

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA

PLANEACION Y PROGRAMA DE LA INSTALACION  
DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA FABRICACION  
DE TABLEROS AGLOMERADOS

T E S I S  
Que para obtener el Título de  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A N

AGUILAR  
HERNANDEZ

QUIROZ  
MENDEZ

HECTOR  
GABRIEL



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CLAS Tesis 1977  
CDE M-7  
FECHA \_\_\_\_\_  
PRC \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

PLANIFICACION Y PROYECTO DE LA FABRICACION  
DE UNA PLANTA PRODUCTORA PARA LA FABRICACION  
DE FERTILIZANTES



1977

QUIMICA

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA:

PRESIDENTE: QUIM. JULIO TERAN ZAVALA  
V O C A L: ING. QUIM. FERNANDO ITURBE HERMANN  
SECRETARIO: ING. QUIM. GUILLERMO ALCAYDE LACORTE  
1er. SUPLENTE: ING. QUIM. ROLANDO A. BARRON RUIZ  
2do. SUPLENTE: QUIM. MARGARITA GONZALEZ TERAN

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

CENTRO DE INVESTIGACION DE MATERIALES, U.N.A.M.

SUSTENTANTE:

HECTOR AGUILAR QUIROZ

SUSTENTANTE:

GABRIEL HERNANDEZ MENDEZ

ASESOR DEL TEMA:

ING. GUILLERMO ALCAYDE LACORTE

SUPERVISOR TECNICO: ING. EDUARDO VALADEZ CUENCA

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

A LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

AL CENTRO DE INVESTIGACION DE MATERIALES Y A TODO EL  
PERSONAL QUE NOS BRINDO SU COLABORACION PARA LA  
REALIZACION DEL PRESENTE TRABAJO.

A LOS INGS. GUILLERMO ALCAYDE L. Y EDUARDO VALADEZ C.

**·A MI ABUELITA:**

**SRA. CONCEPCION JIMENEZ P.  
MI MAS GRANDE RESPETO Y ADMIRA  
CION POR SU INMENZA AYUDA, CARINO  
Y COMPRESION.**

**A MIS TIOS:**

**ANTONIO  
CATALINA  
MEREGILDO**

**POR LA CONFIANZA QUE  
DEPOSITARON EN MI.**

A MIS PADRES:

FRANCISCO  
ELVIA

CON INMENSA GRATITUD POR EL  
IMPULSO CONSTANTE PROPORCIONADO.

A MIS HERMANOS

CONCEPCION  
CARMEN  
GUADALUPE  
FELIPE  
EMILIO  
MARIA  
JOSEFA

A MIS AMIGOS.

A MI NOVIA:  
MARTHA MEDINA O.

CON AMOR Y CARIÑO POR SU  
ETERNO APOYO EN LA CONCLUSION  
DE MI MAS GRANDE ANHELO.

# I N D I C E

	Págs.
1. INTRODUCCION.	1
1.1. Producción maderable en México.	1
1.2. El tablero aglomerado como sustituto.	2
1.3. Demanda de los tableros aglomerados.	3
1.4. Excedentes agrícolas.	3
1.5. Perspectivas favorables.	5
1.6. Procesos existentes en la producción de tableros.	5
1.7. Planta piloto para la elaboración de tableros aglomerados.	6
1.7.1. Diagrama de flujo.	10
2. OBJETIVOS.	14
2.1. Planeación	14
2.2. Programación.	14
2.3. Control.	14
2.4. Instalación de la planta piloto.	15
2.5. Operación.	15

3.	GENERALIDADES.	16
3.1.	Generalidades sobre el manejo de proyectos.	16
3.2.	Estructura del desglosamiento analítico del proyecto.	17
3.3.	Gráfica de Gantt.	22
3.4.	Red de actividades (PERT/CPM.)	26
3.4.1.	Programación del proyecto.	28
3.4.2.	Construcción del diagrama de flechas.	29
3.5.	Diagrama de responsabilidad lineal.	36
4.	SECUENCIA OPERATIVA.	39
4.1.	Análisis de la información.	40
4.2.	Estructura.	42
4.2.1.	Cálculos de las estructuras.	43
4.2.2.	Elaboración de los planos.	45
4.2.3.	Cotización y mecanismo de compra del material.	52
4.2.4.	Construcción.	55
4.2.4.1.	Aspectos sobre seguridad e higiene industrial durante la construcción.	58
4.3.	Instalación de los equipos.	59

4. 3. 1.	Anclaje del equipo.	60
4. 3. 2.	Montaje.	62
4. 4.	Instalación neumática.	63
4. 4. 1	Relocalización de la ductería.	64
4. 4. 2.	Cálculo del extractor.	65
4. 4. 3.	Especificaciones del equipo adquirido.	68
4. 4. 4.	Adaptación de la ductería, plano de localización.	69
4. 4. 5	Cotización y compra de material y equipo.	71
4. 4. 6.	Instalación del transportador neumático	72
4. 5.	Protección de las superficies exteriores del equipo e instalaciones.	75
4. 5. 1.	Aspectos sobre la función del color en la seguridad.	75
4. 5. 2.	Selección, compra y ejecución de la pintura.	77
4. 6.	Instalación eléctrica .	78
4. 6. 1.	Estudio preliminar.	79
4. 6. 2.	Ejecución de la electrificación.	79
4. 6. 3.	Aspectos sobre la instalación eléctrica.	80
4. 6. 4.	Información técnica proporcionada.	81
4. 7.	Notas finales sobre la construcción.	86
4. 7. 1.	Toneladas de equipo instalado	86
4. 7. 2.	Kilogramos de perfiles estructurales.	87

4.7.3.	Consumo de electrodos utilizados en soldadura.	87
4.7.4.	Potencia consumida en los equipos instalados.	88
4.7.5.	Capital invertido en la instalación.	89
4.7.6.	Secuencia fotográfica de los avances de la planta piloto.	90
4.8.	Aspectos generales sobre la materia prima.	98
4.8.1.	Adhesivos más usados en los tableros aglomerados.	99
4.8.1.1.	Resinas de urea-formaldehido.	99
4.8.1.2.	Melamina-urea-formaldehido concentrada.	105
4.8.1.3.	Resinas fenólicas.	106
4.8.2.	Aditivos usados en los tableros.	119
4.8.2.1.	Repelencia al agua.	120
4.8.2.2.	Fungicidas e insecticidas.	121
4.8.2.3.	Retardantes de fuego.	121
4.8.3.	Control de calidad del producto terminado.	123
4.9.	Funcionamiento de los equipos y sus características de operación.	126
4.9.1.	Molino tipo Bauer.	129
4.9.2.	Secador rápido.	133

4.9.3.	Separador por tamaño de partícula	136
4.9.4.	Mezclador continuo sólido-líquido.	138
4.9.5.	Formador del colchón ("mat-former")	141
4.9.6.	Prensa hidráulica.	143
4.9.7.	Equipos auxiliares.	153
4.9.7.1.	Carro alimentador.	153
4.9.7.2.	Sistema de transporte neumático	154
4.9.8.	Características de operación.	155
4.9.9.	Mantenimiento y lubricación del equipo.	162
4.10.	Breve manual de operación.	170
4.10.1.	Actividades comunes al proceso.	170
4.10.2.	Molino Bauer.	173
4.10.3.	Secador rotatorio.	176
4.10.4.	Clasificador.	179
4.10.5.	Mezclador de resina.	180
4.10.6.	Formador del colchón.	181
4.10.7.	Prensa hidráulica.	182
5.	CONCLUSIONES.	186
5.1.	Planeación.	186
5.2.	Programación.	187
5.3.	Versatilidad y proyección a futuro.	192
6.	BIBLIOGRAFIA.	194

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. PRODUCCION MADERABLE EN MEXICO

En la actualidad un problema nacional siempre creciente que se plantea, es la escasez y el alto costo de la madera, y a manera de ilustración citamos las estadísticas de la producción maderable en México durante el año de 1974. Siendo ésta de 6.7 millones de metros cúbicos de madera en rollo; utilizándose 6.1 millones en aplicaciones industriales y el resto en combustibles, leña, carbón y otros, aceptado generalmente como representante de una parte del que realmente se extrae con esa finalidad.

Los artículos en que se transformaron esos volúmenes de madera industrial, sirvieron para elaborar:

Aserrados	71.2 %
Productos celulósicos	22.6 %
Chapa y triplay	4.1 %
Rollizos (postes, pilotes, etc.)	2.1 %
	<u>100.0 %</u>

Durante ese mismo año la información preliminar del comercio exterior, permitió calcular que nuestras importaciones de productos maderables alcanzaron las cifras de \$ 2,875.7 MM, en tanto que las exportaciones tuvieron un valor de \$ 459.3 MM; apareciendo un saldo negativo en nuestra balanza comercial de \$ 2,416.4 MM. El valor de las importaciones duran-

te ese año presentó un crecimiento del 58% con respecto al de 1973.

De los estudios realizados por la FAO con relación al consumo en aserrados, se concluyó que las importaciones para 1980 superan el 33.3% con respecto a las de 1972; estimándose que para 1990 serán mayores al 100%.

En el renglón de chapas y tableros, las importaciones de 1980 se esperan superiores a un 47.7% a las de 1972, y las de 1990 serán mayores en un 138.6%.

## 1.2. EL TABLERO AGLOMERADO COMO SUSTITUTO

De lo anteriormente expuesto se ha motivado la búsqueda de uno o varios sustitutos de la madera con propiedades similares y de ser posible mejores y a un costo inferior. Para todos aquellos artículos en que se transforme principalmente encaminado a eliminar ese 4.1% destinado a chapa y triplay, favoreciéndose de éste modo la reducción del saldo negativo de nuestra balanza comercial.

Alguno de los sustitutos de mayores perspectivas son los "Tableros-Aglomerados" fabricados a partir de deshechos y subproductos agrícolas como son el bagazo de caña; la paja; la fibra de coco; las cascarillas de trigo, arroz café etc., mezclados con una resina específica y sometidos a-

condiciones de temperatura y presión.

### 1. 3. DEMANDA DE LOS TABLEROS AGLOMERADOS

La demanda de los tableros aglomerados desde su iniciación - - (1964) ha crecido enormemente y la demanda futura proyectada será aún de mayores proporciones.

Como no es posible contar con la información suficiente para calcular la demanda efectiva real de los tableros, se consideró oportuno emplear los datos correspondientes al consumo aparente identificándola como la demanda ejercida; y ésta ha experimentado un incremento superior al 60% en la década 64-74; incremento más acelerado que el que muestra la producción.

Se hace notorio que el conservar las tendencias actuales se iniciarán los déficits de la producción con respecto a la demanda, por lo que se considera una política sana el que sea alterada la marcha de la oferta, dinamizándola de tal forma que no sólo siga satisfaciendo a una demanda siempre creciente, sino que penetre en el mercado internacional a través de la eficiencia y productividad.

### 1. 4. EXCEDENTES AGRICOLAS

Se tiene noticia que en el país contamos con grandes cantidades -

excedentes de subproductos y residuos agrícolas que actualmente se emplean en un porcentaje muy bajo para alimentar al ganado, otros como abono para los mismos terrenos de cultivo, o en la preparación de alimentos concentrados; y en el peor de los casos son utilizados como combustibles o quemados sin ningún beneficio a modo de evitar la obstrucción de nuevas siembras, o bien esparcidos en diversas zonas sin ningún provecho próximo.

Por ejemplo, en la producción nacional de caña de azúcar en el año de 1974 fue de 32,998,557 tons., de las cuales cada tonelada produce alrededor de 400 kg. de bagazo, disponiéndose entonces de 13,199,492 tons. de bagazo por año.

Para la producción de coco en 1974 se tuvo una cifra de 119,994 tons., de las cuales una tonelada produce cerca de 80 kg. de fibra seca; disponiéndose entonces de 9,600 tons. de fibra seca por año.

Durante ese mismo año la producción de trigo fue de unos 2,422,315 tons., generándose aproximadamente 80 kg. de paja por cada tonelada de trigo, teniéndose 193,785 tons. de paja de trigo.

En cuanto a la producción de arroz en México fue de 458,308 tons., resultando aproximadamente 100 kg. de cascarilla por cada tonelada de

arroz por lo que se tendrían 45, 831 tons. de cascarilla.

La producción total de café en ese año fue de 179, 372 tons., obteniéndose por cada tonelada de café 90 kg. de cascarilla, dando alrededor de 16, 143.5 tons. de cascarilla para toda la producción.

#### 1. 5. PERSPECTIVAS FAVORABLES

Del breve análisis anteriormente expuesto, se puede ver que se dispone de algunos de los factores necesarios para la creación de una nueva industria a nivel nacional como lo es la disponibilidad en grandes cantidades de materia prima a un precio ínfimo, la posibilidad de sustituir importaciones, y lo que es aún más importante el poder desarrollar una tecnología propia de la nación, ya que se cuenta con el equipo necesario como lo es toda una planta piloto para llevar a cabo la evaluación de un proceso técnica y económicamente factible adaptado a las necesidades del país; para que posteriormente fuera llevada a cabo la escalación a nivel industrial.

#### 1. 6. PROCESOS EXISTENTES EN LA PRODUCCION DE TABLEROS

Se encuentran en la literatura información referente a diversos tipos de procesos existentes y las técnicas utilizadas para la fabricación de los tableros aglomerados y de ellos se puede apreciar una división tentativa en dos grandes grupos:

- I).- A partir de fibra
- |   |                        |
|---|------------------------|
| { | con proceso vía húmeda |
| { | con proceso vía seca   |

Aquí los productos obtenidos regularmente son tableros de alta y -  
baja densidad.

- II).- De partículas
- |   |                      |
|---|----------------------|
| { | con proceso vía seca |
|---|----------------------|

En este grupo los tableros que se obtienen son de mediana densidad.

En la figura I se resumen los diferentes procesos que pueden llegar a utilizarse en la fabricación de los tableros aglomerados, y los pasos - - principales que se llevan a cabo en las técnicas de manufactura del producto.

## 1.7. PLANTA PILOTO PARA LA ELABORACION DE TABLEROS AGLOMERADOS

Ahora, en cuanto a la planta piloto que se dispone se tiene conocimiento de que fue diseñada única y exclusivamente para obtener tableros -- aglomerados a partir de bagazo de caña, mediante el proceso denominado "PROCESO SECO", que consiste en lo siguiente.

El bagazo pelado procedente de las fábricas de azúcar es primero -

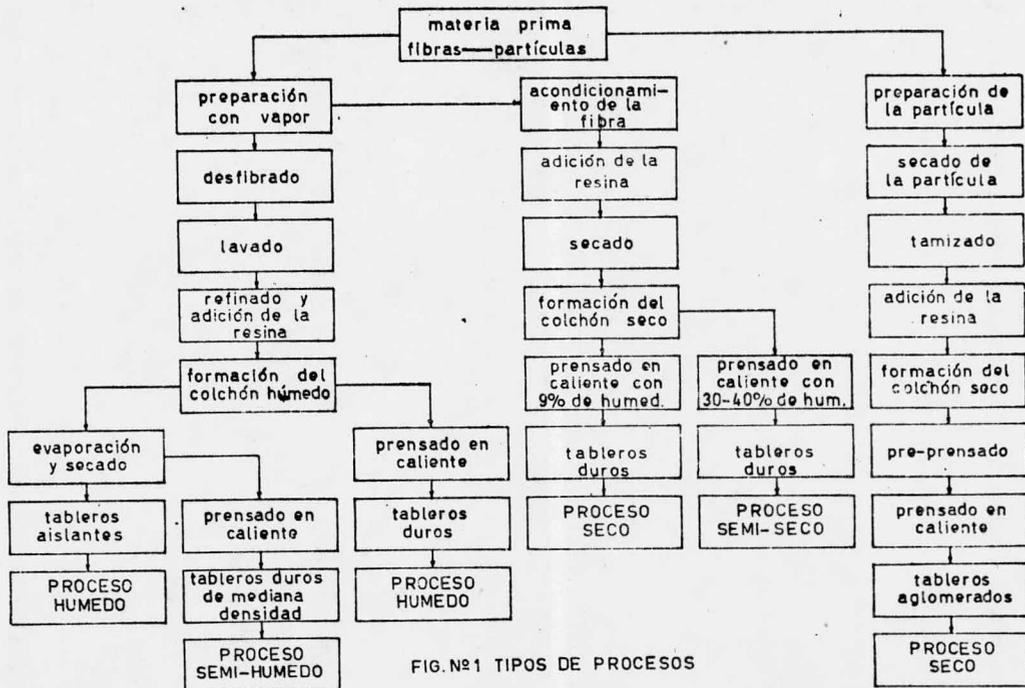


FIG. Nº1 TIPOS DE PROCESOS

limpiado y tamizado. En este proceso los materiales extraños como la médula, basura y hojas son separados de la fibra. El desmedulado es un proceso de molido y tamizado, pudiendo ser llevado a cabo en forma húmeda y/o seca.

Primeramente se realiza el desmedulado en seco, donde son separado los finos y la médula, que pueden llegar a utilizarse como combustibles. La forma húmeda generalmente se emplea para lograr una mejor separación de la médula y hacer más eficiente la etapa de molienda. Posteriormente la fibra debe secarse para su almacenamiento.

El almacenamiento hasta de un año provee de fibra a la planta y es comúnmente requerido por el corto tiempo de cosecha de la caña (3 a 4 meses). Un almacenamiento exterior es muy barato, pero las pérdidas en tiempo y fibra pueden eliminar esta ventaja. En cambio para un interior la fibra debe ser comprimida en pastillas ("pellets") para un fácil almacenamiento y manejo debido a espacios disponibles.

Del almacén la fibra pasa a un molino fibrizador, siendo típico el molino de dos hojas con movimientos contrarios, dando un tamaño de fibra de acuerdo al ajuste en la abertura que se le da a los discos.

La resina puede ser adicionada a la fibra en el molino fibrizador, o en un tambor rotatorio estandar dependiendo del tipo de resina empleada. - La adición en el primer caso se considera mejor que en el segundo ya que el mezclado fibra-resina es más íntimo y ahorra el costo del equipo.

Sin embargo, cuando la resina tiene un tiempo corto y/o una temperatura baja de curado, como sucede con todas las de urea formaldehído, el molino fibrizador no debe emplearse para el mezclado. En su lugar se utilizará un tambor rotatorio donde se rocea la resina sobre una corriente con tñua de fibra

Inmediatamente después, la fibra pasa a formar un colchón del tamaño aproximado al del tablero final, excepto para el espesor, el cual es generalmente cinco veces mayor que el espesor del tablero final. Los colchones son formados por una máquina "Mat forming". Pueden ser utilizadas dos tipos de máquinas, una que utiliza una ráfaga de aire que clasifica la fibra en el vuelo, quedando la fibra fina en la superficie del tablero lo cual le da un pulido fino. El segundo tipo es un dispositivo de extendido -- continuo que coloca a la fibra preclasificada continuamente a través de una tolva transportadora para un arreglo en tira.

La operación final es el prensado, en la cual se utiliza una prensa,-

pudiendo ser ésta de aberturas múltiples para una velocidad máxima de producción.

Las platinas se calientan a una temperatura que es función del espesor del tablero, del tipo de resina empleada y de la característica final (fisicomecánica) que se desee dar al tablero. El calentamiento puede efectuarse mediante resistencias eléctricas o por aceite caliente. El tiempo de curado dará los ciclos de prensado a emplear dependiendo del espesor del tablero que se quiera obtener.

Las etapas finales cambian con el producto deseado, pero comúnmente incluyen recorte, lijado y acabado que se le quiera dar ("enchapado").

#### 1.7.1. Diagrama de flujo

Para una mejor comprensión se muestra a continuación el diagrama de flujo del proceso de los tableros.

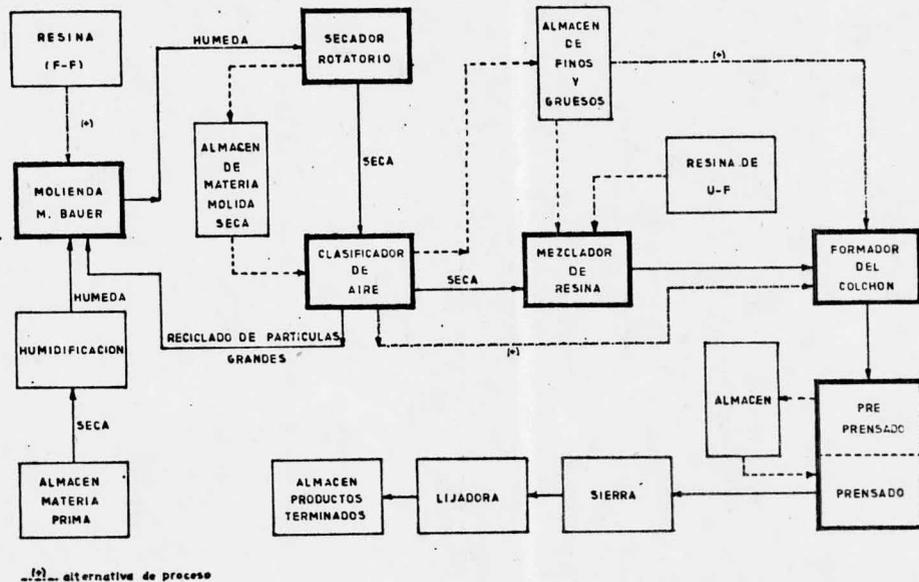


FIG. No. 2 DIAGRAMA DE FLUJO

Por lo anteriormente expuesto se ve que las áreas de proceso que ofrecen un mayor potencial ahorrrativo son las siguientes:

- a). - Desmedulador y fibrizador
- b). - Peletización y almacenamiento
- c). - Prensado del tablero
- d). - Sistema aplicador de resina.

En nuestro país existen plantas industriales que fabrican tableros aglomerados a partir de madera, habiendo nacido últimamente proyectos en los que se utilizará materia prima distinta a la tradicional, como el bagazo de caña y la vara de algodón.

A continuación se detalla el nombre y localización de algunas de estas plantas:

1. - Duraplay (Chihuahua) y Tablcel (San Luis Potosí)  
con una capacidad instalada de 70,000 y 20,000 metros cúbicos respectivamente, las cuales hasta el año de 1975 aún estaban dentro del marco de proyectos.
2. - Perlo, en el Sur de Veracruz. Chapas y Maderas Tropicales, con 20,000 metros cúbicos.

3. - Ecoplay Ingenio Quezera con 8,000 metros cúbicos a partir de -  
bagazo de caña.
4. - Valle de Mexicali, con dos empresas ejidales, a partir de vara-  
de algodón. (1)

(1) Fuente de información: ANAFATA de maderas A. C.

## 2. OBJETIVOS

La aportación del presente trabajo pretende llevar a cabo la instalación de la planta piloto y de ser posible algunas pruebas de funcionamiento como parte complementaria de un programa de investigación concerniente a los tableros aglomerados.

Para tal efecto consideramos conveniente organizar, y separar en "etapas" todas esas actividades desde el punto de vista secuencial de su realización siendo éstas:

### 2.1. PLANEACION

O sea, la determinación de las necesidades de recursos del proyecto y su orden necesario de aplicación en las diversas operaciones que deben realizarse para lograr los objetivos del proyecto.

### 2.2. PROGRAMACION

Es decir, la determinación de tiempos de calendario en que se deben empezar a realizar las actividades y en que deben emplearse los recursos asignados.

### 2.3. CONTROL

Es la retroalimentación de información, salida de todo el procesamiento desde que se decide hasta la terminación del proyecto.

#### 2.4. INSTALACION DE LA PLANTA PILOTO

La ejecución de la instalación de la planta piloto.

#### 2.5. OPERACION

Entrega de la planta piloto instalada y con verificación de funcionamiento de los equipos.

### 3. GENERALIDADES

#### 3.1. GENERALIDADES SOBRE EL MANEJO DE PROYECTOS

Como en toda actividad debe de existir una planeación y programación, la instalación de una planta piloto es un proyecto en pequeña escala que guarda una serie de actividades enlazadas entre sí que pueden llevarse a cabo de muy diversas maneras, la realización lógica de un calendario o programación además de una guía para la planeación servirá para realizar una retroalimentación efectiva durante la obra.

