{1.28 \times 0.9 + 2.06 \times 0.95}{1.28 + 2.06} = \frac{1.15 + 1.957}{3.34} = \frac{3.1}{3.34} = 0.93$$

$$I_{AB} = (1.28 + 2.06) + 0.5 \times 2.06 = 4.37 \text{ amp}$$

$$I_C = (2.36) + 0.5 \times 2.36 = 3.54 \text{ amp}$$

$$I_D = 4.57 + 0.5 \times 4.57 = 6.85 \text{ amp}$$

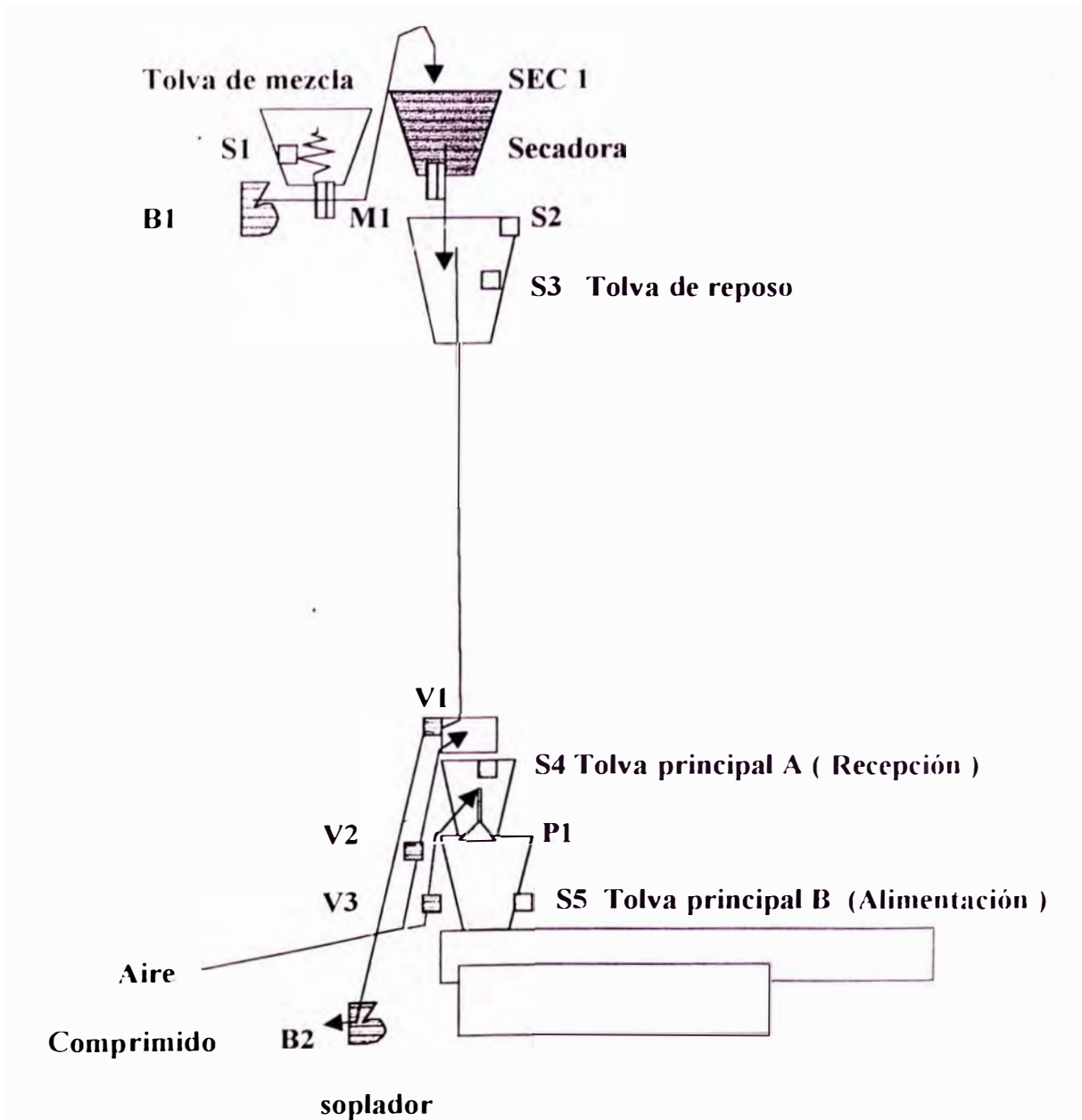
$$I_E = 7.3 + 0.5 \times 7.3 = 11.15 \text{ amp}$$





4.6.2.- DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATICO DE CONTROL

Para diseñar el sistema eléctrico de control ubicamos el esquema de la instalación con los componentes del mismo, como motores, sopladores, sensores de nivel alto y bajo, ductos, etc.:

Mezcladora



- Sensores de nivel  soplador y bomba
- motor eléctrico  tolvas
- válvula neumática

4.6.3.- SECUENCIA LOGICA DE FUNCIONAMIENTO

4.6.3.1 DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO

1.- **Tolva Mezcladora.** - En ella se instalo el motor vertical (M1) que da movimiento a través del eje al tornillo sin fin de mezcla, el soplador centrifugo (B1) esta también instalado en la base de la tolva, y mediante una tubería y un dispositivo en Te origina la depresión en la base de la tolva arrastrando así la mezcla hasta la secadora (SEC1), ambos (el tornillo sin fin y el soplador centrifugo) deben accionarse paralelamente para no mantener el flujo de material estable. En esta tolva debe controlarse el nivel bajo mediante un sensor que pare el motor del tornillo, el soplador y el secador de material, y luego haga sonar la alarma de falta de material para aumentar el material de mezcla.

2.- **Secadora.-** Recepciona la mezcla en su propia tolva, la hace pasar por una tubería secándola con el mismo aire caliente que la transporta a la tolva de reposo, ambos (soplador de secado y resistencias) se acciona en conjunto. Aquí debe haber un sensor de nivel alto para evitar sobrellenar la capacidad de esta tolva parando de

inmediato la alimentación de la tolva de mezcla, y al parar estos también debe parar la secadora.

3.- Tolva de reposo.- Recepciona la mezcla de la secadora, y la acumula hasta un cierto nivel, el cual es controlado por un sensor de nivel alto, que al activarse manda parar los equipos de mezcla (motores soplador y mezclador) y secado (soplador y resistencias eléctricas). El otro sensor de nivel bajo al activarse acciona nuevamente los equipos de mezcla y secado.

4.- Tolva principal A (recepción) .- Mediante el vacío creado por la Bomba y controlado por la electroválvula, succiona la mezcla la cual llega hasta el filtro y cae por gravedad al no poder pasar este, y al llenar la tolva un sensor debe inactivar el vacío creado apagando el motor de la Bomba de vacío.

5.- Tolva principal B (alimentación) .- Esta justo debajo de la tolva A, debe tener un sensor de nivel alto, de tal manera que permanentemente la tolva A la alimente abriendo (mediante el cilindro neumático) la compuerta que separa ambas tolvas cayendo así la mezcla por gravedad a la tolva B, este debe ser repetitivo hasta que dicho sensor se active y interrumpa la alimentación de la Tolva A apagando la Bomba de vacío. Una vez que baja el nivel de material en la tolva B se reanuda el ciclo hasta llenarlo y activar el sensor.

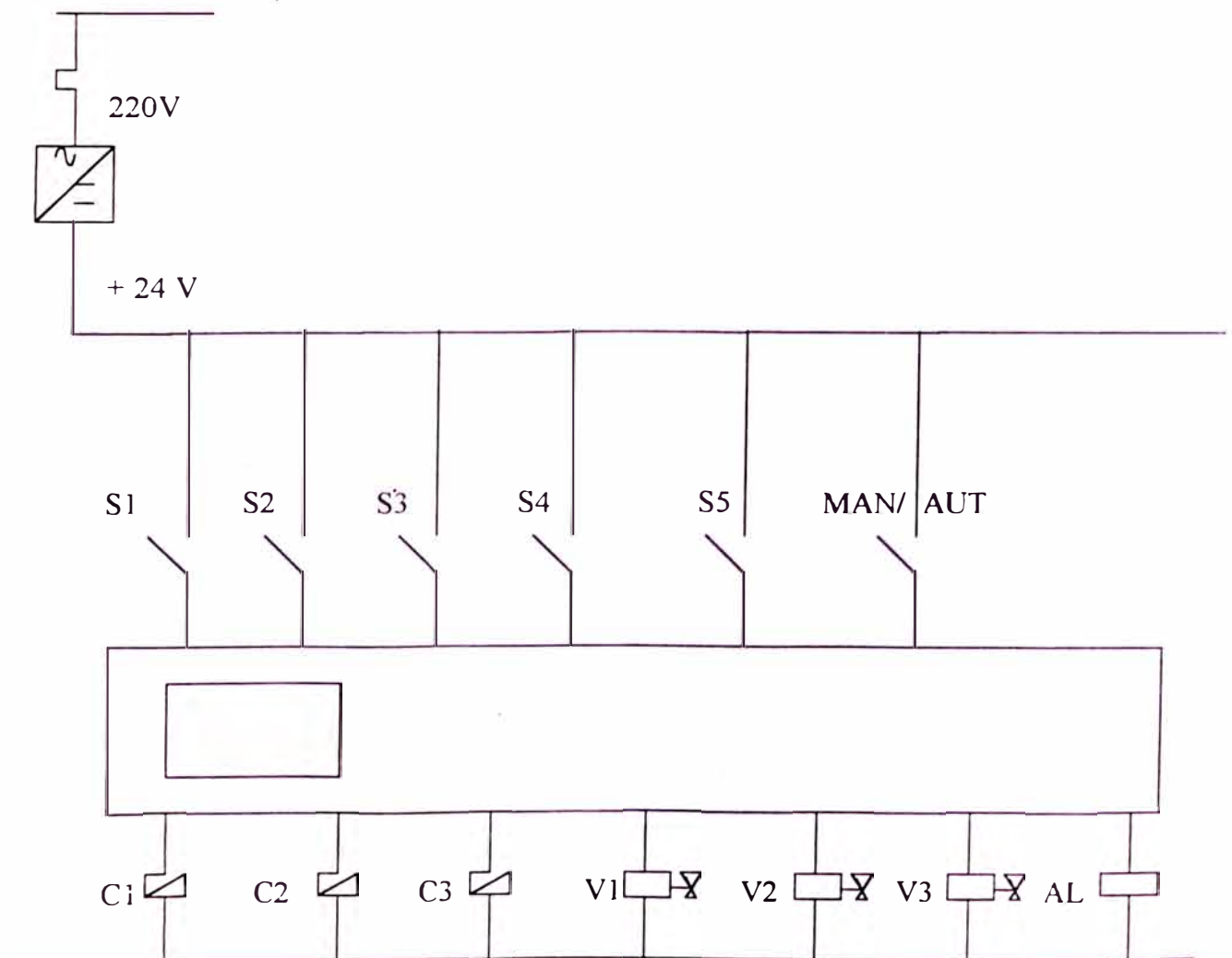
Esta tolva a su vez alimenta al tornillo extrusor de manera continua, mediante el orificio ubicado en la parte inferior de la misma, inducido por el flujo creado por el mismo tornillo.