El reparto de tareas, cálculo de las necesidades en cuanto al tiempo y establecimiento de objetivos requiere un alto grado de coordinación y programación entre las varias ramas en que se diversifica el trabajo. Una estimación ideal se esforzará por alcanzar una coordinación perfecta, donde nadie esté inactivo, mientras espera que una determinada tarea llegue a sus manos, o donde nadie, a causa de un error de planeación o realización, se encuentre de repente con más labor de la que pueda realizar.

El calendario debe indicar la fecha de iniciación y terminación de actividades, la preparación y la secuencia adecuada del calendario nos da una seguridad en la terminación del proyecto a tiempo, así como anticipar los requerimientos de elementos humanos. La utilización más económica

de personal se logra cuando se desarrollan más de tres actividades en forma consecutiva. Una sola actividad origina períodos ociosos para el personal que se tenga trabajando.

Se plantea una planeación, programación y control de actividades mediante un "Sistema de información para el manejo de proyectos", (SIMP) - el cual tiene la necesidad de utilizar todas las herramientas de investigación de operaciones y de análisis de sistemas.

EL SIMP consta principalmente de las siguientes herramientas:

1. - EDAP, "Estructura del desglosamiento analítico del proyecto".
2. - Gráfica de Gantt o de Barras.
3. - Red de actividades (PERT/CPM).
4. - DRL, "Diagrama de responsabilidad Lineal".

### 3.2. ESTRUCTURA DEL DESGLOSAMIENTO ANALITICO DEL PROYECTO (EDAP).

Esta herramienta de trabajo ayuda a la redefinición del proyecto haciendo éste en forma de organigrama, servirá posteriormente para elaborar la ruta crítica.

El organigrama es el esquema objetivo de una organización comple

ja que representa al mismo tiempo los mismos elementos del grupo y sus relaciones respectivas; fijando la acción y la responsabilidad de cada ser vivo.

Su meta función consiste en proporcionar con rapidez y simplicidad una panorámica sobre una estructura de organización; permitiendo una visión de conjunto en cuanto a los recursos humanos a emplear. Es además una forma de comunicación que ofrece de manera inmediata la información necesaria para conocer a grandes rasgos la estructura general de una empresa o proyecto.

La experiencia y la práctica aconsejan éstos del modo más sencillo y no tratar de mostrar el total de relaciones, puesto que, el organigrama es en sí un útil instrumento directivo de apreciación, nunca de información real o exacta; ya que de otra manera podría confundir o distorsionar en vez de ayudar.

Sus limitaciones y deficiencias radican fundamentalmente en que sólo representan las relaciones principales de las partes integrantes del proyecto, sin tomar en consideración todas aquellas de tipo informal que se celebran diariamente.

En la figura No. 3 se desarrolla la estructura del desglosamiento analítico del proyecto en forma de organigrama.

Una vez elaborado el EDAP se efectúa una tabulación de todas las actividades sin tomar el orden en que deben efectuarse, especificando su codificación y estimando el tiempo de duración más probable de cada una de ellas, eliminando todos aquellos que sean considerados como pesimistas, optimistas y de trabajos acelerados .

Referirse a la tabla 1.

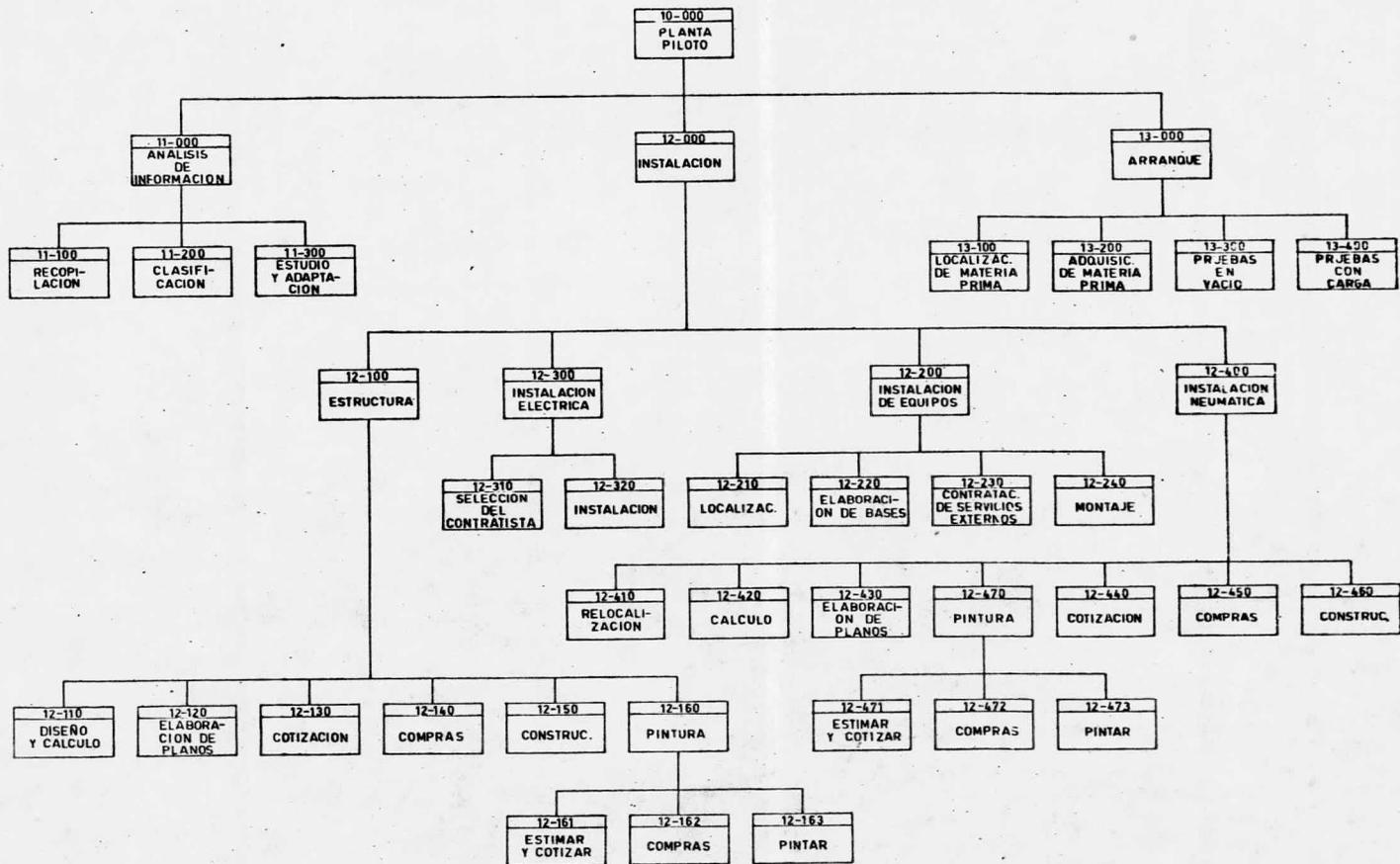


FIG. Nº 3  
E.D.A.P.

T A B L A 1

CODIGO	ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO (Semanas)
11-100	Recopilación de información	1.0
11-200	Clasificación de información	1.0
11-300	Estudio de la información	4.0
12-110	Diseño de plataforma y estructura	4.0
12-120	Elaboración de planos	3.0
12-130	Cotización de material	1.0
12-140	Compra de material	1.0
12-150	Construcción	16.0
12-161	Cotizar y estimar pintura	0.5
12-162	Comprar pintura	0.5
12-163	Pintar estructura	2.0
12-210	Localización de equipos	0.5
12-220	Elaboración de bases	2.0
12-230	Contratación de servicios externos	1.0
12-240	Montaje	1.0
12-310	Selección del contratista	3.0
12-320	Instalación	8.0
12-410	Relocalización ductería	0.5
12-420	Cálculo del sistema neumático	0.5
12-430	Elaboración de planos	1.0
12-440	Cotización de material ductería	1.5
12-450	Compras	0.5
12-460	Construcción ductería	8.5
12-471	Cotizar y estimar pintura ductería	0.5
12-472	Comprar pintura	0.5
12-473	Pintar ductería	1.0
13-100	Localización de materia prima	2.0
13-200	Adquisición de materia prima	2.0
13-300	Pruebas en vacío por equipo	1.5
13-400	Pruebas con carga en los equipos	6.5

TABLA No. 1 TABULACION DE ACTIVIDADES, CODIGOS Y TIEMPOS  
DE DURACION.

### 3.3. GRAFICA DE GANTT

Este tipo de gráficas, aunque en una forma muy rudimentaria era ya usado por los Egipcios en la antigüedad, llegando a popularizarse hasta la primera década del siglo XX, con la ayuda de Henry L. Gantt y Frederick W. Taylor; haciéndose la primera reconsideración científica de la planeación del trabajo.

El método gráfico se fundó en dos sencillos principios:

- a) El tiempo de las actividades puede ser medido por el tiempo que se requiere para su realización; y
- b) El espacio que representa la unidad de tiempo en la gráfica puede servir para representar la cantidad de actividad que debió haberse realizado en ese tiempo.

Las ventajas que presenta el diagrama de barras, o también conocido como gráfica de Gantt, son las siguientes:

- A) Hace necesaria la existencia de un programa, permitiendo la comprensión y asignación de tareas a las personas que participarán.
- B) Puede compararse lo realizado con lo programado.
- C) Es fácil de leer y de trazar.

D) Puede ser sintetizada la información en una sola hoja.

E) Permite reducir los tiempos ociosos.

Una ventaja que debe destacarse, es la forma en que se resaltan -- los tiempos de iniciación, duración y terminación de cada una de las actividades del proyecto.

Así, el diagrama de barras muestra en forma objetiva, los resul - tados obtenidos, por la planeación, independientemente de la forma en que ésta se haya realizado.

Los principios que se siguen para la formación de un diagrama de - barras, son los siguientes:

1. - Dividir el proceso en sus actividades principales, determinan - do la cantidad de trabajo y rendimiento para cada una.
2. - Se estima la duración efectiva de cada actividad.
3. - Se toma una escala de tiempo de acuerdo con la duración del -- proceso.

Por otro lado, el diagrama de barras presenta ciertas deficiencias - tales como las siguientes:

- a) Se tiene dificultad para presentar la secuencia de ejecución de -

un gran número de actividades.

- b) La secuencia de ejecución de las actividades del proceso se determina durante la fase de programación, analizando cada actividad y estimando que parte de las otras actividades deben estar terminadas para iniciar la actividad en cuestión, resultando la duración del proyecto una cantidad arbitraria, mezclándose la planeación y programación del proyecto.
- c) No es posible conocer que actividades controlan la duración del proyecto.
- d) No es posible prever con seguridad los recursos requeridos para realizar el proyecto.
- e) Es difícil reflejar la incertidumbre de los tiempos estimados.

En la figura No. 4 se ilustra el desarrollo de la gráfica de Gantt o diagrama de barras.

CLAVE	1975											1976	
	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUB.	NOVIEM.	DICIEMB.	ENERO	FEBRERO
11-100	■												
11-200	■	■											
11-300	■	■	■										
12-110		■	■	■									
12-120		■	■	■	■								
12-130			■	■	■	■							
12-140				■	■	■	■	■					
12-150				■	■	■	■	■	■				
12-161										■	■		
12-162										■	■		
12-163											■	■	
12-210				■	■								
12-220				■	■								
12-230				■	■								
12-240				■	■								
12-310							■	■					
12-320							■	■	■	■			
12-410							■	■	■	■			
12-420							■	■	■	■			
12-430							■	■	■	■			
12-440							■	■	■	■			
12-450							■	■	■	■			
12-460							■	■	■	■			
12-471							■	■	■	■			
12-472							■	■	■	■			
12-473							■	■	■	■			
13-100									■	■			
13-200									■	■			
13-300											■	■	
13-400											■	■	

FIG. Nº 4. DIAGRAMA DE BARRAS

### 3.4. RED DE ACTIVIDADES. (PERT/CPM)

El desarrollo de los métodos de camino crítico fue durante 1957 -- 1959 debido al interés que se tenía de encontrar un método que permitiera -- el uso de los computadores electrónicos en la planeación de la construc -- ción, relacionando los factores de la planeación en forma tal que la compu -- tadora los pudiera aceptar. Esto se logró por medio del diagrama de fle -- chas o de redes, el cual es una forma matemática clásica para la repre -- sentación lógica.

Durante los últimos años, el interés en el uso de "Métodos de cami -- no Crítico" en planeación, programación y control de proyectos ha crecido enormemente. Esto es debido en gran parte a la necesidad de aplicacio -- nes que se tienen, y a que éstos métodos pueden reducir inclusive proyec -- tos complejos en su planeación a formas gráficas sencillas libres de ambi -- güedad. Tales formas gráficas nos proporcionan una base para un análisis y una comunicación rápida del plan y programa, puntos vitales para el con -- trol del proyecto.

Desde su desarrollo, los métodos de camino crítico han sido usados con muy buenos resultados, en programas de desarrollo e investigación, -- trabajos de construcción mantenimientos, instalaciones industriales, etc. --

En todos estos proyectos, interesa lograr un plan óptimo para las actividades consecutivas del proyecto; en programar esas actividades en un tiempo razonable; y finalmente controlar el trabajo programado.

Con respecto a la planeación y programación, se deben considerar los recursos humanos y materiales requeridos para llevar a cabo el proyecto, teniendo presente que el costo y el tiempo requeridos deben ser debidamente balanceados. En lo que respecta a la función de control, se debe tener cuidado en que los gastos de tiempo y dinero sean los programados y que el trabajo realizado sea de la debida calidad.

La mayor parte de las técnicas de planeación están basadas en el diagrama de barras, el cual nos refleja las varias interdependencias o secuencias lógicas que fueron consideradas en el desarrollo del plan, mientras que con el diagrama de flechas se logran, descomponiendo el trabajo en sus partes que lo integran, arreglándolas en una secuencia lógica y estimando el tiempo requerido para cada una de ellas.

El PERT (Program Evaluation and Review Techniques) y el CPM (Critical Path Method), son técnicas modernas que responden a las necesidades básicas para la administración de proyectos, desarrollándose independientemente, pero al paso del tiempo las diferencias aparentes entre-

éstas dos fueron desapareciendo ; por lo que para ambas técnicas son igualmente aplicables a la planeación, programación de cualquier clase de proyecto.

Entre las ventajas que se obtienen con el empleo de los métodos de camino crítico son las siguientes:

1. - Estimula una disciplina lógica en la planeación, programación y control de proyectos.
2. - Provee de un método general de comunicación y documentación de los planes del proyecto, programas, costos y tiempo de ejecución.
3. - Identifica las actividades más críticas del proyecto para tener una mayor atención de ellas.
4. - Ilustra el efecto sobre el programa total de cualquier cambio llevado a cabo.
5. - Determina de antemano los recursos requeridos en cualquier momento durante la ejecución del proyecto.

#### 3.4.1. Programación del Proyecto.

Al planear un proyecto, el primer paso a seguir es determinar las actividades que tienen que efectuarse y su secuencia de ejecución. Esto se

logra mediante el diagrama de flechas o redes. Inmediatamente después se efectúa el análisis de tiempos, que consiste en la determinación de la duración media de cada actividad, para que posteriormente se encuentre la sucesión de flechas cuya suma de duración es máxima. Ese valor es la duración del proyecto en cuestión. Las actividades de dicha sucesión se denominan críticas, y a la sucesión se le llama "Camino Crítico".

De este análisis básico se obtiene que salvo las actividades críticas, las otras tareas del proyecto pueden disponer de cierto tiempo para retrasar su terminación sin afectar la duración del proyecto. A este tiempo disponible se le llama "Holgura Total" de dicha actividad; y el conocimiento de todas ellas sirve para fijar los tiempos de iniciación, de tal forma que los recursos requeridos durante el desarrollo del proyecto no exceda al de los recursos totales disponibles.

La duración total del proyecto es la suma de las duraciones de las actividades críticas. Si esta suma es mayor a la deseada será necesario buscar la manera de acelerar el proyecto.

#### 3.4.2. Construcción del diagrama de flechas.

Un diagrama de redes o de flechas, consta de actividades representadas

tadas por flechas, eventos señalados por círculos y los números en cada uno de ellos indican el nombre de la actividad y el evento respectivamente.

La secuencia de las flechas es la sucesión de las actividades. Todas las flechas que llegan a un mismo círculo serán los trabajos que podrán realizarse simultáneamente e indispensables para que concluya el evento.

En un diagrama de redes se distingue un evento llamado "Principio del proyecto" y otro como "Fin del proyecto", debiendo existir un principio y final únicos.

Se deben diferenciar algunas actividades que reciben el nombre de Ficticias; cuya finalidad es evitar que dos actividades distintas tengan como origen el mismo evento y como fin un evento común, representándose por una flecha discontinua.

De la información proporcionada por el EDAP en forma de organigrama, de la tabulación de actividades con sus códigos y tiempos de duración; y finalmente del diagrama de barras, se lleva a cabo un análisis del orden en que deben efectuarse las actividades, no tanto según la secuencia cronológica, sino mas bien la secuencia estructural intrínseca al proceso (ver tabla No. 2).

CODIGO	ACTIVIDAD SUCESORA	DURACION	CODIGO	ACTIVIDAD ANTECESORA
13-400	Pruebas con carga en los equipos	6.5	13-300	Pruebas en vacío en los equipos.
13-400	Pruebas con carga en los equipos	6.5	13-200	Adquisición de materia prima.
13-300	Pruebas en vacío en los equipos	1.5	12-320	Instalación eléctrica.
13-300	Pruebas en vacío en los equipos	1.5	12-163	Pintar (estructura).
13-200	Adquisición de materia prima	2.0	13-100	Localización de materia prima.
13-100	Localización de materia prima	2.0	11-300	Estudio de la información.
12-320	Instalación eléctrica	8.0	12-310	Selección del contratista.
12-320	Instalación eléctrica	8.0	12-240	Montaje.
12-310	Selección del contratista	3.0	12-150	Construcción (estructura).
12-240	Montaje	1.0	12-230	Contratación de servicios externos.
12-163	Pintar (estructura)	2.0	12-473	Pintar ductería.
12-163	Pintar (estructura)	2.0	12-162	Comprar pintura.
12-473	Pintar ductería	1.0	12-472	Comprar pintura.
12-472	Comprar pintura	0.5	12-471	Estimar y cotizar pintura.
12-471	Estimar y cotizar pintura	0.5	12-460	Construcción ductería.
12-162	Comprar pintura	0.5	12-161	Estimar y cotizar pintura.
12-161	Estimar y cotizar pintura	0.5	12-150	Construcción (estructura).
12-460	Construcción ductería	8.5	12-150	Construcción (estructura).
12-460	Construcción ductería	8.5	12-450	Compras.
12-460	Construcción ductería	8.5	12-430	Elaboración de planos.
12-150	Construcción (estructura)	16.0	12-140	Compra de material.
12-150	Construcción (estructura)	16.0	12-120	Elaboración de planos.
12-140	Compra de material	1.0	12-130	Cotización de material.
12-450	Compras	0.5	12-440	Cotización de material (ductería).
12-440	Cotización de material (ductería)	1.5	12-420	Cálculo del sistema neumático.
12-430	Elaboración de planos	1.0	12-410	Relocalización de ductería.
12-230	Contratación de servicios externos	1.0	12-220	Elaboración de bases.

CODIGO	ACTIVIDAD SUCESORA	DURACION	CODIGO	ACTIVIDAD ANTECESORA
12-220	Elaboración de bases	2.0	12-210	Localización de equipos.
12-120	Elaboración de planos	3.0	12-110	Diseño y cálculo de estructura.
12-130	Cotización de material	1.0	12-110	Diseño y cálculo de estructura.
12-420	Cálculo del sistema neumático	0.5	12-410	Relocalización de ductería.
12-410	Relocalización de ductería	0.5	11-300	Estudio de la información.
12-210	Localización de equipos	0.5	11-300	Estudio de la información.
12-110	Diseño y cálculo de estructura	4.0	11-300	Estudio de la información.
11-300	Estudio de la información	4.0	11-200	Clasificación de información.
11-200	Clasificación de la información	1.0	11-100	Recopilación de información.

**TABLA No. 2. - ORDENAMIENTO CRONOLOGICO PARA EL DESARROLLO  
 DE LAS ACTIVIDADES.**

Tomando como referencia la tabulación de actividades mostrada anteriormente en la tabla No. 2, se construye el diagrama de flechas ilustrado en la figura No. 5, en la cual los trabajos o actividades críticas se indican mediante flechas dobles que dan el tiempo máximo de duración del proyecto. Siendo de 49.5 semanas efectivas de labor.

Generalmente un proyecto no se programará para una duración mayor de la estimada, sin embargo es interesante replanearlo y reprogramarlo para obtener una duración menor en su terminación tomando en cuenta el costo en pesos, siendo negocio si el criterio es la reducción del costo total.

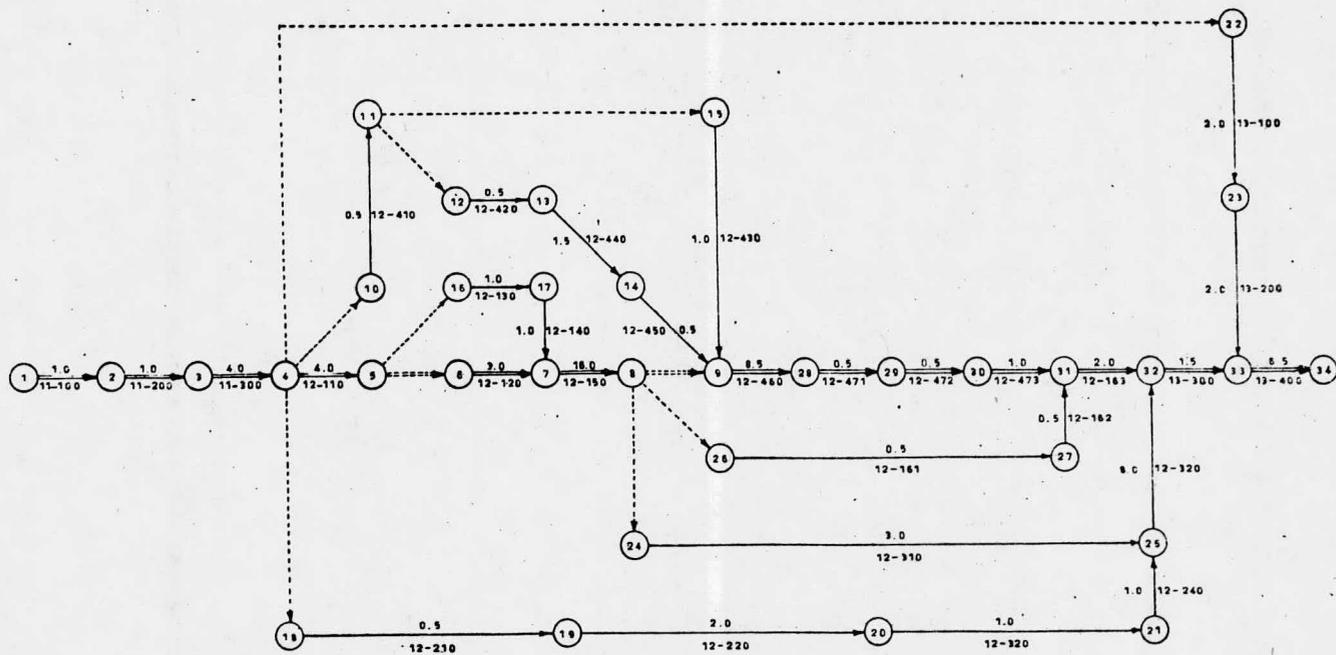


FIG. Nº 5.- RED DE ACTIVIDADES

EVENTO i-j	TIEMPO DE OCURRENCIA MAS PROXIMO (Pi)	TIEMPO DE OCURRENCIA MAS TARDIO (Ti)	TIEMPO DE HOLGURA (Ti)-(Pi)
1-2	1.0	1.0	0
2-3	2.0	2.0	0
3-4	6.0	6.0	0
4-5	10.0	10.0	0
4-10	----	----	ficticio
4-18	----	----	ficticio
4-22	----	----	ficticio
5-6	----	----	ficticio
5-16	----	----	ficticio
6-7	13.0	13.0	0
7-8	29.0	29.0	0
8-9	----	----	ficticio
8-24	----	----	ficticio
8-26	----	----	ficticio
9-28	37.5	37.5	0
10-11	6.5	26.5	20.0
11-12	----	----	ficticio
11-15	----	----	ficticio
12-13	7.0	27.0	20.0
13-14	8.5	28.5	20.0
14-9	9.0	29.0	20.0
15-9	7.5	29.0	21.5
16-17	11.0	12.0	1.0
17-7	12.0	13.0	1.0
18-19	6.5	29.5	23.0
19-20	8.5	31.5	23.0
20-21	9.5	32.5	23.0
21-25	10.5	33.5	23.0
22-23	8.0	41.0	33.0
23-33	1.0	43.0	33.0
24-25	32.0	33.5	1.5
25-32	40.0	41.5	1.5
26-27	29.5	39.0	9.5
27-31	30.0	39.5	9.5
28-29	38.0	38.0	0
29-30	38.5	38.5	0
30-31	39.5	39.5	0
31-32	41.5	41.5	0
32-33	43.0	43.0	0
33-34	49.5	49.5	0

TABLA No. 3

### 3.5. DIAGRAMA DE RESPONSABILIDAD LINEAL (D. R. L.)

El diagrama de responsabilidad lineal es el último paso que se lleva a cabo en la planeación, programación y control de un proyecto.

En el D. R. L. se efectúa un listado de todas las actividades que se realizan durante el desarrollo del proyecto, especificando el personal disponible que interviene mediante una simbología específica.

SIMBOLOS	SIGNIFICADOS
	Autorización
	Se le informa
	Asesoramiento
	Se le consulta
	Ejecución
	Mano de obra
	Supervisión

#### 1. - Personal asignado un 100% al proyecto :

- 1 Gerente de proyecto
- 1 Asistente del gerente de proyecto
- 2 Técnicos \*
- 2 Obreros
- 1 Supervisor general

\* Fuimos considerados en el proyecto bajo esa categoría.

2. Personal asignado parcialmente al proyecto :

Departamento de ingeniería

Departamento de compras

3. Personal asignado temporalmente en el proyecto bajo contrato :

Contratistas

Principalmente el apoyo logístico del proyecto estuvo formado por - estos tres grupos, lo cual constituyó una descentralización del trabajo que se desempeñó.

El desarrollo del diagrama de responsabilidad lineal se muestra en la figura No. 6.

CODIGO	ACTIVIDAD	PERSONAL RESPONSABLE							
		A	B	C	D	E	F	G	H
11-100	Recopilación de información				○				
11-200	Clasificación de información				○				
11-300	Estudio de la información		●		○		●		
12-110	Diseño de plataforma y estructura		●	⊗	○		⊗		
12-120	Elaboración de planos		⊕		○		⊗		
12-130	Cotización de material		●		○		⊗		
12-140	Compra de material	○	●		⊕			⊖	
12-150	Construcción	○	●	⊗	○	⊖			
12-161	Cotizar y estimar pintura		●		○		⊗		
12-162	Comprar pintura	○	●				⊕	⊖	
12-163	Pintar estructura		●			⊖	⊕		
12-210	Localización de equipos		●		⊖		⊕		
12-220	Elaboración de bases				⊖	⊖	⊕		
12-230	Contratación servicios externos	○	⊖				⊕		
12-240	Montaje				⊖	⊖	⊕		⊖
12-310	Selección del contratista	○	⊖				⊕		
12-320	Instalación						⊕		⊖
12-410	Relocalización ductería				⊖		⊗		
12-420	Calcular sistema neumático	⊕			○				
12-430	Elaboración de planos		⊕		○		⊕		
12-440	Cotización material ductería		●		○		⊗		
12-450	Compras				⊕			⊖	
12-460	Construcción ductería				○	⊖	⊕		
12-471	Cotizar y estimar pintura ductería		●		○		⊗		
12-472	Comprar pintura	○	●				⊕	⊖	
12-473	Pintar ductería					⊖	⊕		
13-100	Localización materia prima	⊗	⊗		⊖				
13-200	Adquisición materia prima	○	⊕					⊖	
13-300	Pruebas en vacío por equipos	⊗	⊕		⊖		⊗		
13-400	Pruebas con carga equipos	⊗	⊕		⊖		⊗		

FIGURA No. 6

DIAGRAMA DE RESPONSABILIDAD LINEAL.

- A. - Gerente de Proyecto.
- B. - Asistente del Gerente de Proyecto.
- C. - Departamento de Ingeniería.
- D. - Personal Técnico.
- E. - Personal Obrero.
- F. - Supervisor General.
- G. - Departamento de Compras.
- H. - Contratistas.

#### 4. SECUENCIA OPERATIVA

De acuerdo al objetivo planteado anteriormente, el paso a seguir -- fue la ejecución de las actividades programadas para la instalación de la -- planta piloto, y finalmente culminar con el arranque de la misma.

Durante el desarrollo de la parte práctica podrán apreciarse las -- discrepancias que surgen por diversos factores imprevistos o fuera de con-- trol de cualquier programa de trabajo por muy optimizado que éste sea ; lo cual origina que continuamente se retroalimente información actualizada -- con el objeto de ir ajustando las actividades subsecuentes a realizar para -- enmarcarlas dentro de lo programado, a manera de no ir acumulando defa-- samientos que al final redundarían en un proyecto totalmente fuera del -- tiempo estimado.

A partir de este punto se inició el proyecto con fecha 3 de Febrero-- de 1975.

##### Ejecución del plan de trabajo.

Para una mejor comprensión de la secuencia en que fue desarrolla-- da la parte práctica se tomaron las actividades consideradas como prima -- rias con el objeto de no manejar otras de menor rango, ya que esto ocasio

naría un trabajo demasiado complejo al tratarse aisladamente cada una de ellas, trayendo como consecuencia que se pierda el orden en que deben ser llevadas a cabo.

#### 4.1. ANALISIS DE LA INFORMACION (11-100)

Esta planta piloto, diseñada originalmente para la investigación de uno de los procesos de fabricación de los tableros aglomerados a partir de bagazo de caña, una vez construida estuvo en operación hasta alcanzar los objetivos que se habían fijado.

Por tal motivo al ser donada a la UNAM, fue proporcionada también toda la información desde los trámites preliminares como parte de la ingeniería básica, hasta llegar a la ingeniería a detalle.

De todo ese paquete de información existente se procedió a clasificarla con el objeto siguiente:

- a). - Hacer un inventario para llegar a conocer a fondo los alcances de la misma.
- b). - Tener un acceso simple y rápido que evite pérdida de tiempo -- improductivo ; facilitando así al personal relacionado con el -- proyecto pudiera hacer uso de ella eficientemente.

- c). - Separar la que pudiera tener una aplicación inmediata, de aquella que se consideró no era de utilidad alguna.
- d). - Finalmente, simplificar el estudio de cada una de sus partes -- por orden de importancia.

El criterio de clasificación utilizado fue el siguiente: Separar toda la información relacionada con los equipos de aquella que puede considerarse común a la planta piloto; como son los planos de localización general, de estructura, sistema neumático y servicios auxiliares; así como una serie de fotografías donde se muestra como estuvo montada esta planta.

Dentro de la información por equipo, se cuentan con algunos cálculos en borrador; facturas de compra; planos eléctricos y mecánicos; además de contados instructivos para su instalación, operación y mantenimiento.

Una vez efectuado lo anterior los pasos siguientes fueron: En un principio analizar todo lo referente al proceso de fabricación de los table -- ros aglomerados basados en su diagrama de flujo; de ahí continuar con un estudio a detalle de cada uno de los equipos y, finalmente, terminar con lo relacionado a la estructura, sistema neumático y servicios auxiliares.

Referirse a la tabla No. 5 para ver los períodos de tiempo real con-

sumidos por cada actividad.

#### 4.2. ESTRUCTURA (12-100)

En base al estudio realizado anteriormente con relación a la estructura, se efectuó un análisis comparativo de las condiciones utilizadas originalmente contra las disponibilidades reales del lugar donde se iba a instalar la planta ; y llegándose a concluir que estas últimas ni se cumplían ya que la restricción principal que se tuvo fue la poca altura del techo.

En un principio esta planta fue construida en dos niveles, lo que ameritaba contar con una altura superior a la que dispone el local, por tal motivo tuvo que realizarse una adaptación a las limitaciones del edificio, teniendo que bajar el nivel más alto y colocarlo en el sitio que se consideró el más apropiado en cuanto a funcionalidad se refiere.

De aquí que todos los planos de estructura resultarán inaplicables para la construcción, lo que motivó buscar un nuevo diseño que llenara las necesidades requeridas por la adaptación. Como consecuencia de todo esto se pidieron solicitudes de presupuesto para la construcción a diferentes contratistas dedicados a esta actividad.

Cabe mencionar que con anterioridad se habían realizado estimacio-

nes globales para la construcción de la estructura por casas y contratistas dedicados a este tipo de trabajo. Estos presupuestos incluían la manufactura y montaje, mano de obra, pintura y equipo necesario para realizar dicho trabajo; exceptuando el material requerido para su construcción el cual debería ser suministrado por la dependencia interesada.

En dichas cotizaciones se hizo un análisis comparativo de todas ellas con la finalidad de elegir la que reuniera las mejores ventajas técnicas y económicas para lograr el propósito deseado.

El resultado fue, que el costo total de la construcción era exageradamente elevado, lo cual implicó buscar otro camino que proporcionara una solución lógica que reuniera todos los requerimientos necesarios.

Para esto, tanto el diseño como la construcción deberían hacerse -- con el único personal disponible en el proyecto, a modo de abatir los costos de mano de obra y materiales de construcción.

#### 4.2.1. Cálculo de la estructura.

El perfil metálico requerido para la construcción de la plataforma y la estructura del ciclón, debe estimarse tomando en consideración como primer punto que satisfaga los requerimientos mínimos de funcionalidad para la operación y además que los costos sean los más bajos posibles.

Para tal efecto se realiza un estudio de las condiciones que debe cumplir, determinando su arreglo más simplificado y el tipo perfil estructural más adecuado, lo cual involucra una secuencia de cálculo un poco compleja.

En el presente caso se utilizaron los servicios del grupo de asesoría, el cual revisó y aprobó el arreglo presentado y además basado en su experiencia estimó la clase y tamaño de perfil a emplear.

#### 4.2.2. Elaboración de Planos

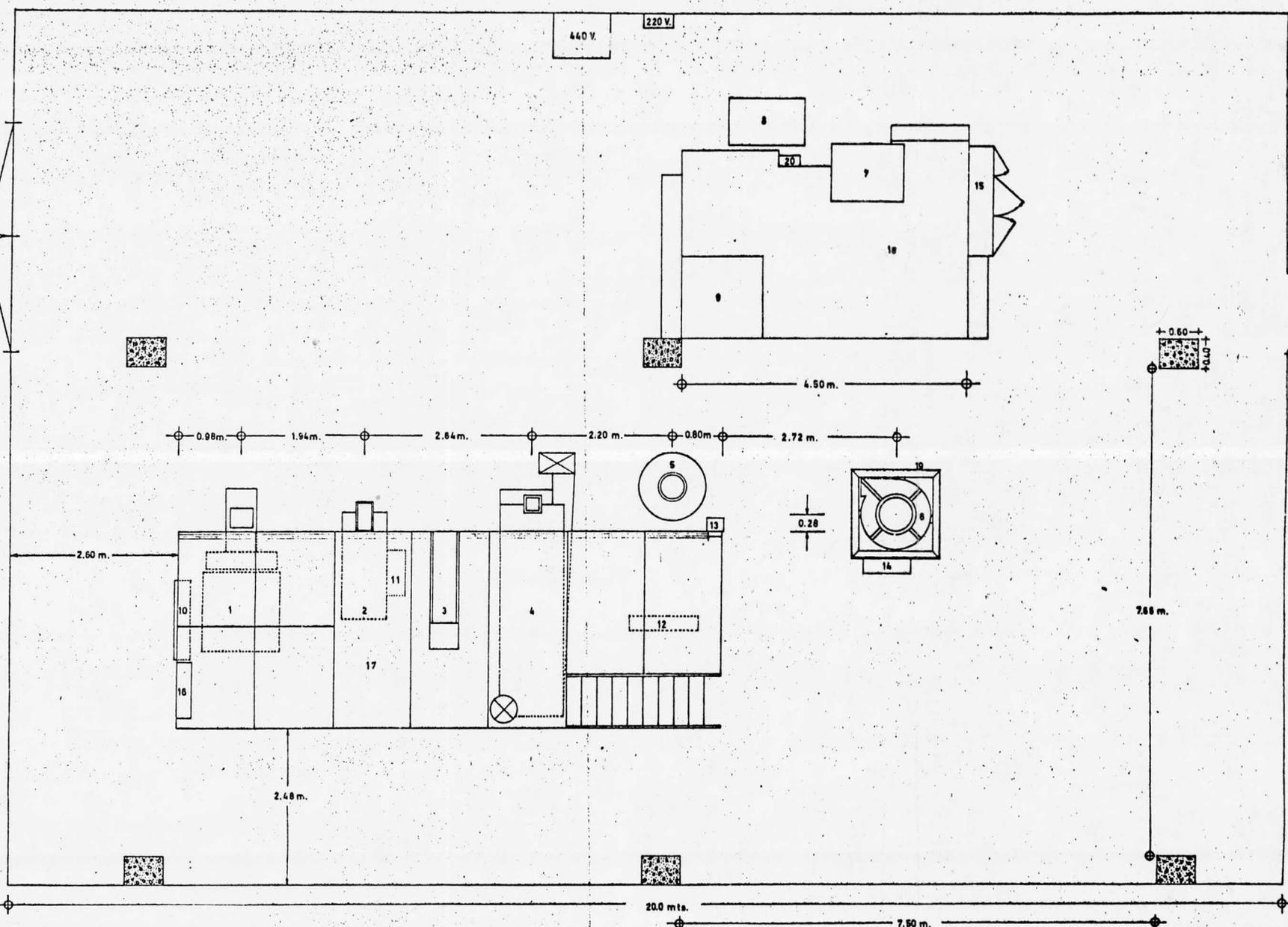
La elaboración de planos es la representación gráfica en una hoja - de los elementos originados en el diseño en forma general y a detalle, mediante el uso de modelos a escala ; constituyendo éstos la base fundamental de la construcción ya que sirven de guía cuando se realiza.

En el presente caso, auxiliados con la información original respecto a la distribución de algunos equipos y con el arreglo estructural optimizado anteriormente, se trazaron los planos más importantes que constituyeran el paso fundamental para continuar con el proyecto.

A continuación se da una lista de los planos elaborados:

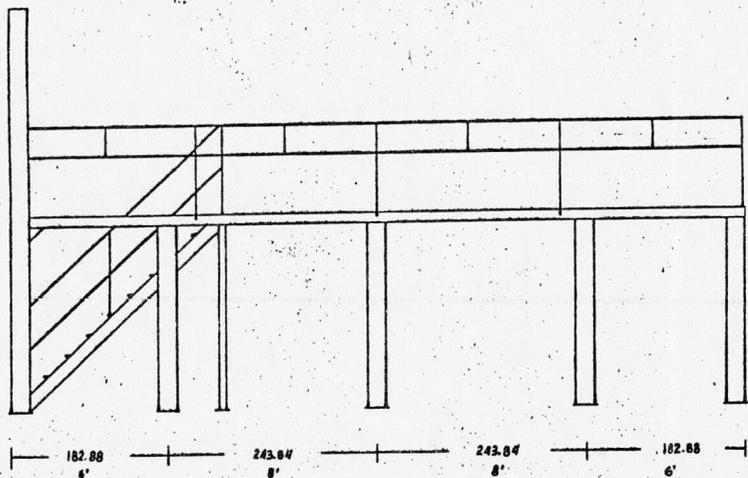
- a). - Plano maestro. - Muestra la localización de las estructuras, - distribución de los equipos y tableros de control dentro del área que se dispone para esa finalidad. (Plano No. 1)
- b). - Plataforma diferentes vistas. - En éste se encuentran especificadas las principales dimensiones de la plataforma y la escalera. (Plano No. 2)
- c). - Plataforma vista de planta. - Aquí se detallan tanto las dimensiones como el tipo de perfil estructural utilizado en la parte superior de la estructura principal. (Plano No. 3)

- d). - Plataforma a detalle. - Ilustra exactamente las medidas de cada uno de los perfiles utilizados, además de los cortes y uniones - que deben hacerse para armar la estructura. (Plano No. 4)
- e). - Estructura ciclón. - Contiene el dimensionamiento completo de una estructura independiente donde se localiza el ciclón. También se especifica el tipo de material a emplearse. (Plano -- No. 5)

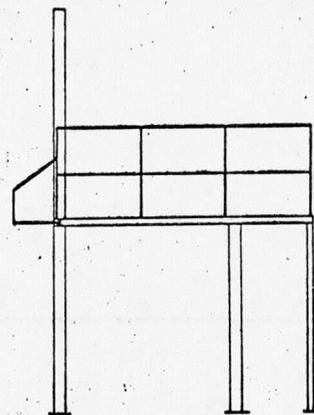


- 1.- MOLINO BAUER
- 2.- MEZCLADOR DE RESINA
- 3.- CARRO ALIMENTADOR
- 4.- SECADOR ROTATORIO
- 5.- CLASIFICADOR
- 6.- CICLON
- 7.- PRENSA
- 8.- SISTEMA HIDRAULICO
- 9.- FORMADOR DEL COLCHON
- 10.- TABLERO DEL MOLINO
- 11.- TABLERO DEL MEZCLADOR
- 12.- " " SECADOR
- 13.- " " CLASIFICADOR
- 14.- " " SIST. NEUMATICO
- 15.- " DE LA PRENSA
- 16.- " DEL MOLINO
- 17.- PLATAFORMA PRINCIPAL
- 18.- " DE LA PRENSA
- 19.- ESTRUCTURA DEL CICLON
- 20.- TABLERO DEL SIST. HIDRAULICO

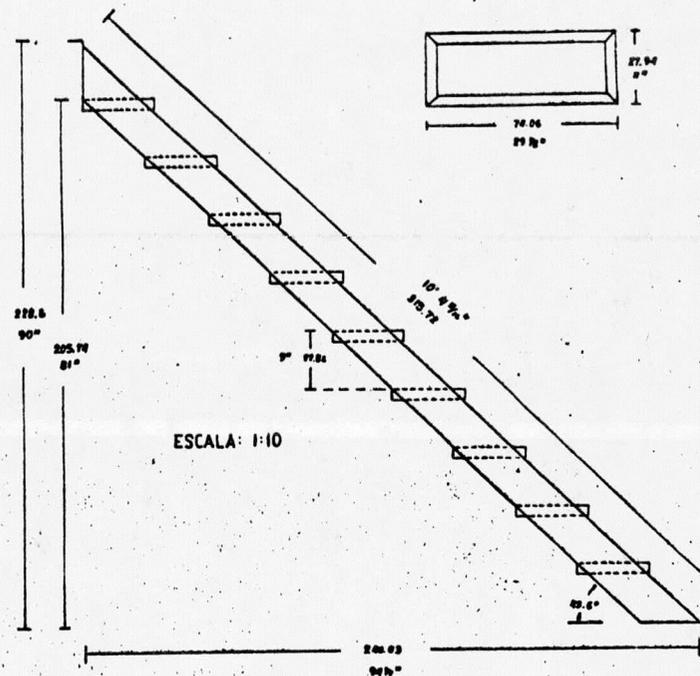
PLANTA PILOTO PARA FIBRAS	
LOCALIZACION: CIM.-UNAM.	
PLANO MAESTRO	
DISTRIBUCION DE EQUIPOS	
ESCALA: 10:30	FECHA: ABRIL-75
DIBUJO: H.A.O.	REVISO: E.V.C.
PLANO NS 1	VO. BO. G.A.L.



VISTA FRONTAL

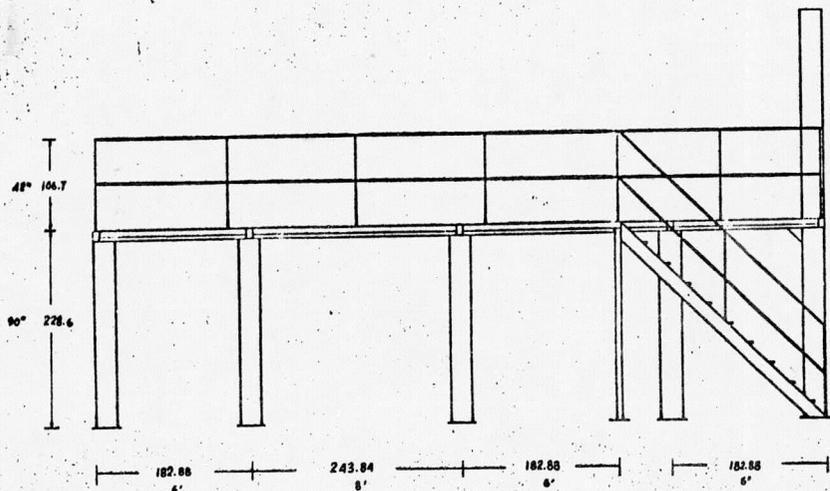


VISTA LATERAL IZQ.

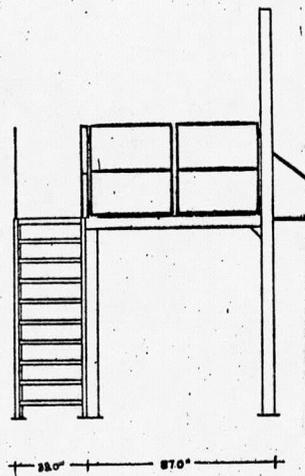


ESCALA: 1:10

ESCALERA

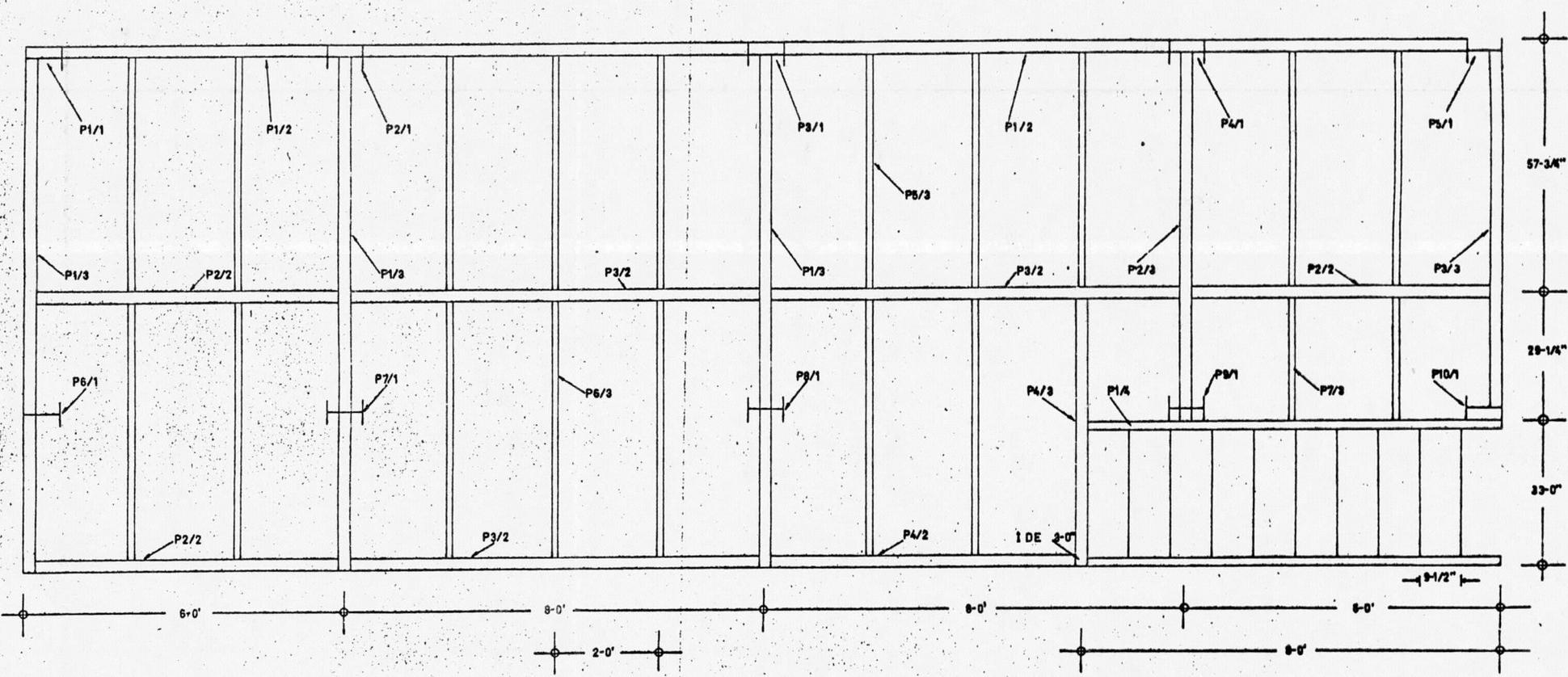


VISTA POSTERIOR



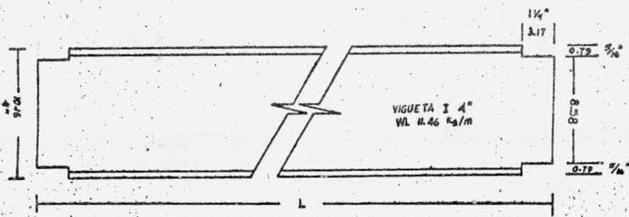
VISTA LATERAL DER.