Conociendo el funcionamiento diseñamos el circuito eléctrico de control Automático y de Potencia.

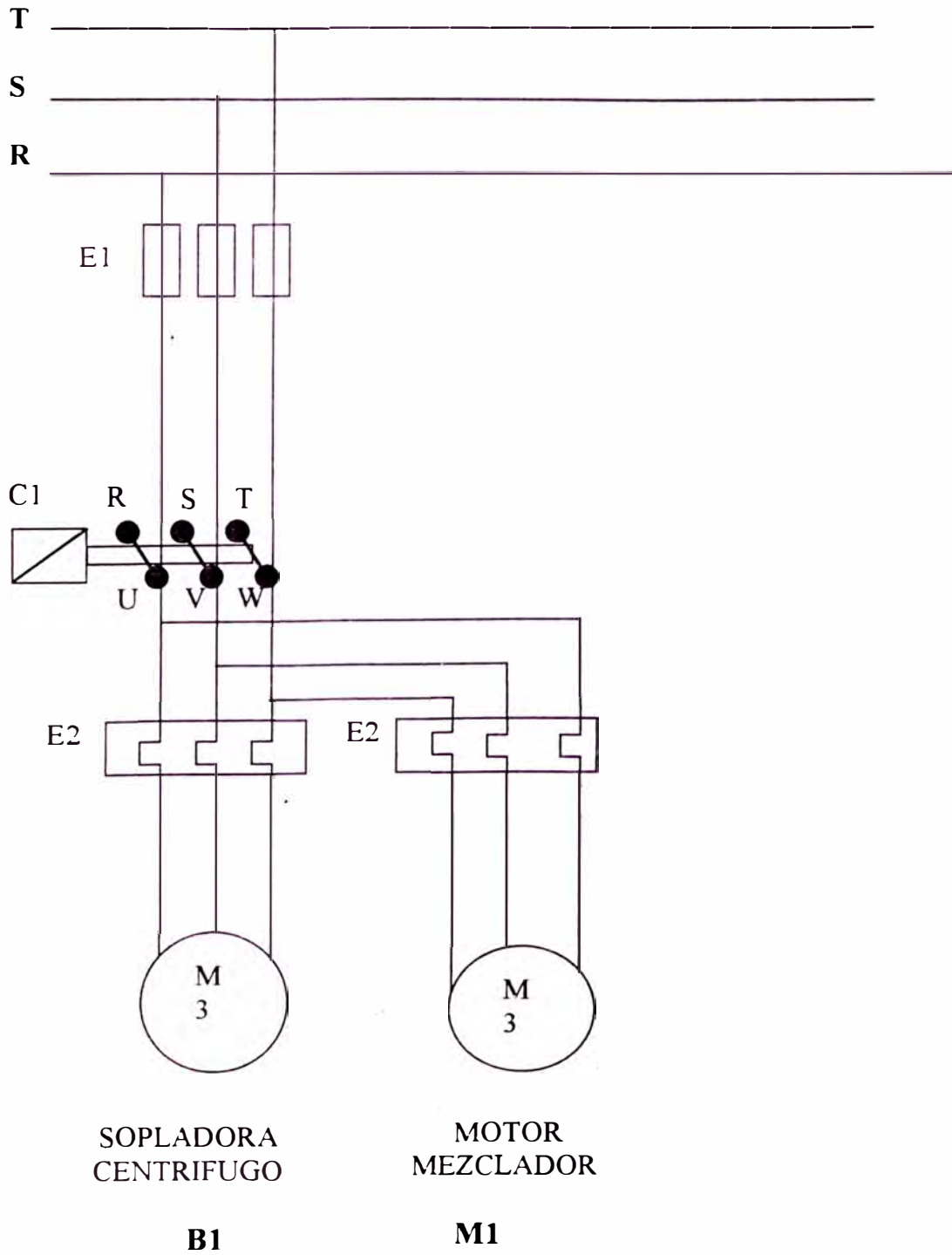
4.6.3.2.- CIRCUITO DE CONTROL

En el control de los equipos instalados se uso un