PLANTA PILOTO PARA FIBRAS	
LOCALIZACION: C I M - U N A M.	
PLATAFORMA	
DIFERENTES VISTAS	
ESCALA: 1:30	FECHA: ABRIL - 75
DIBUJO: G. H. M.	REVISO: E. V. C.
PLANO N° 2	CALCULO: V. L.

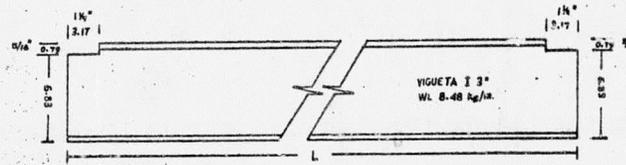


ACOTACIONES	
P1/1...P10/1	COLUMNAS, VIGUETAS IPR DE 8-0"
P1/2...P4/2	VIGUETAS I DE 4-0"
P5/2, P6/2	CANAL U DE 3-0"
P1/3... P4/3	VIGUETAS I DE 4-0"
P5/3... P7/3	CANAL U DE 3-0"
P1/4	CANAL U DE 6-0"

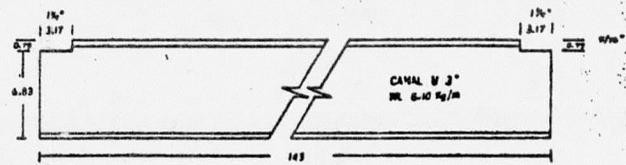
PLANTA PILOTO PARA FIBRAS	
LOCALIZACION: CIM.-UNAM.	
PLATAFORMA-VISTA DE PLANTA	
ESCALA: 1.0":1.0'	FECHA: MARZO-75
DIBUJO: H.A.G.	REVISO: E.V.C.
PLANO Nº 3	CALCULO: V.L.



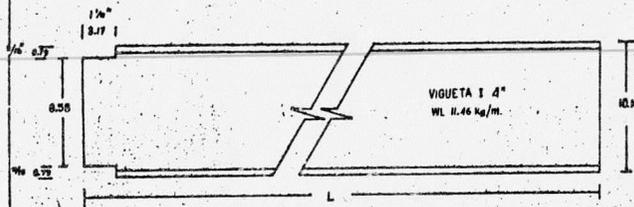
CLAVE	REQUERIDAS	L (cm)
P2/2	1	179.0
P3/2	2	243.6
P2/2	1	179.0



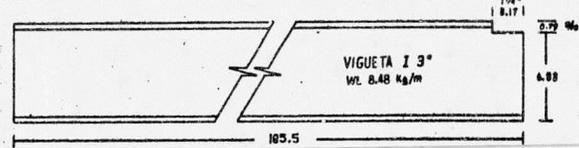
CLAVE	REQUERIDAS	L (cm)
PA/2	1	179.0
PS/2	1	243.6



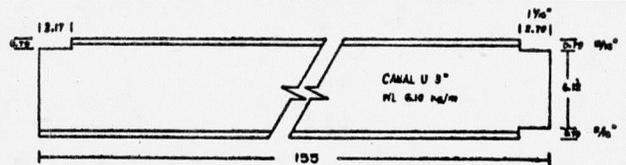
CLAVE	REQUERIDAS	L (cm)
PS/3	10	143.0



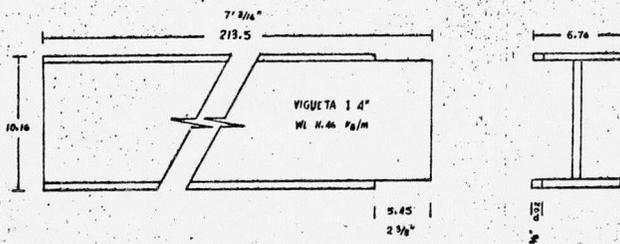
CLAVE	REQUERIDAS	L (cm)
P1/3	3	301.0
P2/3	1	217.2



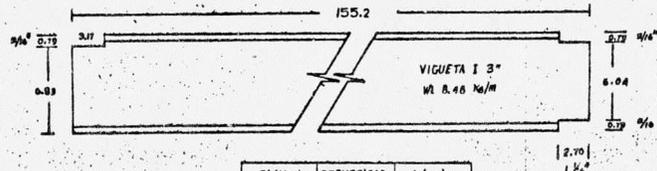
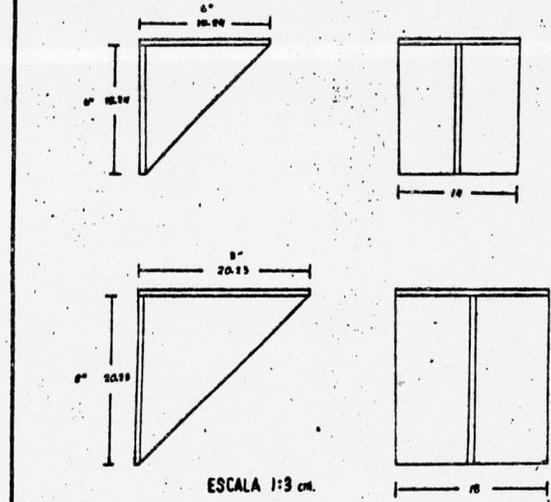
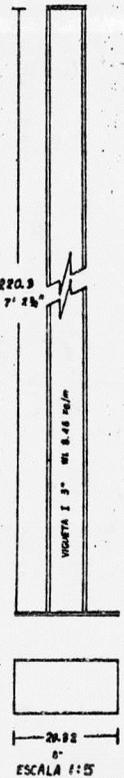
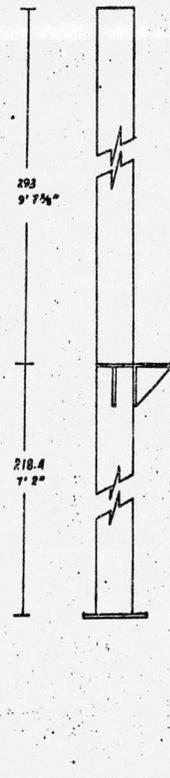
CLAVE	REQUERIDAS	L (cm)
PS/2	1	185.5



CLAVE	REQUERIDAS	L (cm)
PS/3	7	155.0



CLAVE	REQUERIDAS	L (cm)
P3/3	1	213.5

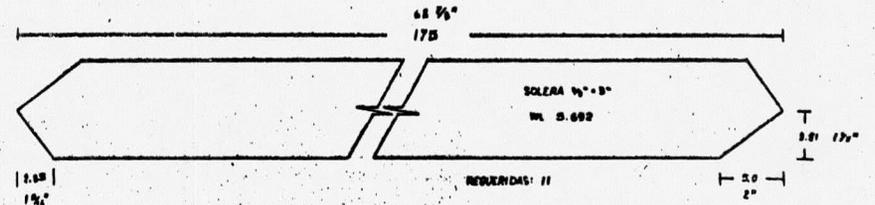
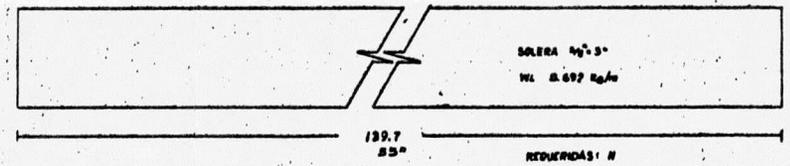
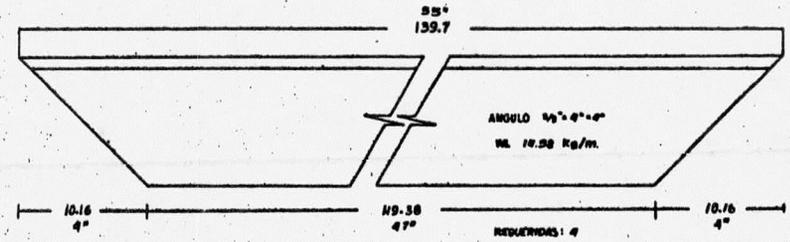
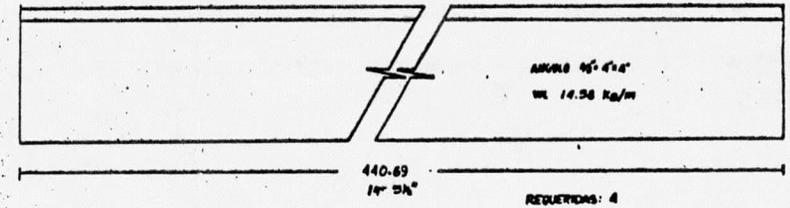
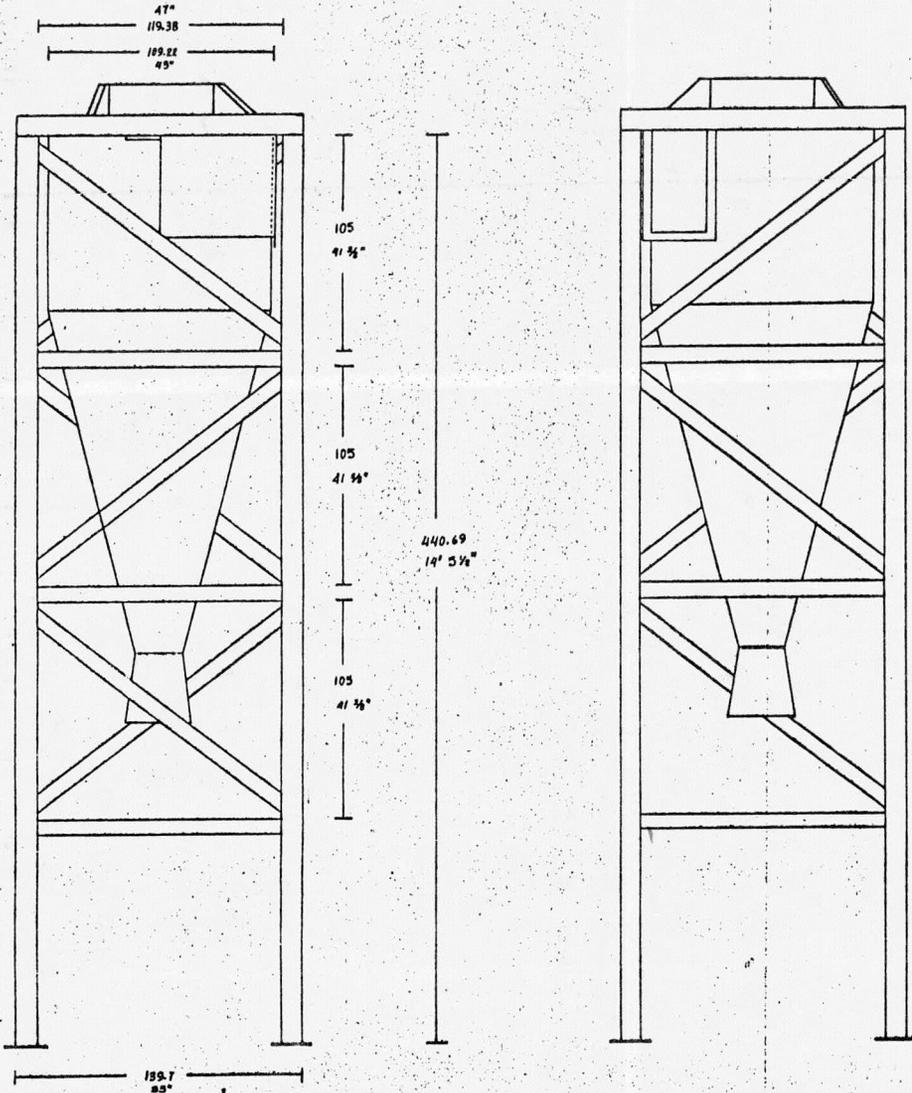
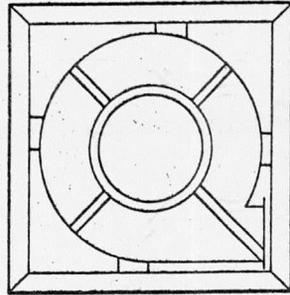


CLAVE	REQUERIDAS	L (cm)
PA/3	1	155.2

PLANTA PILOTO PARA FIBRAS	
LOCALIZACION: C.I.M. - UNAM.	
PLATAFORMA A DETALLE	
ESCALA: 1:2 cm	FECHA: ABR-75
DIBUJO: G. H. M.	REVISO: E. V. C.
PLANO N° 4	CALCULO: V. L.

ESCALA 1:10 cm

ESCALA 1:5



ESCALA: 1:2

PLANTA PILOTO PARA FIBRAS	
LOCALIZACION: C.I.M. - U.N.A.M.	
ESTRUCTURA CICLON	
ESCALA: 1:125	FECHA: ABR-75
DIBUJO: G. H. M.	REVISO: E. V. C.
PLANO N° 5	CALCULO: V. L.

#### 4.2.3. Cotización y mecanismo de compra del material.

Al mismo tiempo se realizaba la elaboración de planos, fue llevada a cabo otra actividad independiente, la cual consistió en hacer un análisis comparativo de los precios y condiciones de venta del material requerido para la construcción por algunas casas proveedoras.

Para esto fueron enviadas las solicitudes de cotización a cada una de ellas; obteniéndose una lista de los costos de material por pieza o por unidad de peso, dependiendo del tipo que se tratara. También fueron consideradas las condiciones de envío, fecha límite de garantía en los presupuestos y exención del impuesto sobre ingresos mercantiles, ya que se trataba de una venta directa a la UNAM.

Como resultado se tuvo que elegir a más de un proveedor, motivado principalmente por que ninguno de ellos tenía en existencia todo el material necesario.

Posteriormente se efectuó una tabulación para estimar el costo total aproximado de material para la estructura principal, del ciclón y sistema neumático. (Ver tabla No. 4).

La estimación realizada fue dada a conocer al gerente del proyecto

para su debida aprobación.

El resultado fue que el costo total no podría cubrirse de inmediato sino que éste se haría en forma fraccionada y a intervalos mas o menos regulares. Trayendo como consecuencia que las compras que se realizaran fueran de aquellos materiales indispensables para mantener el desarrollo continuo de las actividades.

Tipo de Materiales Descripción	Longitud pulgadas	Longitud mts.	Kgs. / mt.	Kgs. Totales	\$/Kg.	Costo Total \$
7 Láminas antiderrapantes de 1/4" x 48" x	120	3.05	200.00 c/u.	1,400	8.57	11,998.00
Vigueta "IPR" de 8"	972	24.68	27.20	672	6.50	4,369.30
Vigueta "I" de 4"	1512	38.40	11.46	440	6.50	2,860.00
Vigueta "I" de 3"	90	2.28	8.48	20	6.50	130.00
Canal "U" de 6"	315	8.00	12.20	98	6.50	637.00
Canal "U" de 3"	1200	30.48	6.10	186	7.00	1,209.00
Angulo de 3/16" 1-1/2" x 1-1/2" x	2500	63.50	2.68	170	6.30	1,071.00
Angulo de 3/8" 4" x 4" x	940	23.87	14.58	348	6.30	2,192.00
Solera de 3/8" x 3" x	1500	38.10	5.70	217	6.30	1,367.10
2 Placas de 3/16" x 48" x	96	2.44	45.53	222	5.50	1,221.00
Placa de 1/4" x 12" x	180	4.57	15.18	69	6.50	448.50
14 Tubos negros de 1" x 250"	3500	88.90		243	16.90/mt.	1,502.40
15 Láminas galvanizadas No. 16. 1/16" x 36" x	72	1.83	11.50	315	8.85	2,796.60
50 Taquetes expansivos de 3/8" x 2"					9.75/und.	487.50
75 Taquetes expansivos de 1/2" x 2-1/2"					16.55/und.	1,241.25
50 Tornillos hexagonales de 3/8" x 2"					1.05/und.	52.50
75 Tornillos hexagonales de 1/2" x 2-1/2"					2.30/und.	172.50
SUB-TOTAL .....						33,755.65
10% de otros gastos menores .....				4,400 kg.		3,375.55
COTIZACION TOTAL .....						37,131.20

TABLA No. 4.

ESTIMACION DEL MATERIAL PARA CONSTRUCCION.

El mecanismo de compra consistió en seleccionar el material que se ajustara más a las dimensiones especificadas por los planos, para evitar así en gran parte los ensambles innecesarios y por otro lado cortes que ocasionarían demasiado desperdicio, elevando consecuentemente el costo de lo presupuestado.

#### 4.2.4. Construcción

La construcción, es la materialización del conjunto de ideas y conceptos plasmados en el proyecto. En ella debe existir la coordinación de actividades, de tal manera que se eviten los lapsos ociosos, que van en detrimento del avance de éstas.

En un principio debió de llevarse a cabo una selección del personal necesario para la construcción de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

Para el presente caso no se realizó ya que con anterioridad se había asignado el personal obrero con el que se debería trabajar, a pesar de que no satisfacían las necesidades pedidas.

Aunque habiéndose pensado en contratar personal más especia -

lizado, o con mayor experiencia, no cabía esta posibilidad en primer lugar, por lo restringido del presupuesto y en segundo término por la misma política de la Universidad, en cuanto a problemas sindicales se refiere.

La secuencia seguida durante la construcción fue la siguiente:

Tomando como punto de partida los planos elaborados con anterioridad, se procedió en primer término a la localización en el piso de los puntos sobre los cuales iban a descansar las columnas que soportarían las estructuras ( ciclón y plataforma ), teniendo que ser niveladas estas áreas de apoyo debido a la pendiente del piso.

Posteriormente se fueron preparando todas aquellas herramientas y equipos disponibles que se consideraron necesarias para poder trabajar: equipo de soldadura autógena y eléctrica, pulidora, taladro eléctrico, y otras de trabajo liviano.

También se tuvo que proveer al personal de los elementos necesarios para resguardar su seguridad.

Una vez que se contaban con los perfiles estructurales, fueron cor-

tándose a las medidas especificadas con el equipo de oxiacetileno. Primeramente las viguetas "IPR" de 8" que constituirían las columnas ; posteriormente se esmerilaron en ambos extremos con el fin de emparejar las irregularidades dejadas por el soplete de corte, para que pudieran soldársele unas zapatas hechas de placa de 1/4" y presentar así las columnas una mayor área de apoyo.

La soldadura que se aplicó en toda la estructura fue de arco eléctrico

Para este tipo de soldadura en las zapatas se requirió que lo hiciera un soldador experto ajeno al proyecto, ya que así lo ameritaba por ser una condición crítica en la estructura.

Todas las columnas se anclaron al piso mediante cuatro taquetes expansivos, y una vez que fueron puestas a plomo todas ellas se les dió un acabado con lechada de cemento.

El armado estructural de la plataforma se realizó con canales "U" de 3" y viguetas tipo "I" de 4", uniéndose la mayor parte con soldadura, y la otra mediante tornillos a manera de que se pudiera desmontar cuando fuera necesario darle mantenimiento al equipo localizado debajo de esa área, -- (motor del molino Bauer).

Finalmente se colocó la lámina antiderrapante fijándola con tornillos y punto de soldadura, hasta terminar con el barandal que se hizo de tubo negro soldado y sujeto a la plataforma mediante tornillos.

#### 4.2.4.1. Aspectos sobre seguridad e higiene industrial durante la construcción.

Se cumplieron con normas amplias de seguridad en el desempeño del trabajo de la planta piloto; dotándose al personal del equipo necesario, con el fin de evitar accidentes por falta de éste.

Es cierto que en ocasiones el uso de este equipo no evita totalmente la lesión, pero sí hace que se reduzca en una forma muy considerable la gravedad de ésta.

Dentro del conjunto de equipos utilizados, figuran los que a continuación se mencionan:

- a). - Gafas y caretas: Este equipo es de extrema importancia para la protección de los ojos. Se usó en todos los trabajos donde existía el riesgo de sufrir daño en ellos, como pudo ser al golpear con martillo y cincel, esmerilar, taladrar y pulir; además de gafas para soldar y contra impactos.
- b). - Guantes: Otro aspecto muy importante fue el cuidado de las

manos; por lo que tuvo que ser aplicado el uso de guantes para el trabajo desempeñado, evitándose así las quemaduras, raspones y machucones. El tipo de guantes utilizado fue el de cuero que cubre hasta la muñeca.

- c). -Dispositivos amortiguadores para ruido (auriculares): fueron usados para proteger los oídos de los ruidos altos producidos durante la construcción como es el martilleo, los originados por la pulidora y otros impactos que eran más marcados por ser un local cerrado.
- d). -Ropa y zapatos adecuados: También se utilizaron este tipo de elementos para evitar las quemaduras en zonas descubiertas del cuerpo por salpicaduras o chisporroteo ocurrido durante la soldadura autógena o eléctrica, así como posibles machucones y golpes en los pies.

La consecuencia de las medidas preventivas que se tomaron en cuanto a seguridad personal se refiere, fue la ausencia total de accidentes en el trabajo que se realizó.

#### 4.3. INSTALACION DE LOS EQUIPOS (12-200)

Anteriormente fue expresado el poder llegar a aprovechar al máximo todo el tiempo disponible, y una de las formas más indicadas era realizar actividades complementarias a las que se encontraban en vías de desa -

rrollo ; pero en algunas ocasiones se prefirió llevar a cabo otras un poco más independientes, como sucedió en el caso de la instalación de los equipos.

Desde un principio se contó con información suficiente del arreglo general de la planta piloto, respetándose la mayor parte de él con miras a realizar los mínimos cambios posibles.

Los planos de arreglo general elaborados en su primera fase fueron la guía en cuanto a relocalización de los equipos se refiere : el molino-Bauer, el mezclador resina-fibra (zig-zag), el secador rotatorio, el tamizador o separador de fibra, la prensa y el formador de colchón (mat-former).

El problema más crítico fue una consecuencia indirecta de la altura del techo del edificio, la cual había motivado bajar un pie de alto a la plataforma con relación a su nivel original, y como la mayor parte del equipo se localiza debajo de ella, ocasionó realizar algunos pequeños ajustes en la localización de las bases de los equipos debido a las nuevas condiciones.

#### 4.3.1. Anclaje del equipo

Una vez establecido el lugar donde quedarían cimentados los equi -

pos, se procedió al anclaje de los mismos ; el cual fue realizado en dos formas diferentes :

- a). - Fijados al piso mediante taquetes expansivos y
- b). - Con anclas en bases de concreto independientes según lo ameritaba el equipo.

En el primero de los casos fue muy sencillo, teniéndose únicamente que nivelar la parte donde descansarían, barrenar los agujeros en el piso con taladro y broca para concreto y así poder meter los taquetes expansivos del tamaño adecuado que lo sujetarían. Esto se hizo para aquellos cuyos esfuerzos de operación se estimaron de poca magnitud, (mezclador, -secador, tamizador, mat-former).

Equipos mayores cuyos pesos y movimientos de operación se consideraron de mayor magnitud, fue necesario hacerles una base especial con anclas que sirvieran para sujetarlos, en vez de los simples taquetes.

Para tal efecto tuvieron que hacerse excavaciones de una profundidad y tamaño que estuviera en función al peso que soportarían, además se les puso un enrejillado con varilla corrugada dejándose sujetadas las anclas que lo fijarían. Lo requirieron: el molino Bauer, el sistema hidráulico de la prensa y la prensa misma.

#### 4. 3. 2. Montaje

En cuanto al montaje de los equipos éste puede ser dividido en dos grupos: para equipo pesado y para equipo ligero.

El primero comprende aquellos que debido a su gran peso requirieron que se tuviera que contratar un servicio externo de alguna casa especializada en el manejo de maquinaria, maniobras, transporte, elevación y movimientos especiales. Para esto se solicitaron las cotizaciones en diferentes casas, las cuales informaron que este tipo de servicios es cobrado por horas, desde el momento en que sale la grúa del lugar donde se contrata. Esto dió margen a que en la selección se tomara como factor importante la distancia que recorrería el equipo contratado hasta el lugar donde se iba a llevar a cabo el montaje, por lo cual se eligió el más cercano al lugar.

Los equipos para los que se consideraron necesarios estos servicios, en un principio fue la prensa con un peso aproximado de 20 tons., y el ciclón, el cual aunque con un peso muchísimo menor pero más voluminoso hacía algo difícil la operación de elevarlo hasta la estructura sobre la cual se tenía que instalar. Aunque a última hora se decidió que el ciclón fuera colocado por parte nuestra.

Para el montaje de la prensa fue necesario que la casa contratada

enviara con anticipación a una persona para que inspeccionara las condiciones del lugar y dimensiones del equipo, con el objeto de que seleccionaran ellos la maquinaria más apropiada para dicha maniobra.

En cuanto a equipo más ligero se refiere, la instalación del molino Bauer, mezclador de resina, secador rotatorio, clasificador de fibra, -- formador del colchón (mat-former) y sistema hidráulico de la prensa con sus respectivos paneles de control; se hizo con personal asignado al proyecto ya que no presentaban mucha dificultad y además los riesgos considerados eran mínimos.

Específicamente para el caso del ciclón y del carro alimentador, -- fue necesario solicitar la ayuda del personal de otras áreas de trabajo. -- En la instalación del primero tuvo que hacerse una estructura auxiliar en la parte superior del cuadro donde tendrfa que sostenerse el ciclón de tal manera que sirviera como punto de apoyo a una polea cuando éste se izara por el lado descubierto de la estructura.

Por otro lado, como el carro alimentador tendrfa que ser colocado sobre la plataforma se hizo una pequeña rampa que facilitara la subida -- con la ayuda de todo el personal.

#### 4.4. INSTALACION NEUMATICA (12-400)

#### 4. 4. 1. Relocalización de la ductería.

En párrafos anteriores se citó que el objetivo del presente trabajo era la instalación de la planta piloto, adaptándose de acuerdo a las limitaciones físicas del local; lo cual originaba tomar medidas tales como la relocalización del ciclón en un sitio completamente diferente al que ocupaba en el arreglo original debido a la poca disponibilidad de altura.

El ciclón como parte integrante del sistema neumático al ser cambiado de lugar trajo como consecuencia una modificación más a la ductería, no obstante se aprovechó al máximo toda la altura disponible del local con la finalidad de que todos los ductos se encontraran a la mayor permitida por la horizontal de la boca de succión en el ciclón; pero aún así ésta no fue suficiente como para evitar otras modificaciones posteriores.

Cabe mencionar ciertas restricciones de diversa índole, tales como estética del edificio y planes a futuro para nuevas construcciones en la parte alta del mismo, impidieron que la salida de la ductería la cual conecta con el extractor se situara en el lugar con menos problemas de instalación, adaptando así el nuevo diseño a tales condiciones. Esto al final redundó en un consumo de tiempo mayor al que se tenía estimado.

#### 4.4.2. Cálculo del extractor

Las condiciones originales del proceso habían limitado el diámetro de la tubería para el sistema neumático a las 13 pulgadas, siendo éstas respetadas en la reinstalación; con el único inconveniente de que no se contaba con el sistema de extracción para realizar el transporte neumático, razón por la que tuvo que llevarse a cabo el cálculo para determinar la potencia requerida por el ventilador y así poderlo adquirir.

A continuación se ilustra la secuencia de cálculo efectuada :

Datos :

Diámetro del ducto = 13"	= 1.083 pies
Area de flujo del ducto	= 0.922 pies <sup>2</sup>
Velocidad recomendada	= 100 pies/seg. ( criterio recomendado para gases a una presión menor de 100 psig. )... (Ref. 10)
Eficiencia motor-ventilador	= 0.60
Densidad de la mezcla	= 0.10 lb/pie <sup>3</sup> ( estimación para una masa de aire y partículas por pie <sup>3</sup> de mezcla a través del ducto ).

a) Cálculo de la longitud equivalente total :

$$L \text{ eq. tot.} = \sum L \text{ hor.} + \sum L \text{ vert.} + \sum L \text{ eq. codos}$$

$$L \text{ eq./codos} = R_o/D_p = \text{radio de curvatura/ diámetro interior.}$$

$$= 1 \text{ mt.} / 0.33 \text{ mt.} = 3.028 / \text{codo.}$$

$$= 3.028 / \text{codo (6 codos).}$$

$$= 18.17 \text{ en mts.}$$

$$L \text{ eq. tot.} = 50.184 \text{ pies} + 28.536 \text{ pies} + 59.6 \text{ pies}$$

$$L \text{ eq. tot.} = 138.3 \text{ pies.}$$

b) Velocidades de flujo :

$$q = vA = (100 \text{ pies/seg.}) (0.922 \text{ pies}^2) = 92.2 \text{ pies}^3 / \text{seg.}$$

$$W = q \text{ m} = (92.2 \text{ pies}^3 / \text{seg.}) (0.10 \text{ lb/pie}^3) = 9.22 \text{ lb/seg.}$$

$$W = (9.22 \text{ lb/seg.}) (3600 \text{ seg./hr.}) = 33192 \text{ lb/hr.}$$

c) Ahora aplicando la fórmula simplificada de Darcy en fluidos compresibles para caídas de presión tenemos :

$$\Delta P_{100} = C_1 C_2 \bar{V} = C_1 C_2 / \rho \text{ m (Crane 3-22)}$$

en donde:

$$C_1 = W^2 \times 10^{-9} = (33192)^2 (10^{-9})$$

$$= 1.1017$$

y para

$$C_2 = \frac{336000 \text{ f}}{d^5}$$

luego con  $Re = d \cdot v \rho m / \mu$

$$= \frac{(1.083 \text{ pies}) (100 \text{ pies/seg.}) (0.10 \text{ lb/pie}^3)}{1.2768 (10^5) \text{ lb/pie-seg.}}$$

$$Re = 8.482 (10^5)$$

entonces con dicho Re, se tiene :

$$f = 0.01625 \quad (\text{Crane A-23})$$

y  $C_2 = 336000 (0.01625) / 13^5 = 0.147$

sustituyendo en la ecuación :

$$\Delta P_{100} = (1.1017) (0.0147) / 0.10$$

$$= 0.162 \text{ lb/pulg.}^2$$

$$\Delta P_{100} = 23.328 \text{ lb/ft}^2$$

Así para la longitud equivalente total :

$$\Delta P = 23.328 \text{ lb/pie}^2 (138.3 \text{ pies}/100 \text{ pies})$$

$$\Delta P = 32.263 \text{ lb/pie}^2$$

d) Y la potencia será :

$$P = \Delta P \times q / 550 \text{ efic.}$$

$$= \frac{(32.263 \text{ lb/pie}^2) (92.2 \text{ pies}^3/\text{seg.})}{550 (\text{lb-ft}/\text{seg.}) / \text{HP} \times 0.60}$$

$$P = 9.0 \text{ HP}$$

Como en el mercado es difícil encontrar motores con esa potencia, se tomó al inmediato superior ya que es mucho más comercial que el calculado, entonces:

$$P = 10 \text{ HP}$$

#### 4.4.3. Especificaciones del equipo adquirido.

A continuación se dan las especificaciones del conjunto ventilador-transmisión-motor recomendados por el proveedor, una vez que se le proporcionaron los requerimientos del sistema neumático:

1 ventilador centrífugo marca Champion, modelo IE, tamaño 30, arreglo 9 (según catálogo), con una capacidad de 3800 CFM, 8 pulgadas -- columna de agua, accionado por medio de transmisión de poleas y bandas -- con motor eléctrico de 10 HP, debiendo girar el rotor del ventilador a 2,159 RPM., con un consumo neto de potencia de 8,25 HP, por lo que se reco -- mienda un motor eléctrico de 10 HP.

1 transmisión compuesta de una polea para el ventilador, una polea para el motor y bandas necesarias.

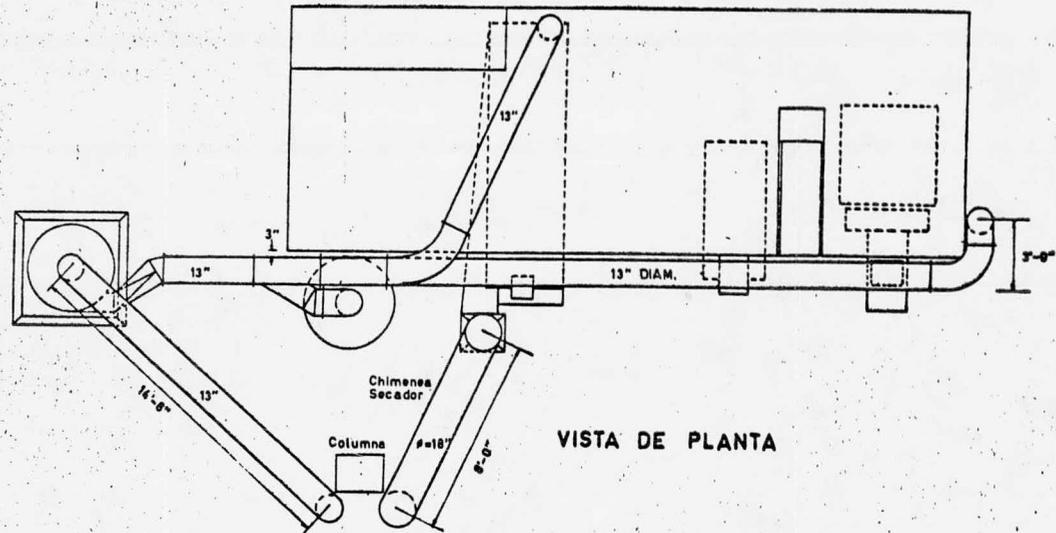
1 motor eléctrico marca Siemens, de 10HP, 4 polos completamente cerrado a prueba de goteo, 220/440 volts, 3 fases, 50/60 ciclos.

#### 4. 4. 4. Adaptación de la ductería, plano de localización.

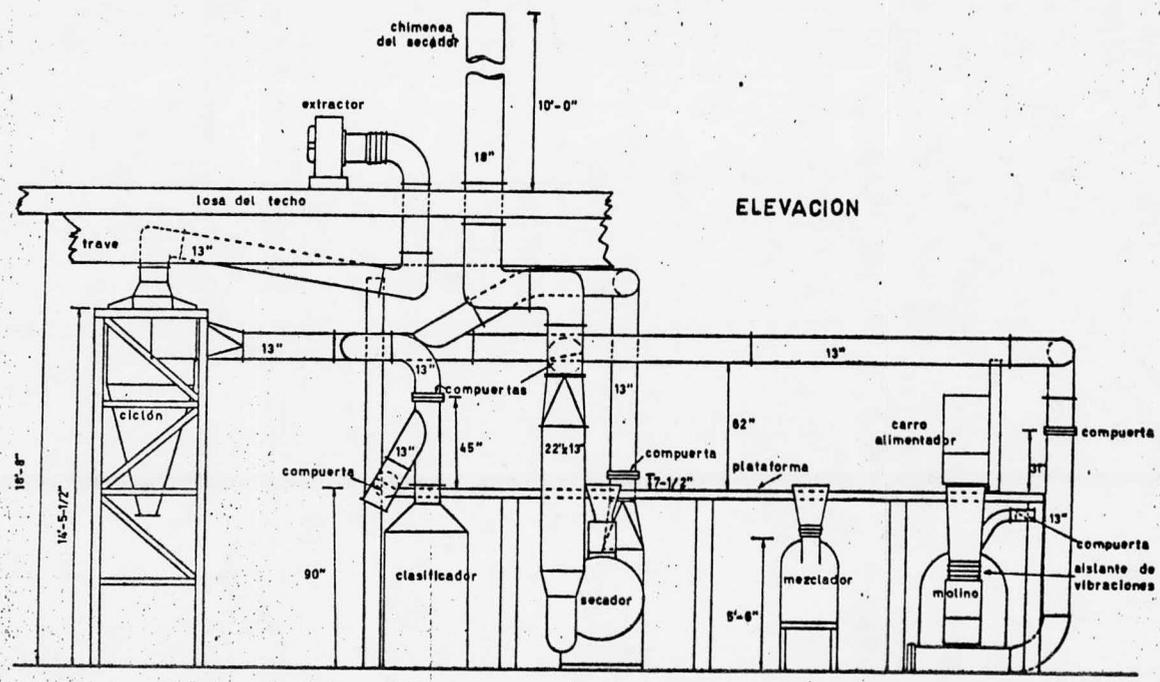
La construcción e instalación de un sistema neumático requiere tanto de planos de localización general como a detalle donde se especifique toda la línea de ductería que comunicará a los diferentes equipos en los cuales tenga que alimentarse o extraerse las partículas que serán transportadas.

Para el presente caso como únicamente se trató de una adaptación -- en la planta, el plano elaborado fue la localización de todo el sistema de ductería a su nueva posición, originado por los cambios requeridos. En él se muestran una vista frontal y otra de planta con algunas medidas del diseño a detalle de las partes principales donde se efectuaron las modificaciones, -- anexándose además los puntos más importantes del ducto correspondiente a la chimenea del secador rotatorio.

Referirse al plano No. 6 sobre Ductería del Sistema Neumático.



VISTA DE PLANTA



ELEVACION

PLANTA PILOTO PARA FIBRAS	
LOCALIZACION: CIM.-UNAM.	
DUCTERIA DEL SISTEMA NEUMATICO	
ESCALA: 3/8"=1.0'	FECHA: ABRIL - 75
DIBUJO: G.H.M.	REVISO: E.V.C.
PLANO No. 5	VO. BO.: G.A.I.

#### 4. 4. 5. Cotización y compra de material y equipo.

Al mismo tiempo que se realizaba la localización de la ductería del sistema neumático, se elaboraba el plano correspondiente, y una vez efectuado el cálculo de la potencia del motor requerido para el extractor del sistema neumático se sometió a consideración del jefe de proyecto la proposición técnica y económica del proveedor; la cual una vez aprobada posteriormente se hiciera la compra bajo las condiciones estipuladas con anticipación del tiempo de entrega, forma de pago y garantía ofrecida sobre el equipo.

La adquisición anterior fue el mayor gasto que se hizo bajo el renglón de sistema neumático, y ésta se presenta en el punto de Capital Invertido en la instalación, al final del capítulo.

Existieron otras compras hechas también para la instalación del sistema neumático, pero de menor cantidad, y que inclusive fueron realizadas conforme se fue adquiriendo el material para la estructura, siendo principalmente: lámina galvanizada del número 16 para fabricar los tramos de ductos faltantes o las modificaciones requeridas; láminas de fierro para las bridas, y hojas de asbesto utilizadas para hacer las juntas que llevarían todas las bridas de unión en los ductos; además de otras consideradas de

muy pequeño desembolso, tales como tornillos, tuercas, soldadura, pegamentos, taquetes expansivos etc.

#### 4. 4. 6. Instalación del transportador neumático.

Para la instalación del sistema neumático fue necesario como primer paso hacer un recuento de toda la ductería existente, seleccionando aquella que mejor se ajustara a los requerimientos de cada equipo a conectar: el molino Bauer, el secador rotatorio, y el clasificador de fibra, con el objeto de reducir a un mínimo las modificaciones al sistema.

La relocalización del ciclón en un punto diferente a su lugar original motivó cambios en la posición de la ductería, principalmente en cuanto a altura se refiere, ya que se encontraba restringida por la entrada y salida del ciclón. El equipo que se vió más afectado por esta restricción fue el clasificador, haciéndose necesario cortarle hasta la longitud mínima permitida al tramo recto que lo uniría con la ductería principal para dejar así el máximo espacio posible y colocar un codo cuyo radio no fuera muy corto y reducir de esta manera la caída de presión; e inclusive para dar una mayor distancia tuvo que ser enterrada su base en el piso lo máximo que permitía el motor que tenía colocado en su parte inferior.

Para el secador, los problemas presentados fueron menores, pues -

to que se aprovechó el diseño de un ducto en forma de "Y" que existía para dar una mayor altura a la succión con el objeto de que la ductería quedara a un nivel que no representara peligro alguno en las maniobras que se llevaran a cabo sobre la plataforma durante la operación de la planta. La principal modificación fue hecha a un codo que se le dió una abertura con un ángulo mayor de  $90^\circ$ .

Para el último equipo que estaría integrado al sistema neumático, es decir el molino Bauer, los cambios también fueron al codo que lo uniría con el ducto principal. En este equipo fue necesario diseñar y construir una compuerta que cerraría el paso a la succión del aire cuando el equipo no estuviera requiriendo del transporte neumático. Además fue necesario emplear más tramos de ductería, para lo cual tuvieron que construirse con las láminas galvanizadas que se habían comprado; cortándose primero a la medida, después llevándose a rolar, y por último soldándose con autógena.

También se efectuaron adaptaciones a la ductería en la entrada al ciclón y en la descarga. En la primera únicamente se modificó ligeramente el ángulo original; pero en cuanto a la salida los cambios fueron mayores ya que en primer término se diseñó una reducción de la boquilla de descarga al diámetro de la ductería en forma cónica y de altura corta. También fue necesario construir un codo de radio corto y de ángulo menor de  $90^\circ$  de tal-

manera que permitiera al ducto de salida librar las trabes del edificio en su recorrido hacia el punto permitido para su interconexión con el extractor - localizado en la azotea del propio local.

Además de la construcción de los ductos faltantes y de las modificaciones a los codos, fue necesario construir varias bridas para unir los ductos, puesto que resultaba más económico que comprarlas nuevas. Así entonces las uniones de todos los ductos del sistema neumático se realizaron - mediante las bridas y juntas de asbesto pegadas para evitar ruidos y sobre - todo fugas.

La soldadura empleada fue una combinación de eléctrica y autógena, dejándose la primera en forma especial para aquellas donde los esfuerzos fueran mayores, por ejemplo en las bridas ; y la segunda para las partes donde el trabajo sería menor, por ejemplo en la soldadura de las modifica - ciones a los codos.

La ductería en forma total fue soportada mediante horquillas "U" - hechas de ángulo de 2" y sujetas a las trabes del edificio, o en ocasiones directamente a la loza de techo mediante taquetes expansivos de 1/2" .

Durante toda la instalación del sistema neumático se requirió hacer uso de un andamio que facilitara las maniobras a diferentes alturas, por tal

motivo tuvo que ser conseguido, trámite en el cual existió un retraso en un principio por lo tardía que fue su entrega.

Cabe mencionar un punto, que aunque ya no formaba parte del sistema de extracción, estuvo muy ligado a él, se trata de la chimenea del secador rotatorio para la salida de los gases de combustión. Esta ductería es de un diámetro de 22" en la salida de una reducción de la forma cuadrangular a circular, por tal razón fue necesario construir toda la ductería de ese diámetro, además de dos codos y sus bridas respectivas.

Finalmente, considerando las normas para la prevención de accidentes, en cuanto a ductos y equipos cuyas temperaturas puedan ser causa de accidentes por quemaduras, éstas recomiendan que se aislen todos aquellos que posean temperaturas mayores de 50°C, y los ductos hasta una altura tal que no representen peligro alguno por quemaduras en el personal que labora en la planta.

#### 4.5. PROTECCION DE LAS SUPERFICIES EXTERIORES DEL EQUIPO E INSTALACIONES (12-160; 12-470)

##### 4.5.1. Aspectos sobre la función del color en la seguridad.

La industria ha encontrado un poderoso aliado en el color, tanto para prevenir accidentes como para hacer más agradable la tarea del trabajador,

(efecto psicológico que producen los colores).

De ser posible se aprovechará al máximo la luz natural, disponiendo los tragaluces y ventanales de forma que se eviten los deslumbramientos directos y reflejados. Hay que evitar las sombras y los contrastes fuertes. - La luz es un factor esencial para el rendimiento laboral y para la prevención de accidentes. El alumbrado requiere atención y renovación periódica de los focos de luz, ya que tienen duración limitada, pierden intensidad y se ensucian.

La iluminación artificial es usualmente deficiente en uno o más colores, por lo que se tienen defectos visuales, como se señala a continuación: la luz fluorescente alterna una deficiencia de los componentes azules, verdes y amarillos; la luz de foco tiene muchos rojos y amarillos; y muy pocos colores se aprecian bien bajo la iluminación de gas mercurio o de sodio.

De aquí que las comparaciones o juicios sobre los colores no se pueden hacer con exactitud bajo luz artificial, a menos que se adopten ciertas precauciones para obtener iluminación en la que se incluyan todos los colores. Estas indicaciones deben considerarse cuando se pinten letreros que adviertan el peligro, para equipo y áreas de trabajo.

Algunas de las combinaciones recomendables son las siguientes: a -

marillo y negro ; verde sobre blanco ; negro sobre el blanco. Asimismo se recomienda no hacer las siguientes combinaciones : rojo y verde ; rojo y azul.

Así el color bien usado, disminuye la fatiga de la visión, reduce el índice de accidentes y mejora el estado de ánimo de los trabajadores.

Para lograr los resultados apetecidos se deben corregir o evitar los contrastes de los colores, no sólo en el campo limitado a la visión de trabajo, sino también en el recinto en que se labore.

Concluyendo que el acondicionamiento del color, conjuntamente con una correcta iluminación ayuda a evitar contrastes muy fuertes, y los esfuerzos excesivos de la vista y fatiga de la misma son reducidos, por consiguiente al mínimo, y consecuentemente también los accidentes de trabajo que surjan a raíz de ello.

#### 4.5.2. Selección, compra y ejecución de la pintura.

La selección del color principalmente para la estructura y la ductería se efectuó de acuerdo a criterios de personas experimentadas como son los fabricantes y proveedores de pinturas, los cuales recomendaron aplicar un primario a base de óxido de plomo y resina alquídica (Primer) y para el acabado un "amarillo seguridad" en cuanto a estructura se refiere; y pa-

ra la ductería del sistema neumático se especificó pintura color aluminio -- con resistencia a temperaturas altas, debido a que a través de ella circularía el aire caliente del secador.

La compra del material requerido para la pintura estuvo constituido por : el color primario, el amarillo seguridad, el color aluminio, disolvente y otros menores como lijas, estopa, brochas y coladores.

La secuencia seguida durante la pintura fue : primero pintar toda la ductería ; para lo cual se limpiaron las superficies quitando el polvo, escorias y el óxido.

Posteriormente la estructura, la que requirió que se le aplicara el "primer" como fondo y después el acabado de amarillo seguridad.

Todo lo anterior fue pintado con pistola de aire para darle un mejor acabado, y fue realizado por el personal obrero de la planta.

En esta parte del trabajo efectuado es cuando se tuvo que hacer uso de mascarillas mecánicas protectoras (respiradores) contra la aspiración de la neblina de pintura suspendida en el aire y de los solventes utilizados también.

#### 4.6. INSTALACION ELECTRICA (12-300).

#### 4.6.1. Estudio preliminar.

Simultáneamente a la instalación del sistema neumático, se efectuó la instalación eléctrica como una de las últimas fases del proyecto. Esta actividad comprendió el estudio de la información existente al respecto y un breve estimado del material más indispensable para su realización.