PLC LOGO, el cual fue programado de acuerdo a la secuencia necesaria para el funcionamiento continuo y seguro del sistema de mezcla y transporte.

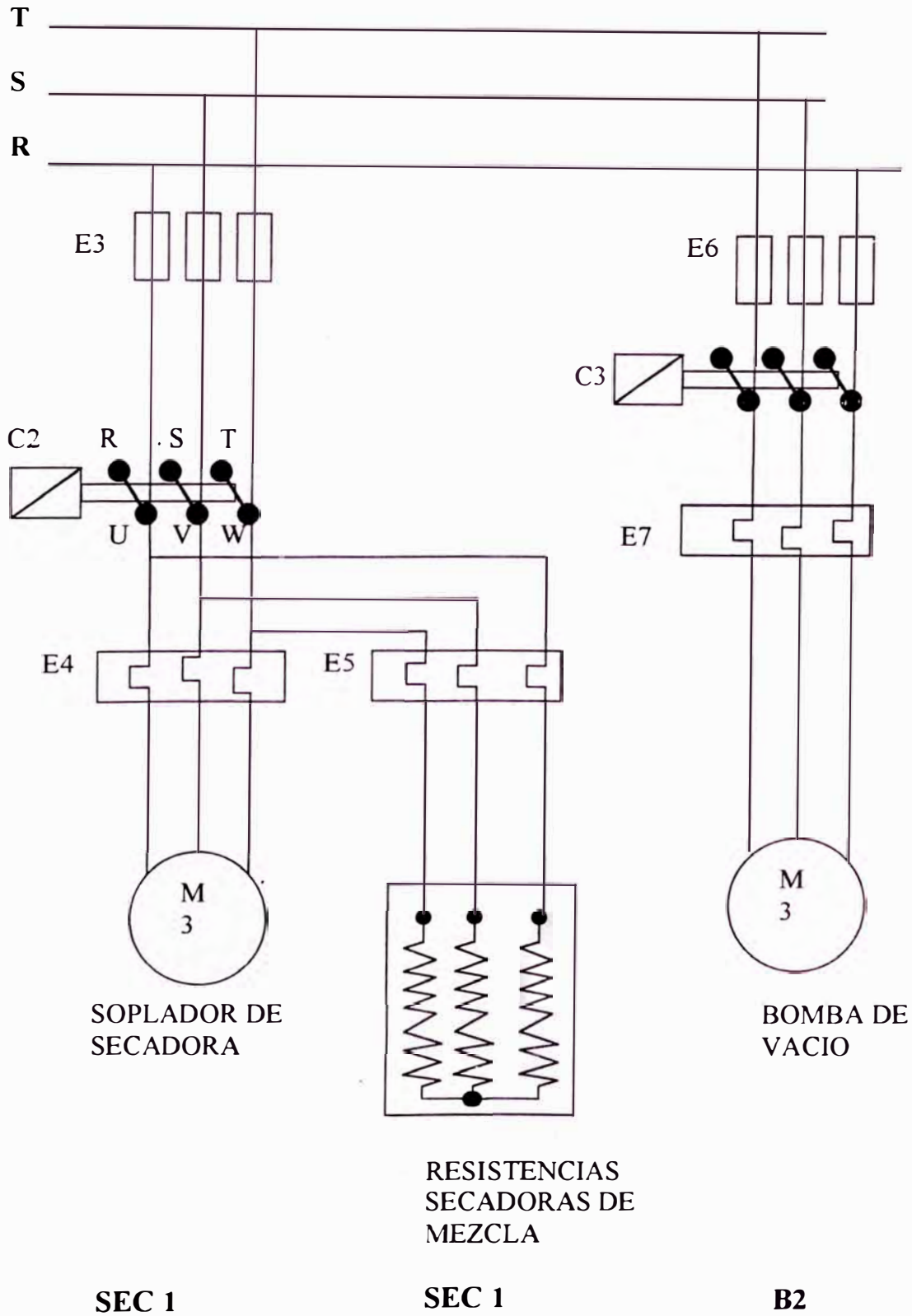
El programa es el siguiente:



4.6.3.3.- CIRCUITO DE POTENCIA SOPLADOR Y TORNILLO DE MEZCLA



4.6.6.4. CIRCUITO DE POTENCIA SECADORA Y BOMBA DE VACIO



CAPITULO V

INSTALACION Y MONTAJE

5.1.- OPERACIONES DE INSTALACIÓN Y MONTAJE DE LOS EQUIPOS

La secuencia de actividades principales del proyecto se programo de acuerdo a la prioridad y disponibilidad de recursos, se indica básicamente la actividad con sus respectivos tiempos aproximados en horas hombre, separados por componente del sistema de mezcla y transporte, y es como sigue:

ACTIVIDAD		TIEMPO H-H
TOLVA MEZCLADORA		
A	Soldadura y refuerzo de las cuatro patas de tolva mezcladora, con ángulo de 1" x ¼" x 40 cm para elevar nivel del piso y dejar espacio para el motor vertical, soldadura punto azul.	8
B	Cortar dos agujeros de 45mm Ø en la base de la tolva, con Oxiacetileno, uno para pasar el eje del tornillo mezclador y el otro para embridar el ducto de succión de la mezcla mediante el efecto Venturi.	2
C	Instalación del tornillo y motor vertical en la Tolva de mezclado y aseguramiento mediante brida de 8 pernos M6 x 30 mm de equipo en el agujero de la plataforma inferior.	10
D	Cableado e instalación eléctrica del motor del tornillo de mezclado, pulsador y térmico de 10 amp.	3
E	Cableado e Instalación eléctrica del motor de la sopladora, pulsador y térmico de protección de 10 amp.	3
F	Fabricación con soldadura inoxidable de tubería en Te de 4" Ø de 20 cm x 10cm, ranurada oblicuamente a la tubería principal 8 cm , esta para inserción de placa estranguladora de aire, con toma para mangueras a ambos lados, y pulido superficial.	15
G	Embridado de la tubería en te para succión de mezcla en la parte inferior de la tolva, y conexión con tuberías de aire de sopladora a equipo secador .	3
H	Soldadura de planchas de cubierta en forma de tronco de pirámide y puertas para alimentación de materiales, aislamiento de polvillo producto de mezcla de materiales.	20
Total de horas		64

TOLVA DE REPOSO		
I	Soldadura de planchas de cubierta en forma de tronco de pirámide y puertas para alimentación de materiales, aislamiento de polvillo producto de mezcla de materiales.	20
J	Soldadura de ruedas en las cuatro patas de la tolva para facilidad de movimiento y limpieza del area	5
K	Realizar agujero de 20 cm x 20 cm con tapa corrediza sobre guías metálicas en la parte inferior de la Tolva para permitir limpieza y purga de residuos de material.	5
Total de horas		30

ESTRUCTURA DE SOPORTE		
L	Preparación y Corte de los elementos de la estructura de soporte, en sus diferentes longitudes: 4 ángulos de 1" x ¼" x 310 cm, 3 ángulos de 1" x ¼" x 900 cm, 3 de 1" x ¼" x 100 cm para completar vigas de 10 m, 50 ángulos de 1" x ¼" x 15 cm para tijerales de estructuras de soporte y viga.	8
M	Soldadura con punto azul de ambas estructuras, lijado, y pulido general de las superficies	6
N	Pintado general con base y pintura esmalte anticorrosiva, luego de lo cual deberá reposar para secado	12
O	Picado y vaciado de cimentación de anclaje de pernos para columna fijar la columna.	12
P	Anclaje de la columna sobre base empernada en cemento y montaje de la viga superior entre columna y tolva de alimentacion a maquina	6
Total de horas		44

TOLVAS PRINCIPALES DE MAQUINA		
P	Montaje y anclaje con pernos pasantes M8 x 50mm en maquina de la Tolva principal de alimentación (B), sobre plataforma destinada a la tolva	2
Q	Perforar 04 agujeros de 6 mm Ø para anclaje, y centrado agujero de 4" Ø para conexión entre tolvas, luego Montaje y anclaje con pernos M6 x 30 mm sobre la Tolva (B) de la Tolva de recepción (A), mediante los agujeros perforados para ello.	8
R	Instalación de la Bomba de vacio con sus respectivas tuberías de succión hacia la Tolva (A) y desde la Tolva de reposo, atravez de la estructura de soporte	3
S	Instalación eléctrica de la Bomba de vacio y la electro válvulas de la Tolva de recepción (A)	4
T	Instalación eléctrica del tablero de control y los sensores de nivel en todo el sistema de acuerdo al plano de instalación.	20
U	Prueba general de Operación de los componentes y el sistema en general, en vacio y con carga.	10
	Total de horas	47
TOTAL HORAS HOMBRE DE INSTALACIÓN Y MONTAJE		185

5.2.- DIAGRAMA GANTT DE LA INSTALACIÓN Y MONTAJE

Se indican en días hábiles, desde el momento que se cuenta con todos los insumos, materiales, mano de obra y equipos necesarios.