Del análisis de los planos eléctricos de la planta piloto para dar servicio a todos los equipos, se concluyó que estaba fuera de nuestro alcance el poder realizar o dirigir su instalación debido a sistemas complejos en los paneles de control, principalmente con el de la prensa, el cual está programado para dar diferentes ciclos de prensado; siendo de menor dificultad los circuitos del panel de control del secador y el del molino Bauer. Por esta razón se vió la necesidad de solicitar los servicios de personas de mayor experiencia en el ramo y poder llevar así a cabo la instalación eléctrica.

#### 4.6.2. Ejecución de la electrificación.

Se solicitaron cotizaciones a varias firmas dedicadas al ramo de instalación eléctrica de equipos industriales, con el objeto de hacer un análisis de cada una de sus proposiciones y seleccionar aquella que ofreciera las mejores ventajas técnicas y económicas.



Una vez firmado de conformidad el contrato para la instalación de la planta piloto, dió principio ésta, la cual quedó estipulada que a partir de la fecha firmada la electrificación quedaría terminada en un lapso de dos meses hábiles.

#### 4.6.3. Aspectos sobre la instalación eléctrica.

Durante la actividad de instalación el principal problema que se presentó en la planta fue el que todos los motores habían sido construidos para un voltaje de 440, mientras que la alimentación disponible en el edificio era sólo de 220 volts. Para solucionar el problema se plantearon tres alternativas posibles :

1. Cambiar el voltaje en el devanado de los motores, lo que ameritaba el tener que adaptar todos los controles y cableado eléctrico de la planta.
2. Proporcionar a la planta energía eléctrica de 440 volts. , para lo cual era necesario adaptar el transformador existente de 220 -- a 440 volts. Para esto la planta consumiría una potencia que casi agotaría la disponible en la sub-estación, limitándose así expansiones futuras del edificio por falta de electrificación.
3. Adquirir un nuevo transformador de 440 volts. exclusivamente pa

ra la planta piloto y evitar así readaptaciones del equipo o cambios innecesarios.

Se optó por ésta última, como la solución más viable y conveniente a las necesidades.

Con la nueva fuente de energía de 440 volts., fue necesario adquirir un tablero de distribución general exclusivamente para la planta piloto.

#### 4.6.4. Información técnica proporcionada.

Una vez efectuada la instalación completa, se realizaron las pruebas a todo el sistema eléctrico para comprobar su funcionalidad por equipo y en conjunto, resultó satisfactoria (Pruebas en vacío).

El contratista encargado de la instalación eléctrica al terminar su trabajo proporcionó algunos informes técnicos como lo son planos y diagramas de control eléctrico de algunos equipos que así lo ameritaban. La información se anexa a continuación.

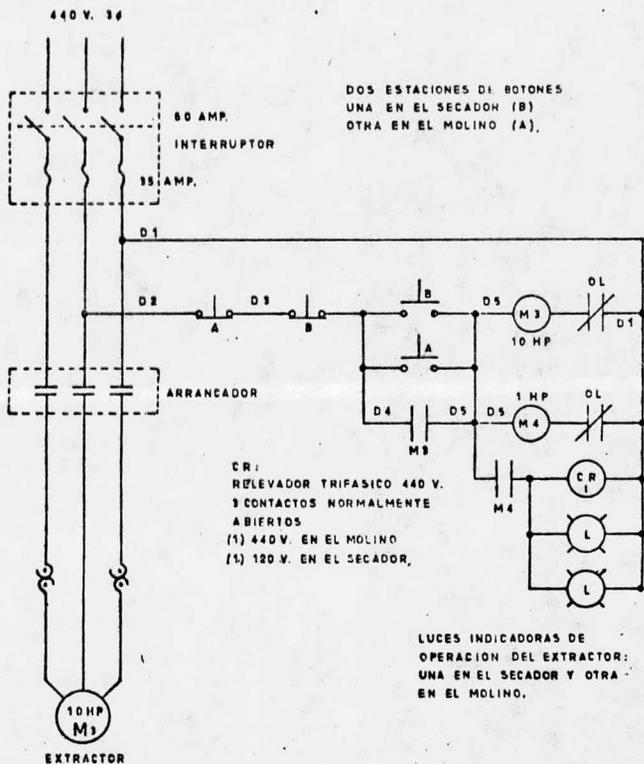


FIG. No. 7 DIAGRAMA DE CONTROL DEL EXTRACTOR

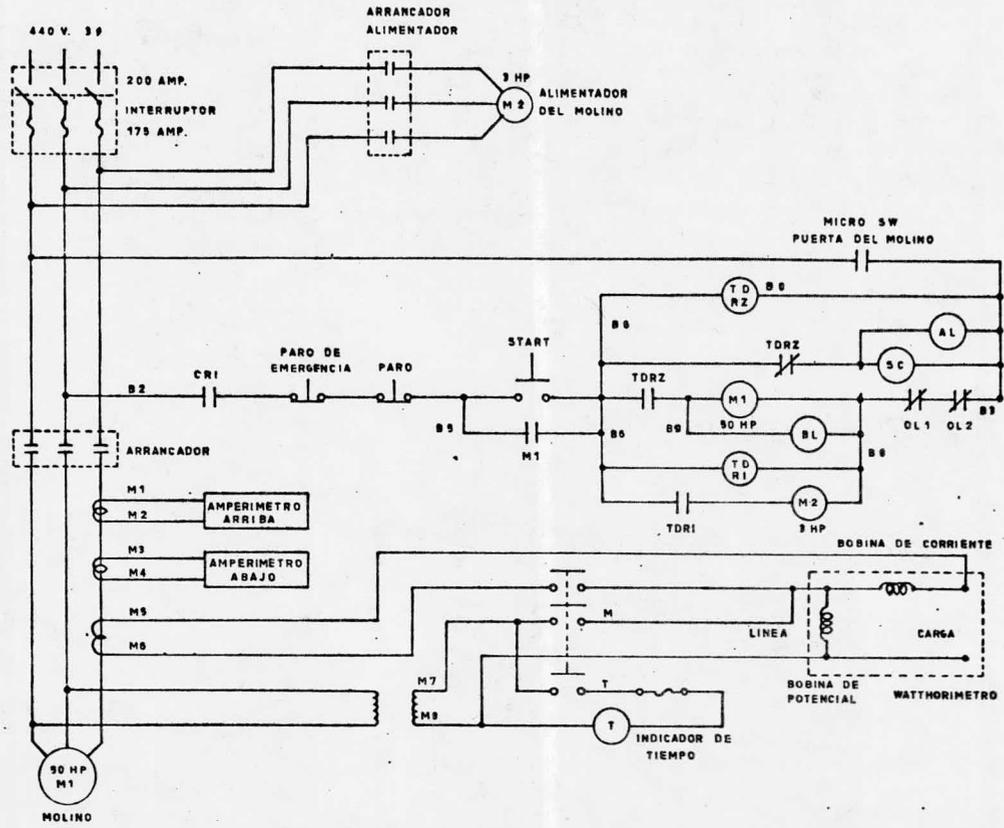


FIG. No. 8 DIAGRAMA DE CONTROL DEL MOLINO Y SU ALIMENTADOR

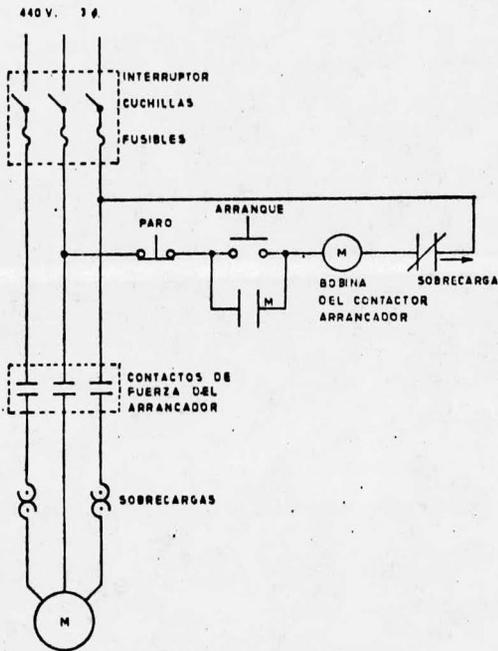
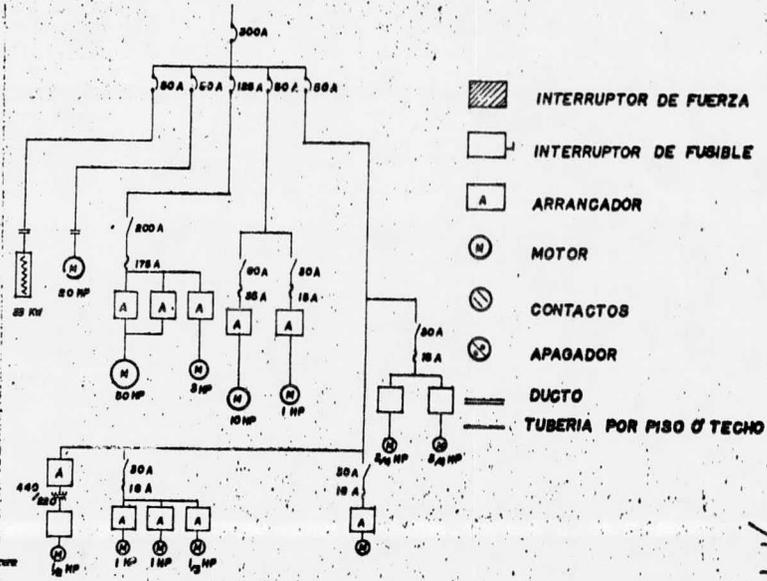
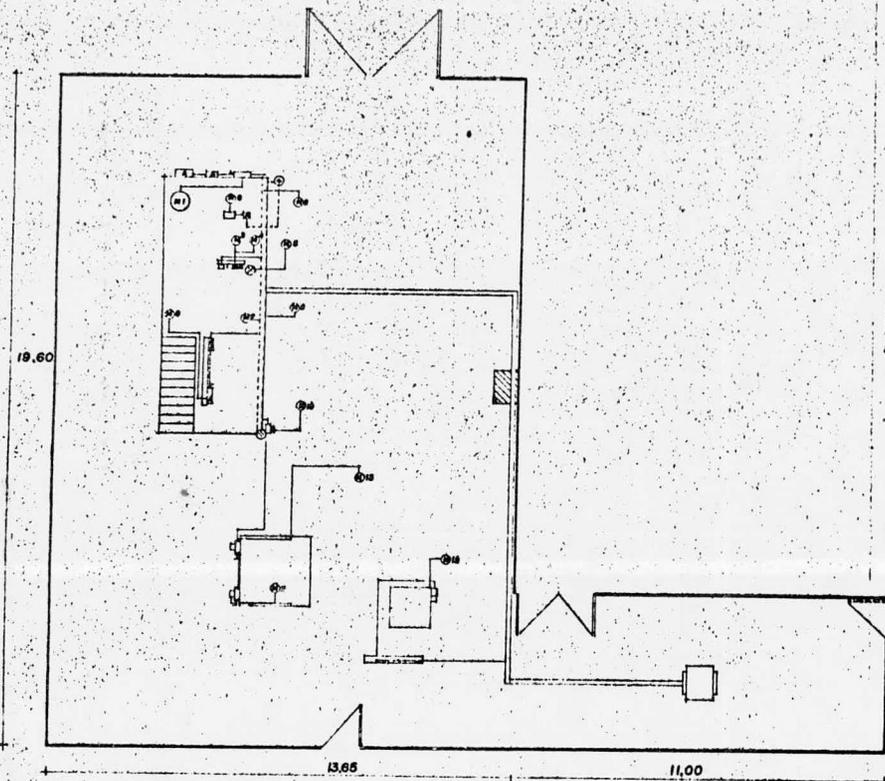
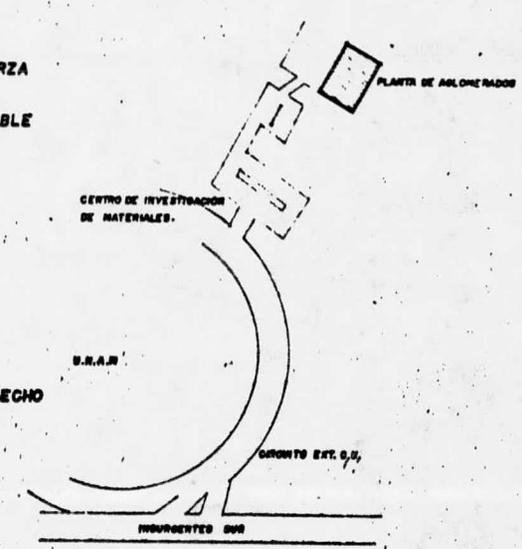


FIG. No. 9 DIAGRAMA DE CONTROL CON ARRANCADOR MAGNETICO Y ESTACION DE BOTONES.



- INTERRUPTOR DE FUERZA
- INTERRUPTOR DE FUSIBLE
- ARRANCADOR
- MOTOR
- CONTACTOS
- APAGADOR
- DUCTO
- TUBERIA POR PISO O TECHO



MOTOR	POTENCIA HP.	PROTECCION INT. FUSIB.	ARRANCADOR	MARCA	CONDUCTOR	TUBERIA	ELEMENTO TERMINO	REG. D. E. R.
1	50	200-175	EO-1	8'D	3# 2	T-32	C-83	
2	3	30-15	BO-2	8'D	3# 12	T-13	B-025	
3, 4, 10	3/4	30-15	BO-2	8'D	3# 12	T-13	B-187	
5	1/8				2# 10	T-13		
6	1/2	30-15	BO-2	8'D	3# 12	T-13	B-118	
7, 9, 11	1	30-15	BO-2	8'D	3# 12	T-13	B-21	
8	1/3	30-15	BO-2	8'D	3# 12	T-13	B-103	
12	20	100-70	DO-1	8'D	3# 8	T-19	B-32	
13	10	60-35	CO-3	8'D	3# 12	T-19	B-22	

CTO.	1 1/2 HP	1/2 HP	1/4 HP	3/4 HP	1 HP	3 HP	10 HP	30 HP	50 HP	55 HP	220V	SUMA TOTAL WATTS	WATTS FASE A	WATTS FASE B	WATTS FASE C
C-1											1	33,000	11,000	11,000	11,000
C-2											1	14,920	4,973	4,973	4,973
C-3											1	39,538	13,179	13,179	13,179
C-4		1	1	3	2							3916.8	1,305.6	1,305.6	1,305.6
C-5											1	8,209	2,736.3	2,736.3	2,736.3

INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA S.A.  
 INSTALACION ELECTRICA DE LA PLANTA PILOTO  
 DE ALOJERADOS DEL C.I.M.  
 PROPIETARIO: CENTRO DE INVESTIGACION DE  
 MATERIALES  
 UBICACION: CIUDAD UNIVERSITARIA  
 DIBUJO: PROYECTO RESPONSABLE: MCT  
 R.A.M. R.L.G. REG. SIG. DOE/VI  
 ENE 3179 1007 EN NTR. FECHA: 24 VII 70  
 PLANO No. 7

#### 4.7. NOTAS FINALES SOBRE LA CONSTRUCCION.

Dentro de este renglón se englobarán ciertos aspectos acerca de la construcción, los cuales darán un panorama resumido y más claro del orden de magnitud de dicha etapa.

##### 4.7.1. Toneladas de equipo instalado.

Para la estimación del peso de los equipos instalados en la planta piloto se consideró lo siguiente:

- a) Molino Bauer con dos tableros de control.
- b) Mezclador de resina con un tablero de control.
- c) Secador rotatorio con un tablero de control.
- d) Clasificador de fibra con un tablero de control.
- e) Ciclón con un tablero de control.
- f) Prensa hidráulica con un tablero de control.
- g) Sistema hidráulico con un tablero de control.
- h) Extractor para el sistema neumático.
- i) Carro alimentador.
- j) Formador de colchón (mat-former).

El peso total considerado por todos los equipos citados fue de unas 35 toneladas aproximadamente.

#### 4.7.2. Kilogramos de perfiles estructurales.

Para cubrir este punto, se hace la comparación del perfil estructural estimado en la tabla 4, contra los kilogramos totales comprados para la instalación de la planta piloto.

Estimados para construcción	=	4,400 kgs.
Compras totales	=	4,700 kgs.
Diferencia	=	300 kgs. (+6.4%).

El porcentaje que existió como una diferencia se obtuvo por el motivo siguiente : es prácticamente imposible encontrar los perfiles a la medida necesaria, de tal manera que el desperdicio sea nulo al utilizarlos en la instalación.

En este caso puede ser considerado como despreciable dicho sobrante de material.

#### 4.7.3. Consumo de electrodos utilizados en soldadura.

El gasto aproximado que se tuvo de electrodos fue de unos 75 kilogramos; de los diámetros siguientes: 3/32", 1/8" y 5/32", utilizando los tipos E-6013 y E-7018 (\*). Las marcas usadas fueron Infra y Eutectic.

(\*) Clasificación de la Sociedad Americana de Soldadura "AWS".

#### 4.7.4. Potencia consumida en los equipos instalados.

Aquí no se tomó en consideración el gasto por iluminación del local donde se encuentra la planta piloto, ni tampoco el consumo por los instrumentos de la misma ; sino únicamente los equipos que se montaron, siendo éstos :

<u>Equipo</u>	<u>Consumo por</u>	<u>HP</u>
Molino Bauer	motor	50
Molino Bauer	motor	3
Mezclador de resina	motor	3/4
Mezclador de resina	motor	3/4
Mezclador de resina	motor	1/6
Secador rotatorio	motor	1
Secador rotatorio	motor	1
Clasificador	motor	3/4
Carro alimentador	motor	1/2
Ciclón	motor	1
Extractor	motor	10
Sistema hidráulico	motor	20
Prensa calentamiento	resistencias	44-1/4

La suma de las potencias de los equipos instalados en la planta pilo -

to resultó ser :

Potencia mecánica total = 133.2 HP

Potencia eléctrica total = 99.3 KW

#### 4.7.5. Capital invertido en la instalación.

El costo global originado durante la instalación, adaptación y acondicionamiento de la planta piloto ascendió aproximadamente a :

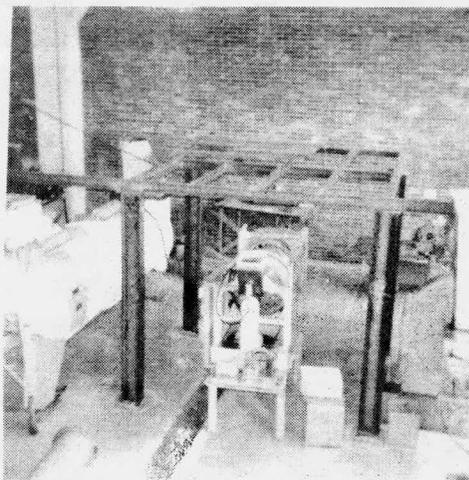
\$ 230,000.00  $\pm$  2 %

y las erogaciones fueron realizadas en los siguientes renglones, expresadas como un porcentaje del total :

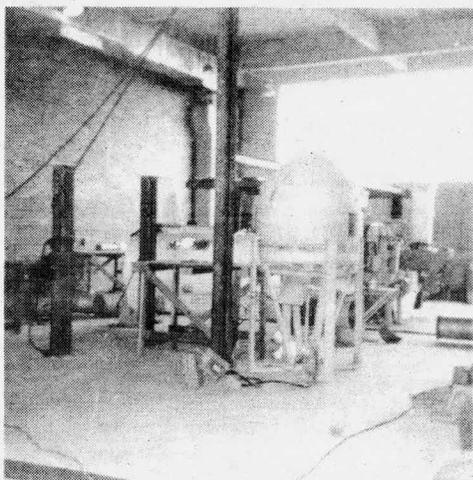
a) Instalación eléctrica	59.20 %
b) Estructuras y ductería neumática	16.14 %
c) Reposición de instrumentos	9.61 %
d) Extractor ( sistema neumático )	6.96 %
e) Acondicionamiento mecánico de prensa	2.61 %
f) Pintura general	2.20 %
g) Electrificación del sistema neumático	1.31 %
h) Diversos menores	<u>1.97 %</u>
	100.00 %

#### 4.7.7. Secuencia fotográfica de los avances de la planta.

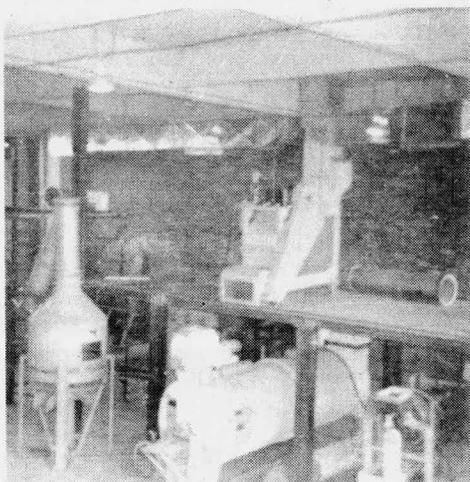
A continuación se presenta una secuencia fotográfica que muestra diferentes aspectos que fueron sucediéndose durante la construcción de estructuras, montaje de equipos e instalación neumática y eléctrica de la planta -- piloto.



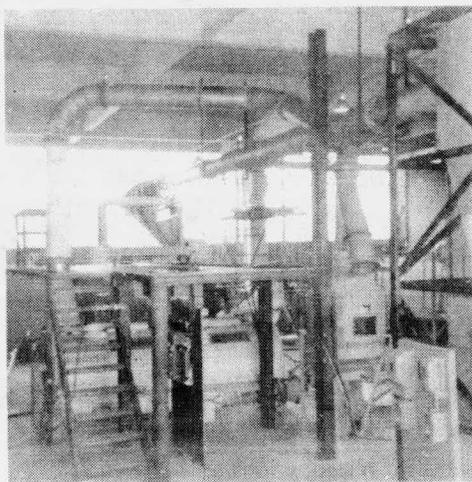
Vista frontal del armado de la plataforma, molino Bauer (derecha), mezclador de resina (centro), y secador rotatorio (izquierda).



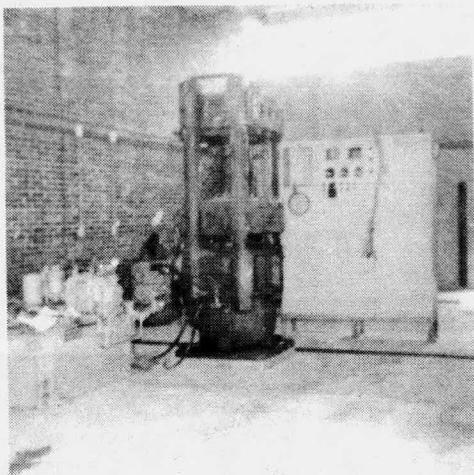
Vista lateral de las columnas de la  
plataforma. Clasificador en primer  
plano.



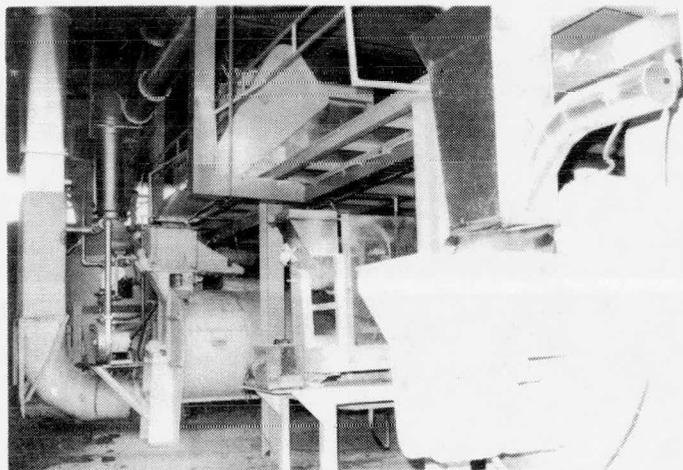
Piso de la plataforma con el carro alimentador de los equipos.  
Comienzos de la instalación de ductería del transportador neumático.



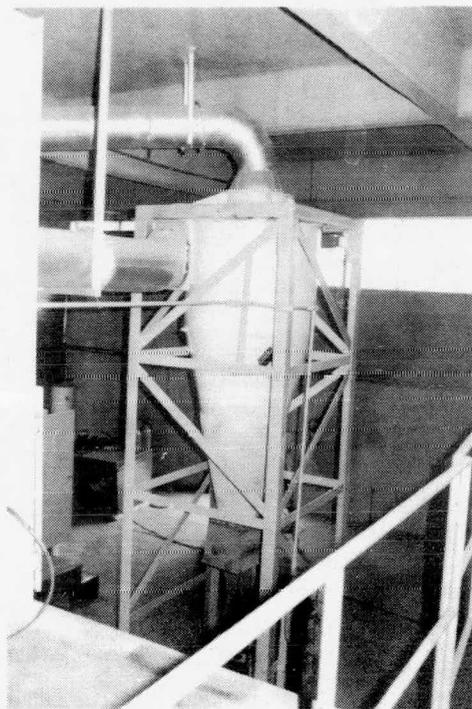
Otro aspecto de la plataforma y avances de la instalación de transporte neumático. Table -  
ros de control de los equipos.



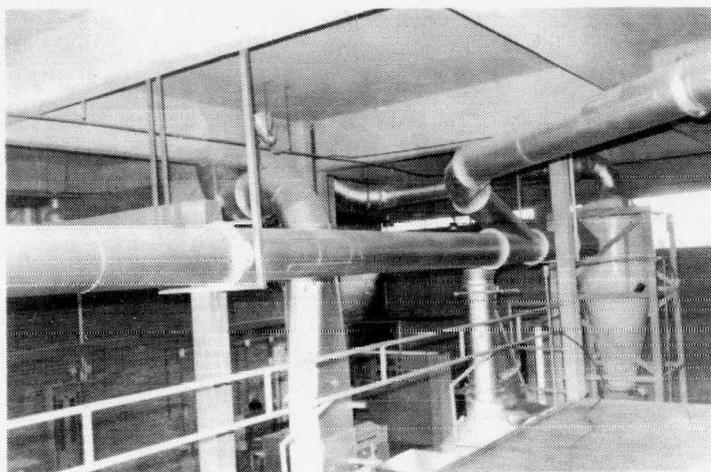
Inicio de la instalación del sistema hidráulico,  
prensa y su tablero de control.



Equipos con sus tolvas de alimentación, carro alimentador, chimenea del secador, línea de tubería eléctrica y ductería del transportador neumático.



Estructura del ciclón. Boca de succión (ducto lateral), salida que conecta al extractor (ducto superior).



Ductería terminada del sistema de transporte neumático, chimenea del secador y detrás de ella el "mat-former", conexión del ciclón al extractor.

#### 4.8. ASPECTOS GENERALES SOBRE LA MATERIA PRIMA.

El tablero aglomerado se encuentra constituido por la materia prima y otras consideradas como aditivos, las cuales le imparten determinadas propiedades al producto terminado.

Dentro de la materia prima, la principal que lo integra son las partículas o fibras vegetales, como por ejemplo, la madera picada; la pajilla; cascarillas de arroz, trigo, café; el lino; la fibra de coco; el bagazo de caña de azúcar, etc. Por otro lado, le sigue en importancia la resina (adhesivo), goma o aglutinante natural o sintética, la cual tiene como función el mantener unidas las partículas o fibras del tablero una vez aplicada determinada presión y temperatura.

En la práctica, de hecho no se realizó la actividad de localización de fuentes de abastecimiento de varias materias primas (partículas y fibras), sino que solamente se limitó a proveer la fibra del bagazo de caña, la cual se almacenó dentro del local de la planta piloto para que se efectuaran las pruebas cuando esta pudiera operar completamente. Al bagazo almacenado se le agregó un aditivo para evitar la podredumbre, ya que venía con bastante humedad además de un retardante de fuego.

En cuanto a la adquisición de la resina se contaba con la oferta de algunas industrias del ramo a donar determinada cantidad de monómero pa-

ra cuando se fueran a llevar a cabo las pruebas con carga de los equipos de la planta.

#### 4. 8. 1. Adhesivos más usados en los tableros aglomerados.

Entre otros se encuentran, las resinas de urea formaldehído, melamina-urea-formaldehído concentrada, y las resinas fenólicas vienen a ser las más usadas dentro de la industria de los aglomerados.

##### 4. 8. 1. 1. Resinas de urea-formaldehído.

Es dentro de las resinas, la que más ampliamente se usa en las -- plantas existentes para fabricar tableros, por lo cual muchas de ellas han sido diseñadas en base a las propiedades que posee.

Entre las virtudes más relevantes de la urea-formaldehído, pueden citarse las siguientes :

- a). - Bajo costo. Posee un bajo costo por libra de sólido en relación a otras resinas termofijables.
- b). - Curado rápido. Los ciclos de baja presión pueden ser usados con esta resina. La adición de un catalizador puede acelerar -- favorablemente la velocidad de curado. En la práctica la velo-  
cidad está limitada a la necesidad de evitar que el curado se --

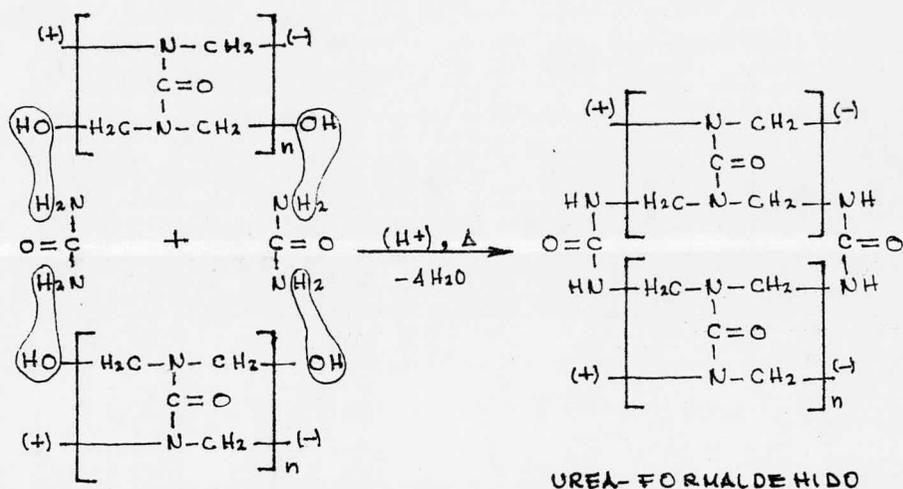
lleve a cabo sobre las partículas antes de que el colchoncillo — sea comprimido en la prensa caliente. El intervalo de curado oscila entre los 150-200 °F.

- c). - Conveniencia del proceso. Es usada comunmente por la buena adherencia que se logra entre las partículas y la urea-formaldehido, haciendo que el colchoncillo mantenga la forma dada en el prensado y además presenta muy pocos rebordes en las orillas, eliminándose así un terminado costoso del tablero obtenido.
- d). - Color claro. La resina de urea-formaldehido imparte al table ro una coloración clara que favorece los acabados naturales.
- e). - Base acuosa. La resina es comunmente suministrada bajo la forma de resina en solución acuosa conteniendo de un 60-65 % de sólidos y con una viscosidad de 200-500 cp; pudiendo ser utilizada así como se recibe del proveedor o ser diluida con agua para reducir la viscosidad y mejorar el roceado de la solución.

La resina de urea-formaldehido se encuentra disponible también en forma de polvos, los cuales pueden ser reconstituidos en solución acuosa; forma que se hace conveniente para embarques a las plantas de tableros que se encuentran aisladas.



La polimerización es mixta por la abertura del doble enlace azome -  
fínico y por la urea que forma enlaces cruzados entre las cadenas a través -  
de los oxhidrilos.



Notación 4:2 para la urea-formaldehido ; obteniéndose :

Termoplásticos cuando  $n_4 \geq n_2$

Termofijos cuando  $n_4 < n_2$

En especial la familia de los ureidoplásticos presentan la ventaja sobre los fenólicos de admitir todos los colores desde opacos con pigmentos -- minerales, translúcidos y transparentes obtenidos con colorantes orgánicos.

Debido a que son incoloros es por ello la superioridad de los tableros aglomerados obtenidos con este tipo de resinas, a diferencia de los fenólicos que resultan casi siempre café-rojizos o de un color rojo vino. Además puede afirmarse que le transfiere al tablero las propiedades siguientes:

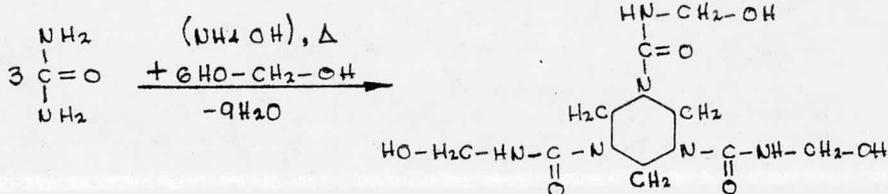
**Ventajas.** - Estables a temperaturas moderadamente altas; resistentes a los agentes orgánicos y viables en todos los colores.

**Desventajas.** - Baja resistencia a los choques e impactos; aparición de manchas por repolimerización después del moldeo.

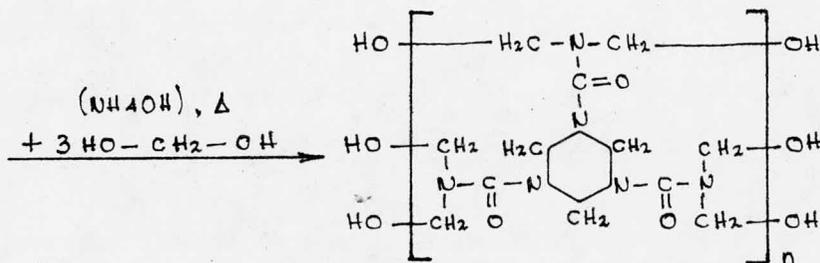
Las dos principales objeciones al uso de la resina de urea-formaldehído son su tendencia a liberar emanaciones de formaldehído gaseoso cuando el tablero terminado está expuesto al calor y/o a la humedad; y la falta de completa durabilidad de la resina. Estas desventajas se superan cubriendo el tablero terminado con un sello de pintura o laca sobre la superficie del mismo, y por otro lado la urea-formaldehído puede ser modificada (reforzada) mediante la adición de resorcinol-formaldehído o resina de melamina-formaldehído; aunque los costos totales por el uso de estas técnicas

parecen ser un poco más altos que la utilización del fenol-formaldehído.

B) Catálisis alcalina amoniaca para la urea-formaldehído.



CICLO TRIMETILEN 2,4,6, TRIMETILOL  
TRIUREA 1,3,5



ESLABON MONOMERO

CICLO TRIMETILEN 2,4,6, HEXA-  
METILEN TRIUREA 1,3,5.

Sistema del tipo 6:2 en donde si:

$n_6 \geq n_2$  se obtendrán termoplásticos; y si

$n_6 < n_2$  se obtendrán termofijos, ya que a través de los 6 hidroxilos la urea produce puentes entre las cadenas.

#### 4.8.1.2. Melamina-urea-formaldehido concentrada.

Si es adicionada melamina a la urea-formaldehido concentrada en lugar de urea como también pudiera hacerse, la resina que finalmente se forma en la operación de prensado en caliente es una resina mezclada en la que la proporción de melamina a urea es aproximadamente de 60:40 en peso.

Tal es la resina, que resulta grandemente mejorada su resistencia al calor y al agua, por lo que puede ser usada para fabricar tableros aglomerados para exteriores.

El costo de este tipo de adherente es ligeramente mayor que el costo equivalente en cantidad a resina de fenol-formaldehido; pero la velocidad de curado de la resina a base de melamina puede ser ajustada con un catalizador ácido de tal manera que resulte mayor significativamente a la resina de fenol-formaldehido. Esta rapidez en el curado supone una importancia económica considerable en plantas basadas en prensas de abertura única. La adición de cristales espolvoreados a la urea-formaldehido concentrada forma

una pasta aguada, ya que la melamina no es soluble. Si la mezcla es calentada por un corto periodo, la melamina se disolverá, reaccionando parcialmente para formar una solución que permanecerá estable cuando enfríe al final de varias horas.

La adición de melamina a la urea-formaldehído le transfiere al tablero que se fabrica con ella, propiedades retardantes en la aparición de manchas que con el tiempo se transforman en grietas por las tensiones intramoleculares en las cadenas largas causantes de dicho fenómeno.

#### 4.8.1.3. Resinas fenólicas.

Las resinas de fenol-formaldehído para tableros aglomerados son -- utilizadas en dos formas: como resina líquida y como resina en polvo.

La resina líquida está diluida en solución acuosa conteniendo una pequeña cantidad de sosa cáustica. En cuanto a costos comparativos, la resina fenólica líquida es 50% mayor que el de la resina de urea-formaldehído; -- en tanto que la resina en polvo es cerca de  $2-1/2$  veces la de la urea-for -- maldehído, comparadas con otras resinas sobre una base sólida. El alto -- costo de la resina en polvo es el resultado del procesamiento extra de los pasos requeridos para obtenerla en esa presentación; mientras que la resina -- líquida puede ser hecha y transportada a cortas distancias para su uso inme

diato.

La velocidad de curado de una resina fenólica líquida no puede ser - - ajustada simplemente por medio de la adición de un catalizador o endurece - - dor, sino por precondensaciones para obtener así un alto peso molecular. - En los tableros aglomerados esto resulta en una solución de resina que con - tiene solamente un 35-40% de sólidos, y con una vida usual del orden de 1-2 semanas a 70° F ya que la viscosidad se incrementa rápidamente en almace - naje.

De ordinario esta resina cura más lentamente en un 25% que la de - urea-formaldehído usada en tableros.

Los polvos de resinas fenólicas, a pesar de su mayor costo, tienen - una ventaja sobre procesos para tableros de hojuelas de cascarillas dema - siado grandes. Estas grandes hojuelas no se distribuyen fácilmente, y resul - ta difícil obtener una cubierta uniforme con la resina aplicada por la técnica de roceado convencional. Si los polvos de resina son mezclados mecánica - mente con las partículas tenderán a distribuirse uniformemente sobre ellas. La uniformidad de éstas es favorecida por el hecho que los polvos de la resina se - propagarán rápidamente sobre la superficie en una cantidad mayor que en un 4% en peso. Contrariamente, el proceso está limitado a construcción de ta -

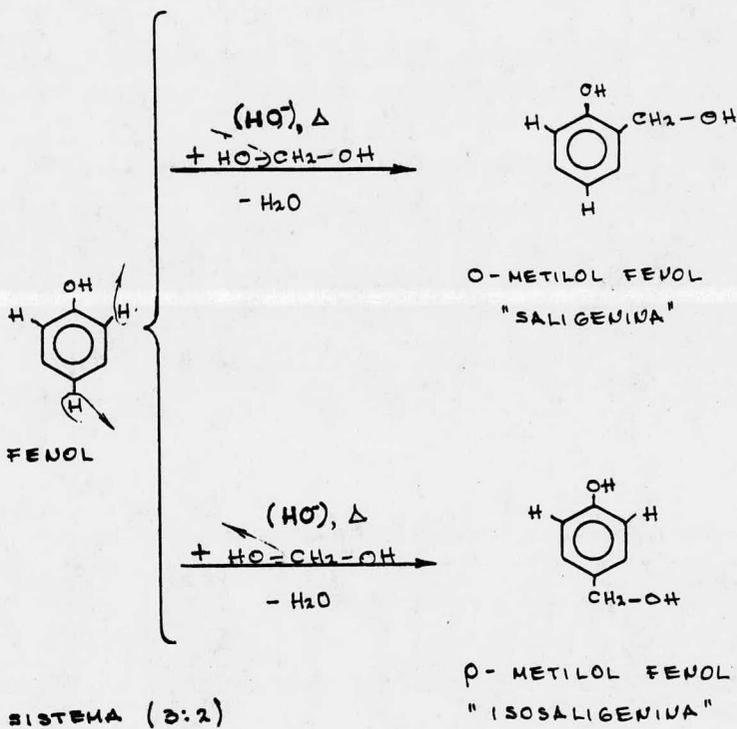
bleros los cuales no requieran más de un 4% de adhesivo en su fabricación. En este bajo contenido de resina, la densidad del tablero es usualmente mayor que la normal.

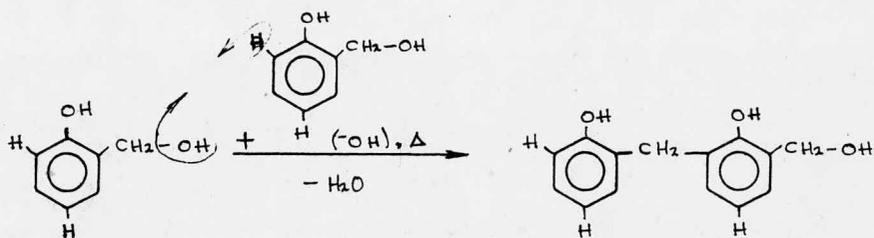
A pesar de ser los plásticos fenólicos los pioneros entre todos los sintéticos, siguen siendo muy versátiles y de entre los termofijos los de más bajo costo.

Dentro de las principales ventajas que presenta esta familia de resinas, se encuentran su buena resistencia al efecto cortante, buenos aislantes eléctricos, estabilidad frente al agua, resisten al intemperismo fotoquímico y calórico.

A). - Mecanismo de la catálisis alcalina de Baekeland (resoles).

La catálisis alcalina se consigue cuando el fenol y el formaldehído se polimerizan en presencia de bases minerales y orgánicas fuertes y débiles, o bien sales que por hidrólisis den reacción alcalina o sea las formadas por una base fuerte y un ácido débil.



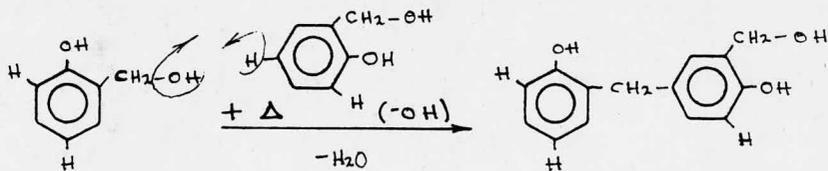


SALIGENINA

O,O' DIFENILOL, m. METILOL

METANO

"o, o, m"

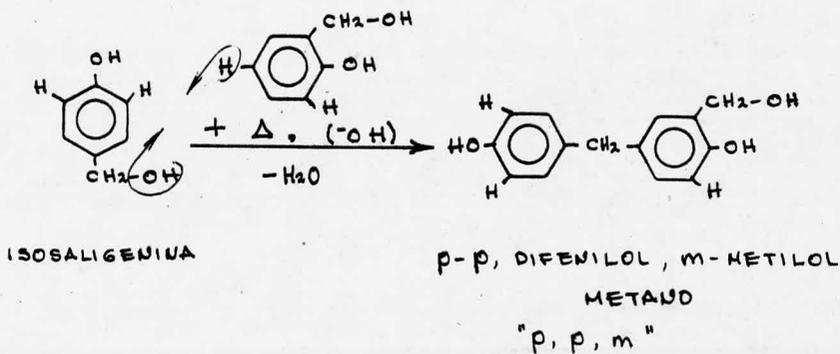
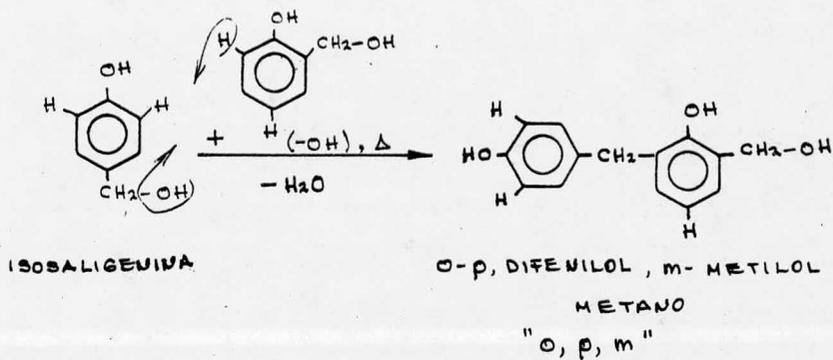


SALIGENINA

O,p DIFENILOL m METILOL

METANO

"o, p, m"

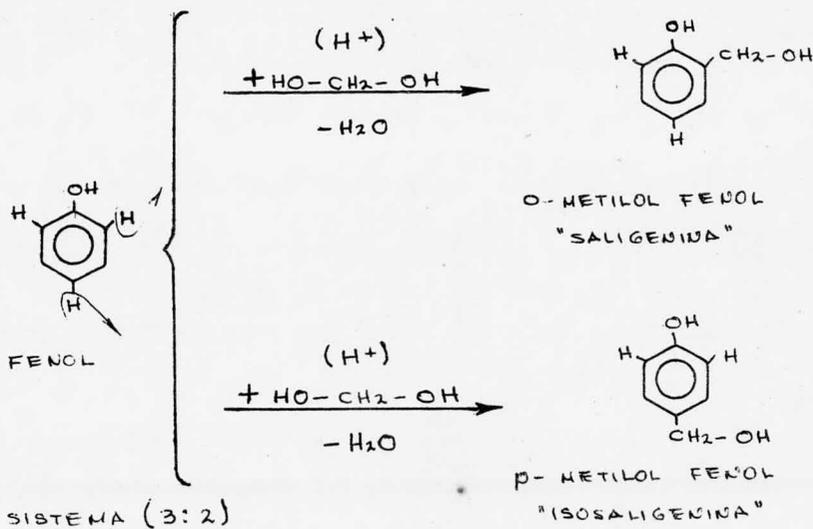


Las posiciones reactivas hacen que se formen las cadenas termoplásticas, esto es cuando:  $n_3 \gg n_2$ ; y si en cambio  $n_3 < n_2$  se obtendrán redes - en el espacio de carácter termofijo.

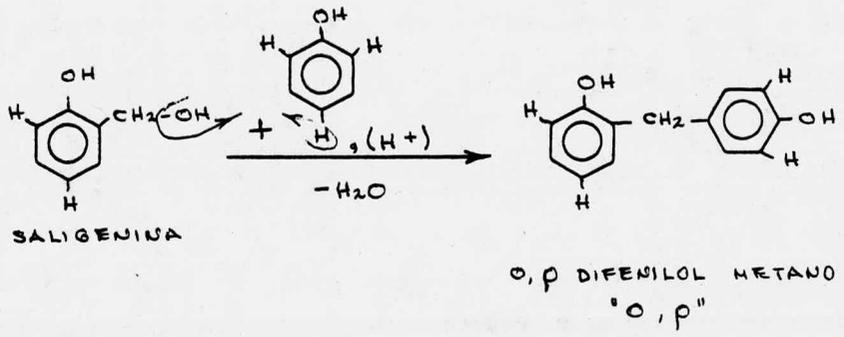
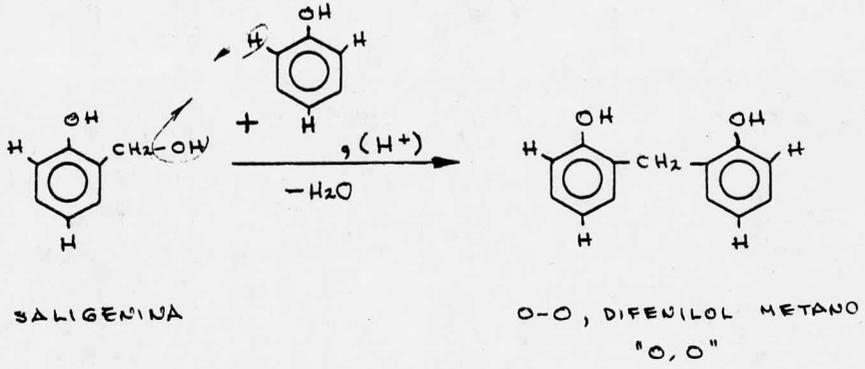
Con un exceso en el número de moles se puede pasar de termoplásticas a termofijas.

B). - Mecanismo de la catálisis ácida de Blummer (novolacas).