Dia Act	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	H H	Nº Op
A	█														8	1
B		█													2	1
C		█													10	2
D			█												3	1
E			█												3	1
F	█	█													15	1
G		█													3	1
H			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	20	2
I	█	█	█												20	2
J			█												5	1
K				█	█										8	1
L					█	█									6	1
M						█	█	█	█	█					12	1
N							█								2	1
O								█	█						6	1
P									█						2	1
Q										█	█				8	1
R											█	█			3	1
S												█	█		4	1
T													█	█	20	1
U														█	10	1

5.3.- CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA

Describimos las principales consideraciones para el correcto montaje de los equipos y mecanismos:

5.3.1.- MONTAJE DE MOTOR MEZCLADOR.-

Se Cortaron dos agujeros de 45mm Ø en la base de la tolva, con Oxiacetileno, ubicados uno en la intersección de las diagonales, y el otro a 3 cm del mismo. Atravez del central pasar el eje del tornillo mezclador, el cual sale de la caja reductora, asegurándose a la tolva mediante un empernado de 8 pernos M6 x 30 mm y el ducto de succión embridado al otro agujero para succión de la mezcla mediante el efecto Venturi. El tornillo mezclador debe ser montado al eje y asegurado mediante prisioneros de sujeción. Una vez instalada la parte mecánica, se procede ha hacer la instalación eléctrica iniciando el cableado del motor vertical del tornillo mezclador, el pulsador de arranque y el térmico del motor.

La tubería en te debe ser roscada en la parte superior que va ha ser sujeta da al agujero, mediante dos tuercas, uno a cada lado de la plancha de la base de la tolva, y sus respectivas contratuercas, para fijar la tubería. El soplador que debe ubicarse a un metro de la tubería debe conectarse en la salida a la manguera de 2" Ø mediante presión y abrazaderas, y al otro lado sujeto a la tubería en te de la misma manera.

Luego proceder con la Instalación eléctrica del motor de la sopladora, pulsador y térmico de protección de 10 amp.

5.3.2.- MONTAJE DE ESTRUCTURA DE SOPORTE

Para construir la estructura metálica de soporte de los cables y tuberías de transporte de material. se prepara primero las partes o tijerales de la estructura, cortando los ángulos de 1" x ¼" x 900 cm, 50 unidades de 15cm cada una. y tres ángulos de 310 cm. Se suelda los tijerales a las tres vigas principales en v. usando soldadura eléctrica y material de aporte punto azul

Picado de un agujero de 30 x 30 x 50cm de profundidad y vaciado de mezcla de cemento para anclaje de cuatro pernos de ¼" Ø x 100 mm con 40 cm fuera del nivel del piso.

Una vez seca la mezcla se insertan las cuatro patas de la columna que tienen soldadas ya una pestaña con agujero central en cada pata, colocando una arandela de presión y una tuerca y contratuerca en cada pata.

En la parte superior, la viga debe ser soldada a cada pata, mientras que un ángulo de la viga a dos puntas de la columna.

5.3.3.- MONTAJE DE TOLVAS DE MAQUINA

Para el montaje y anclaje de las tolvas sobre la maquina extrusora se ha colocado un soporte metálico en la tovera de ingreso al cilindro de plastificación, con pernos pasantes M8 x 50mm

La tolva de mayor volumen es colocada primero, y sobre la tapa se cocloca la tolva de menor volumen, anclada en 04 agujeros de 6 mm Ø, y centrado en el agujero central de 4" Ø para conexión entre tolvas.

Se instala adicionalmente el ingreso de aire comprimido para limpieza de filtros, las mangueras de llegada de material y la succión de vacío, las válvulas neumáticas que comandan la apertura y cierre de la succión.

Instalación eléctrica del tablero de control y los sensores de nivel en todo el sistema de acuerdo al plano de instalación, la alimentacion principal, el tablero físico, y el PLC instalado en el circuito.

Finalmente se realiza la prueba general de Operación de los componentes y el sistema en general, en vacío y con carga.

CAPITULO VI

ANALISIS ECONOMICO

6.1.- COSTOS GENERALES DEL PROYECTO

El proyecto es desarrollado por la Planta de Termoformado, y en su mayor parte ha sido necesario utilizar equipos en desuso, y/o existentes en stand by en el área de mantenimiento, previo mantenimiento y/o reparación de los mismos.

Las partes Tangibles y/o accesorios que se ha necesitado comprar se detalla a continuación:

DESCRIPCION	Unidad	Cant.	COSTO Unit (\$)	COSTO TOTAL
Manguera de fibra sintética transparente de 3"Ø	m	20	12	240
Ángulo de Fe de 1" x 1/4 "	Un	10	10	100
Soldadura Punto Azul 631011	Un	29	0.2	5.8
Cable N° 16	m	80	0.5	40
Cerrado hermético de tolvas de reposo y mezcla	Un	2	175	350
Llaves protectoras térmicas de motor de 10 amp max.	Un	3	25	75
Sensores magnéticos de nivel inferior y superior, para 24 Volt cc	Un	6	22.5	135
Tornillo y Motor eléctrico de Tolva mezcladora de ½ HP	Un	1	250	250
Motor eléctrico y Sopladora de 4HP	Un	1	320	320
Motor eléctrico y Bomba de vacío de 3 HP	Un	1	380	380
Válvula neumática y pistón para accionamiento de tolva (A)	Un	1	120	120
Contactores de control y potencia	Un	6	25	150
TOTALES				\$ 2,165.8

Los costos indicados no involucran costos directos ni indirectos de mano de obra, porque la utilizada esta implícita en los costos del departamento, así como el uso de herramientas y uso de equipos.

6.2.- CALCULO DE LOS AHORROS PROYECTADOS

Entre los principales ahorros proyectados tenemos:

1.- El ahorro en horas hombre por el proceso de mezcla y transporte

SITUACION INICIAL				
NUMERO DE OPERARIOS	U. M.	SUELDO BASICO / DIA	COSTO BASICO MAS CARGA SOCIAL / MES	COSTO TOTAL AÑUAL
1 OPERARIOS	S/	38.0	2,051.9	28,727.9
	\$	12.2	661.9	9,267.1
6 OPERARIOS	\$	73.5	3,969.0	55,566.0
SITUACION FINAL				
3 OPERARIOS	\$	36.7	1,984.5	27,783.0
AHORRO PROYECTADO				
AHORRO ANUAL TOTAL			\$ 27,783.0	S/ 86,127.3

Para el calculo anual del costo por operario se multiplica al sueldo básico por día los treinta días por mes y por el 80% de costos sociales que involucran, movilidad, refrigerios, detergentes, uniformes, capacitación, quinquenio, cts, vacaciones, entre otros beneficios sociales.

2.- Reducción de horas hombre por actividades de pesado y manipuleo de molinos de refileros laterales de las bobinas, reprocesándose todo al 100% de forma automática mediante un FeedBack, transportándose este molido mediante el flujo de aire de un soplador centrífugo instalado a la salida del molino, hasta la tolva de reposo, donde cae del ciclón por gravedad, mezclándose aquí con el material e ingresando así nuevamente al proceso.

6.3.- COSTOS DE OPERACIÓN

Son los costos en los cuales se deben incurrir para el normal funcionamiento del proyecto, los principales son:

COSTOS DE MANO DE OBRA.-

No existe y no se considera costo de mano de obra, porque el sistema automatizado no lo requiere.

6.3.1.- ENERGÍA ELÉCTRICA.-

Calculamos el tiempo de uso por día para hallar los Kw-hr y así obtener su respectivo costo de acuerdo a la tarifa vigente.

EQUIPO A USAR	POTENCIA	USO hr/día	CONSUMO Kw –hr/día	COSTO S/0.5/Kw-hr
A – Motor eléctrico de Tolva mezcladora	0.37 Kw	8	2.96	
B – Motor eléctrico de sopladora	3.3 Kw	8	26.4	

C – Motor eléctrico de sopladora de secado	0.6 K w	8	4.8	
D – Resistencias eléctricas de secadora	1 Kw	8	8	
E – Motor eléctrico Bomba de vacio	2.2 Kw	12	26.4	
Potencia total consumida	7.47 Kw		68.56	<u>S/ 34.28</u> Día

$$\text{Costo por Energía Eléctrica} = \frac{360 \times 34.28}{3.1} = \frac{12340.8}{3.1} = \underline{\underline{\$ 3980.9}} \text{ Año}$$

6.3.2.- MANTENIMIENTO DE EQUIPOS.-

Se considera un costo anual aproximado por mantenimiento preventivo y correctivo principalmente de los motores, sopladores y tableros eléctricos de:

$$\underline{\underline{\$ 500.0}}$$

Año

6.3.3.- DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS.-

Se considera la depreciación de los bienes tangibles de forma lineal, durante los cinco años de vida útil del proyecto:

$$\text{Costo del proyecto} = \$ 2,165.8$$

$$\text{Vida útil} = 5 \text{ años}$$

$$\text{Costo anual aproximado por depreciación} : = \frac{\$ 2,165.8}{5} = \underline{\underline{\$ 433.14}} \text{ Año}$$

6.4.- VALOR ACTUAL NETO

El Beneficio neto anual de cada periodo debe ser actualizado al presente a través de una tasa de descuento estimada para compararlo con la inversión y así poder evaluar la factibilidad del proyecto.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1 + COK)^t}$$

BN : Beneficio neto del proyecto, Sumatoria del ahorro neto obtenido menos los costos de operación, que resultan del consumo de energía eléctrica, la depreciación y el mantenimiento de equipos, todos ellos anualizados que ascienden a la suma de: **\$ 4,914**. El total ahorrado se ve disminuido en esta cantidad obteniéndose la suma anual de Beneficio Neto:

$$BN = 27783 - 4914 = \underline{\underline{\$ 22,869}}$$

año

COK : Consideramos una tasa de descuento del orden del 10% que es lo mínimo que se espera conseguir del dinero usado para el proyecto, respecto al interés bancario pasivo.

t : Numero de periodo tomados anualmente

n: Vida útil estimada del proyecto que es de Cinco años, tiempo en el cual se habrá depreciado los equipos usados en el proyecto

$$\text{VAN} = \frac{-2,165.8}{(1+0.1)^0} + \frac{22,869}{(1+0.1)^1} + \frac{22,869}{(1+0.1)^2} + \frac{22,869}{(1+0.1)^3} + \frac{22,869}{(1+0.1)^4} + \frac{22,869}{(1+0.1)^5}$$

$$\text{VAN} = -2,165.8 + 20,790 + 18,900 + 17,181 + 15,620 + 14,199$$

$$\boxed{\text{VAN} = + 84,525.7}$$

6.5.- TASA INTERNA DE RETORNO

El proyecto debe ser aceptado si la TIR es mayor que la tasa de rentabilidad mínima fijada por la empresa. Con los datos obtenidos calculamos la TIR del proyecto de la siguiente manera.

$$\text{VAN} = \sum_{t=0}^n \frac{\text{BN}_t}{(1 + \text{TIR})^t} = 0$$

$$\text{VAN} = \frac{-2,165.8}{(1+\text{TIR})^0} + \frac{22,869}{(1+\text{TIR})^1} + \frac{22,869}{(1+\text{TIR})^2} + \frac{22,869}{(1+\text{TIR})^3} + \frac{22,869}{(1+\text{TIR})^4} + \frac{22,869}{(1+\text{TIR})^5} = 0$$

El calculo se desarrolla mediante aproximaciones, para lo cual se calculan los VAN a dos tasas de descuento distintas, de modo tal que una arroje valor positivo, y el otro negativo, para que mediante interpolación se pueda hallar la TIR que hace la VAN igual a cero, para nuestro proyecto obtenemos la siguiente mediante el software:

$$\mathbf{TIR = 10.56 \%}$$

Para utilidad constante a lo largo de los años (como este caso) también se puede considerar la siguiente formula para su calculo:

$$TIR = \frac{\text{Utilidad Anual}}{\text{Monto de Inversión}}$$

$$TIR = \frac{22,869}{2,165.8} = 10.55 \%$$

6.6.- TIEMPO DE RECUPERO DE CAPITAL

Lapso de tiempo en el que la sumatoria de los valores actualizados de los beneficios netos iguala a la inversión del proyecto, o el tiempo necesario para recuperar la inversión es de:

$$RC = \frac{\text{Monto de la Inversión}}{\text{Utilidad Anual}}$$

$$RC = \frac{2,165.8}{22,869} = 0.094 \times 12 \text{ meses} = \mathbf{1.13 \text{ meses}}$$

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- 1.- El proyecto logró las metas previstas, el ahorro anual a la empresa es del orden de \$ 27,783 en el uso de horas hombre, actualmente un solo operador monitorea los procesos de mezcla, transporte y control de la extrusión

- 2.- El sistema mejoró considerablemente la calidad de la mezcla, lográndose homogeneidad en el color del producto, así como la consistencia en el suministro del mismo

- 3.- El sistema mejoró considerablemente la eficiencia del proceso, la automatización usada marcó el cambio de la tecnología, aumentando así la capacidad de producción de la planta de termoformado. El indicador de eficiencia paso de 75% en promedio a 85% por solucionar los problemas de parada por mezclas manuales mal echas.

- 4.- Se logró la cohesión y el trabajo en equipo del personal de extrusión, que permanentemente colaboró en el proyecto.

BIBLIOGRAFIA

1.- DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO

ING. ORTEGA GARCIA, Juan

Editorial “ Imprentas San German”

Primera Edición, 1993

2.- MOTORES ELECTRICOS APLICACIÓN INDUSTRIAL

ING. ROLDAN VILORIA, José

Editorial “ F. Gonzales”

Segunda Edición, 1994

3.- DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS

ING. HORI ASANO, Juan

Editorial “ San Carlos”

Primera Edición, 1988

4.- MECANICA DE LOS FLUIDOS

ING. UGARTE PALACIN, Francisco

Editorial “ San Marcos”

Primera Edición, 1991

5.- PROYECTOS DE INVERSIÓN

CARBAJAL D'ANGELO Francis

Editorial “ Imprentas Unidas SA”

Primera Edición, 1994

6.- ENVASES Y EMBALAJES DE PLASTICO

KUHNE , gustavo

Editorial “ Gustavo Gilli S.A.”

Primera Edición, 1987