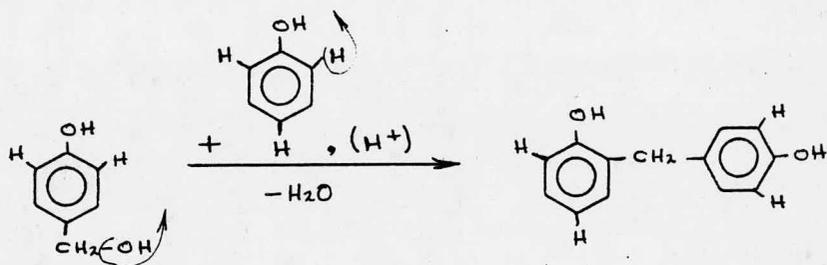
Este tipo de catálisis ácida, corresponde a la que realizó Blummer trasladando todas las patentes del doctor Baekeland del lado alcalino al pH ácido, logrando así las novolacas.



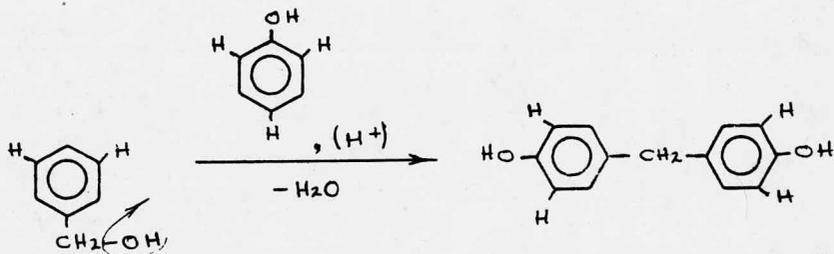
A.-



B.-



ISOSALIGENINA

O, P DIFENILOL METANO  
"o, p"

ISOSALIGENINA

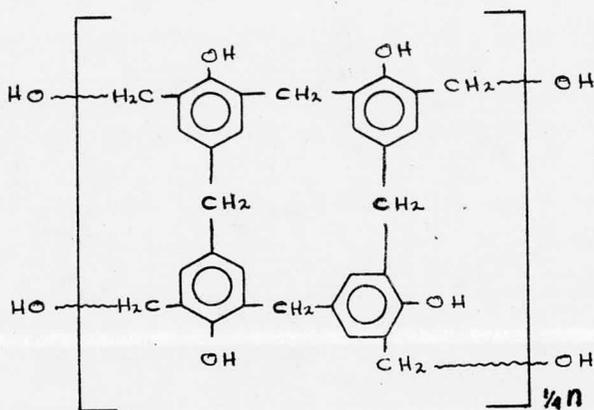
P, P DIFENILOL METANO  
"p, p"

Los hidrógenos activos de los dímeros "o, o", "o, p", y "p, p", prosiguen reaccionando con los OH metilólicos de la saligenina y de su isómero, de manera que si inicialmente el número de moles de fenol ( $n_3$ ) a el número de moles de formaldehído ( $n_2$ ) es:

- a)  $n_3 \geq n_2$  se obtendrán fenólicos termoplásticos
- b)  $n_3 < n_2$  se obtendrán fenólicos termofijos
- c)  $2n_3 + 3n_2$  se obtendrán fenólicos termofijos inertes

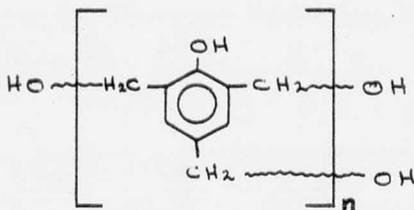
O sea, que una novolaca obtenida por catálisis ácida se pasa de termoplástica a termofija con un exceso de formaldehído y recalentándola; además se puede acelerar cambiando el catalizador de ácido a alcalino para termofijarlas más rápidamente. En cambio los resoles obtenidos por catálisis alcalina se pueden pasar de termoplástico a termofijo, adicionando un exceso de formaldehído y acelerando la termofijación al cambiar el catalizador de alcalino a uno ácido.

El tetrámero mínimo para las novolacas y resoles es el siguiente:



De conformidad con la nomenclatura química de la unidad tetramérica mínima, los plásticos fenólicos son "polimetiloles multihidroxiderivados de hidrocarburos aromáticos plurinucleares".

El eslabón mínimo es el siguiente:



La eficiencia de esta resina es altamente dependiente de la manera como es aplicada. Uno de los principales factores controlantes es la proporción de resina usada como agente "ligante", la cual penetra dentro de la estructura relativamente porosa de las fibras o partículas. Pequeñas cantidades de resina usadas en el tablero aglomerado y una área superficial específica relativamente grande de las partículas se combinan para producir una muy baja difusión en términos de gramos por unidad de área superficial. -- Bajo estas condiciones y un porcentaje pequeño en pérdidas de resina por penetración puede tener un efecto mayor sobre la eficiencia de ligadura de ésta.

Las condiciones de la operación de calor-prensado, son tales como para producir una penetración dentro de la partícula a menos que la viscosidad de la resina sea muy alta.

La resina en forma de polvos permite una mayor latitud de operación a este respecto, mientras que en su forma líquida está limitada por la necesidad de mantener una difusibilidad en la viscosidad de una solución relativamente alta de sólidos.

Otro factor importante es el contenido de humedad de las partículas en la operación de calor-prensado. Un exceso de humedad tiende a plastificar la resina y puede retardar también el curado de la misma; puesto que es una reacción de condensación que produce agua como subproducto. Una consecuencia que se infiere de ello, es también la pérdida de las propiedades resistentes del tablero las cuales se originan al ser prensado el colchón con un alto contenido de humedad, teniendo lugar principalmente en el interior del tablero. Se observa que cuando un tablero con alta concentración de agua y puesto entre las dos platinas calientes de la prensa, la humedad de las caras del tablero se convierte en vapor y emigra hacia el interior. Si el tercio central del tablero fuera a recibir toda la humedad de las dos caras, el contenido de humedad en el centro o núcleo del tablero sería elevada a tres veces su valor original, lo cual es sumamente indeseable.

En los tableros hechos a partir de fibra, la estructura gruesa de la madera ha sido eliminada en gran parte, y cualquier absorción interna de la

resina es una penetración más de la estructura intermolecular de la fibra. Experiencias con el uso de resinas de impregnación hechas de fenol y formaldehído han mostrado que la penetración de la estructura molecular interna de la celulosa es lograda más fácilmente por el monómero de saligenina (o-metilol fenol), y las grandes moléculas poliméricas son ineficaces.

Esta impregnación de resinas son usadas para enlazar la estructura interna de las fibras celulósicas y estabilizar en ellas las protuberancias -- por acción del agua. Igualmente moléculas en bajo estado de condensación pueden ser empleadas para unir las fibras o partículas de madera, si es usada suficiente resina que saturare la estructura interna y permita un exceso para adherirlas.

#### 4. 8. 2. Aditivos usados en los tableros.

Como el tablero una vez fabricado retiene muchas de las propiedades de la materia prima con que se hizo, algunas de ellas serán adecuadas para las aplicaciones usuales; pero otras donde son requeridas ciertas cualidades especiales, pueden ser modificadas mediante agentes químicos que proporcionen cualidades adicionales tales como la repelencia al agua, resistencia al fuego, resistencia a la podredumbre o ataque de insectos y hongos, etc.

#### 4.8.2.1. Repelencia al agua.

El aditivo más ampliamente usado con este fin es la cera paraffinica, la cual adicionada en pequeñas cantidades retarda la absorción del agua y se requiere de un tiempo mas prolongado para rebasar la acción del "aprestante". Las normas y pruebas para evaluar esta característica de los tableros se encuentran descritas en el ASTM D - 1037, en donde una muestra se sumerge en agua a 70° F durante 24 horas, al final de las cuales se determina el incremento en peso, grosor y expansión lineal en dirección del plano del tablero.

La cera puede aplicarse en forma derretida mediante rociado sobre las partículas. Con esta técnica se ha encontrado que fundida es relativamente ineficiente, tal vez porque resulta difícil de distribuirse uniformemente sobre las partículas bajo las condiciones de producción. Se aplica más ampliamente en forma de emulsión en agua la cual puede ser mezclada con la solución de resina ; el alto costo de la cera en esta presentación ( aproximadamente 4 veces el de la cera sólida ) es compensado por su gran eficiencia ya que usualmente se requiere de 0.25 - 1.0 % para lograr la propiedad de repelencia en el tablero.

#### 4.8.2.2. Fungicidas e insecticidas.

Las partículas o fibra no poseen la resistencia suficiente al ataque de hongos e insectos cuando se encuentran expuestos a ellos. Para tal efecto uno de los compuestos mayormente empleados con este fin es el pentaclorofenol, el cual puede adicionarse junto con la solución de resina a razón de 1-2 % con respecto a la cantidad de partículas o fibras del tablero.

Otra alternativa posible, es la impregnación posterior a la fabricación del tablero con el tratamiento químico seleccionado, lo cual viene a representar una etapa adicional al proceso, por tal motivo económicamente es más recomendable combinar el tratamiento con la operación de fabricación del tablero siempre y cuando sea posible.

#### 4.8.2.3. Retardantes de fuego.

Por la misma naturaleza de su composición, los tableros son altamente combustibles, por tal razón para aplicaciones especiales de construcción, deben recibir previamente un tratamiento químico mediante impregnación con algunos compuestos que elevan su nivel de resistencia al-

fuego, tales como el fosfato de amonio, sulfato de amonio, ácido bórico, borax o cualquier formulación basada en estos compuestos químicos.

Este método de aplicación por humedecimiento puede ocasionar un abultamiento irreversible en el grosor del tablero disminuyendo su densidad y la resistencia del mismo.

La alternativa que se sugiere es aplicar el tratamiento químico durante la etapa de fabricación. Otra manera que está siendo utilizada comercialmente es la incorporación de fosfato de amonio en un 15 %. Este agente químico se usa en forma granulada seca y mezclado físicamente con las partículas antes de que ellas formen el colchón. Esta técnica de aplicación se basa en la solubilidad de la sal, produciéndose un tablero en el cual el agente químico protector se pasa por agua. Un sistema más durable retardante del fuego propuesto por la "Kopers Company" se fundamenta en hacer una mezcla equimolar de dicianidamida y ácido fosfórico para aplicarse en el tablero.

Cabe mencionar que a parte de los aditivos citados, hay muchos otros que pueden ser adicionados a la formulación del tablero, o aplicados cuando ya han sido fabricados con el fin de impartirles otras propiedades

y cualidades que se requieran para el uso específico que se les pretendan dar.

#### 4.8.3. Control de calidad del producto terminado.

Dentro del aspecto de control de calidad de los tableros aglomerados, estos deberán reunir determinadas especificaciones técnicas de acuerdo a códigos establecidos con esa finalidad, y presentar además cualidades en cuanto al acabado y funcionalidad se refiere.

Así por ejemplo algunos parámetros de especificación mínimos recomendados son los siguientes:

1. - Densidad, expresada en libras por pie cúbico. Normalmente se hace una división de los tableros en cuanto a su densidad en tres grandes grupos, delimitados relativamente sólo por criterios que establecen los fabricantes relacionados con esta industria, y estos son: tableros de alta, mediana y baja densidad.
2. - Módulo de ruptura, expresado en Psi. Probablemente el parámetro más ampliamente usado en la calidad del producto es la resistencia flexionante o módulo de ruptura (MOR), que mide la fuerza ( sobre una área ) requerida para romper una muestra-

que se somete a una carga estática y bajo condiciones especificadas. El MOR es proporcional a la carga máxima aplicada y al espacio, e inversamente proporcional a la anchura y cuadrado de el grosor de la muestra.

3. - Módulo de elasticidad, expresado también en Psi. La rigidez o módulo aparente de elasticidad (MOE) indica donde la deflexión no es mayor proporcionalmente a la carga. El MOE es directamente proporcional a la carga en el límite proporcional y al cubo del espacio; e inversamente a la anchura, cubo del grosor, y centro de deflexión en el límite proporcional.

El MOR y el MOE no están directamente relacionados uno al otro, excepto que a un alto valor de MOR implica un alto valor del MOE.

Los parámetros que afectan al MOR y MOE son el tipo y contenido de resina, tipo de partícula, contenido de humedad, método de fabricación y grosor del tablero.

4. - Unión interna, expresada en Psi. es la resistencia a la tensión perpendicular a la superficie del tablero, y mide la fuerza de -

unión de las partículas en el interior del tablero. Siendo función directa de la cantidad de resina, tipo, tamaño de partícula y de la densidad. De ésta fuerza de unión que presenten las partículas, será la maquinabilidad que se pueda lograr con el tablero y el uso que ha de dársele.

5. - Apariencia, tolerancia en el grosor, variación en las densidades, contenido de humedad, absorción de agua, y estabilidad dimensional. La apariencia y tolerancia dimensional son ajustadas normalmente en el acabado del tablero. La variación en la densidad se logra durante la operación de prensado del colchón y se expresa como un más menos % del valor esperado; al igual que el contenido de humedad se controla durante el secado y se presenta también como un más menos % de la cantidad especificada. El porcentaje en peso de absorción de agua y el porcentaje de abultamiento del grosor decrecen con el incremento del espesor del tablero, al igual que con el aumento de la densidad.

En general los procedimientos de prueba usados para medir las propiedades y calidades de los tableros se encuentran descritas en el ASTM D-1037, con las excepciones delineadas en especificaciones comerciales "Com-

mercional Standard CS 236 " y " Federal Housing Administration Specifications UM28 y UM32 " .

Así estas pruebas que se presentan sirven para controlar la uniformidad del producto, y las especificaciones limitarán generalmente el lugar sobre los campos en que serán toleradas las propiedades y cualidades del tablero.

#### 4.9. FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS Y SUS CARACTERISTICAS DE OPERACION.

El proceso de fabricación de tableros aglomerados involucra una serie de actividades para transformar la materia prima (esencialmente un residuo agrícola y una resina) en un producto terminado con características propias; y dentro de las etapas podemos citar en orden de ejecución las siguientes :

- a) Molienda. - La fibra procedente del almacén y previamente humedecida con el objeto de hacer más eficiente la etapa de molienda, pasa a un molino tipo Bauer, donde la fibra será reducida de tamaño dependiendo de los requerimientos del proceso.
- b) Secado. - Para lograr una mejor adherencia de la fibra es impor -

- tante controlar el porcentaje de humedad de ésta, para tal caso, -  
la fibra húmeda procedente del molino es pasada a través de un -  
secador rotatorio donde se elimina una gran cantidad de su conte-  
nido de agua.
- c) Clasificación. - Controlado el contenido de agua de la fibra, ésta -  
debe ser clasificada con el objeto de obtener fibras de una longi -  
tud promedio, eliminando aquellas cuyas dimensiones son inferio-  
res a la requerida y separando por otro lado las de mayor tamaño  
para ser nuevamente molidas.
- d) Mezclado. - En este punto, la fibra aceptada para la fabricación -  
del tablero se le adiciona la resina, que en forma general se trata  
de una mezcla monómero-catalizador que posteriormente se hará  
reaccionar. Es de gran importancia que el mezclado de la resina  
con la fibra sea lo más uniformemente posible, ya que de ello de-  
pende notablemente la calidad del tablero.
- e) Formación del tablero. - Una vez preparada la fibra, se pasa a la  
etapa siguiente que es la formación de un colchón de espesor uni-  
forme, en el cual las fibras quedan dispersas al azar, dándole ma-  
yor consistencia este colocamiento caótico.

- f) Prensado. - Finalmente el prensado de la fibra formará el tablero, y generalmente consta de un pre-prensado cuya función será darle la consistencia adecuada para que pueda soportarse por sí mismo, con la condición que no debe llevarse a cabo la polimerización del monómero, para lo cual se realiza en frío.

Por último lo que es el prensado en sí, constará de diversos ciclos dependiendo del tipo de tablero a obtener. Cada ciclo se fundamenta en la aplicación de diferentes presiones durante lapsos variables y con la aplicación de una temperatura apropiada, para que durante esta etapa se lleve a cabo la polimerización del monómero. El recorte y acabado final del tablero no se considerará como parte fundamental del objetivo de la planta piloto en su primera fase.

- g) Actividades auxiliares. - El enlace de todas las actividades antes mencionadas será mediante aquellas denominadas auxiliares, que básicamente comprenden la alimentación a cada uno de los equipos destinado a realizar una fase durante la elaboración del tablero; y el sistema de transporte de la fibra entre cada equipo, realizado mediante un transportador neumático.

#### 4.9.1. Molino tipo Bauer.

El molido de la fibra se hará mediante un molino del tipo Bauer de un disco para pulpa. La instalación y operación de este tipo de molino es simple si se siguen con un mínimo de atención y cuidado las siguientes instrucciones.

En forma especial para la instalación del molino se requiere tomar en consideración lo siguiente :

- a). - Base. La base del molino debe tener la suficiente solidez para resistir tanto su propio peso como los esfuerzos a que estará sometido durante la operación. Constará básicamente de dos rieles de acero cubiertos de concreto y provistos de hoyos en la pestaña, cuatro placas de acero aseguradas con el concreto y sus cuatro pernos que se atornillan bajo el molino. La base del molino debe anclarse para prevenir cualquier distorsión de la máquina por retención de material, además deben de colocarse empaques de hule en cada tornillo para amortiguar todo esfuerzo.
- b). - Descarga del molino. El disco rotatorio tiene la acción de un ventilador, jalando aire a través de la entrada y descargándolo por la salida de la base. Cuando la descarga se efectúa en un siste-

ma cerrado, éste deberá estar provisto de un ventilador lo suficientemente capaz de arrastrar la fibra molida.

- c). - Cuarto de servicio. El molino requiere de espacio suficiente para desarmar la máquina, y una altura de 0.6 a 1.2 mts. arriba de la cámara será suficiente; así como también de espacio disponible para hacer el cambio de platos.
- d). - Sistema de alimentación. Para obtener una máxima producción y una calidad uniforme del material es necesario que la cantidad de alimentación sea constante. Se sugiere una sobre alimentación, donde el exceso de material sea regresado, estando así asegurado que el molino tendrá siempre el material necesario.

Consideraciones de seguridad. - Un factor importante que debe tenerse muy en cuenta es prevenir que en la alimentación al molino no vaya algún objeto metálico como tornillos que puedan dañar los platos e inclusive hasta fracturarlos. Para ello es recomendable colocar un separador magnético en la boca de alimentación del molino.

Si alguna pieza lograra pasar la trampa, de inmediato debe cortarse la corriente, dejando que la máquina se pare y accionando el mecanismo de-

descarga rápida. Posteriormente examinar los platos, y si éstos se rompieron o dañaron es recomendable cambiarlos para evitar deterioros mayores a la máquina en caso de trabajarlos así.

Conexiones eléctricas. - El circuito eléctrico cumplirá la condici<sup>o</sup>n tal que el mecanismo alimentador pare automáticamente cuando el motor del molino deje de funcionar. Previene así de esta manera crear un sobreflujo en el ducto alimentador. Existe además un interruptor doble colocado antes del arrancador, cuya función es interrumpir la energía eléctrica en caso de existir una sobrecarga en el motor.

Se cuenta además con un amperímetro, que aparte de indicar el consumo por el motor señala que el flujo de material que entra y sale sea constante.

Platos del molino. - Existen diversos tipos de platos según el trabajo a que se vayan a destinar. Algunos operan en cualquier dirección frecuentemente para aprovechar su acción autoafilable. En cambio otros únicamente emplean una sola dirección de tal forma que las aristas afiladas corran una hacia la otra y hagan una acción cortante.

No puede darse un tiempo de vida para los platos puesto que depen -

de de las condiciones diversas de operación, generalmente están en función del carácter abrasivo, corrosivo, de la cantidad y la fineza a que se lleve el material.

Cuando la vida útil del plato se acaba, la cantidad de descarga disminuye incrementándose la potencia consumida. En estos casos es recomendable no seguir operando con esos discos y cambiarlos por otros nuevos.

Cuando haya necesidad de reemplazar los platos, se recomienda limpiar los discos del molino con un cepillo de alambre, y en caso de existir corrosión emplear lija o algún otro material abrasivo.

La herrumbre u otros materiales acumulados pueden ocasionar la ruptura de los platos. Se emplearán tornillos de cabeza cuadrada para sujetar los discos fibrizantes, los cuales frecuentemente serán renovados debido a que están sujetos al desgaste y la corrosión.

Existen diversas variables que de una u otra manera influyen en la salida del producto, siendo las más importantes:

- a) Tipo y condición de los platos usados. Operar los platos fuera de condiciones para las que fueron aprobados, es obtener una ca-

lidad pobre del producto

- b) Distancia entre los platos. El ajuste es lo más importante de la máquina, ya que de ello dependerá la calidad y la cantidad de producto deseado.
- c) La cantidad de carga y agua que pasan entre los platos. La regularización de la alimentación y rociadores proporciona la consistencia más apropiada, prefiriéndose operar a consistencias altas por ser más económicas cuando la carga es baja.
- d) Temperatura del agua o de la carga entre los platos. Al aumentar la temperatura del agua aumenta la longitud de la fibra y su flexibilidad mejora la calidad del cortado. Se acostumbra temperaturas hasta de 180° F, pero es recomendable operar a unos 140° F.

El trabajo hecho por los platos aumenta la temperatura al disminuir la cantidad de agua suministrada.

#### 4.9.2. Secador rápido

El secador tipo rotatorio rápido esencialmente consiste de un ci -

lindro horizontal estacionario que constituye la cámara de secado en la cual el material se alimenta continuamente a través de una succión rotatoria, - mientras los gases calientes son introducidos a una mayor rapidez a través de orificios o de una gran puerta a lo largo del cilindro entrando tangencialmente. Por este medio los gases calientes producen un rápido movimiento en espiral dentro de la cámara donde se encuentra el material por secar. -

El ángulo de entrada de los gases puede ser ajustado por el movimiento de las aspas en la puerta de entrada. Esto permite la variación del tiempo de retención dentro del secador, dando una máxima uniformidad a la mezcla del producto secado. -

Un punto muy importante de tomarse en consideración, es la alimentación del material, la cual debe ser lo más uniforme que pueda hacerse. - Pequeñas variaciones en el contenido del agua inicial no tendrán efecto sobre el contenido de humedad final en el material secado. -

En el cilindro de secado existen tres grupos de aspas, cuyas funciones son: El primer grupo situado cerca de la entrada del material se utiliza para un transporte rápido hacia la boca de descarga. Para el segundo y tercer grupos de aspas su función consiste en proporcionar el tiempo de re -

tención adecuado para lograr la humedad deseada en el producto final.

El control de temperaturas está en función del espesor, la clase de material y el contenido de humedad requerido ; siendo ajustado mediante pruebas comparativas del contenido de humedad de la mezcla de entrada o a la salida en relación con la temperatura de extracción, hasta alcanzar una temperatura constante.

Si la cantidad de material entregada al secador es muy grande, puede ocurrir que la capacidad máxima del secador no sea lo suficientemente grande, y para tal caso la temperatura de salida descenderá.

Un sistema automático parará el motor alimentador a una temperatura mínima de 140°F hasta que se restablezcan las condiciones normales de operación.

En caso contrario si la temperatura de salida es mayor de 750° F, el quemador automáticamente se desconectará accionando una alarma. Debiendo ser revisados el secador y el quemador para un nuevo arranque.

En caso de fallas en los dispositivos de control de alta o baja presión-

del gas y baja presión del aire se parará el quemador activando una alarma ; pudiendo ser encendido una vez eliminada la falla.

#### 4.9.3. Separador por tamaño de partícula.

Este tipo de separador se fundamenta en someter a la fibra a una combinación de fuerza neumática proporcionada por el ciclón y una fuerza mecánica ocasionada por el sistema vibratorio del equipo. Se realiza un efecto de burbujeo de la fibra en la capucha del separador mediante la aspiración del aire, el cual entra a la máquina a través del plato perforado motivando que los materiales de masa más ligera asciendan ; en cambio el material -- que está cerca del plato perforado recibe pequeños impulsos mecánicos y viaja al centro de descarga de la máquina. Las partículas ligeras reciben impulsos de la corriente gaseosa, siendo aspiradas a través del ducto de succión y reunidas en un colector.

El grado de separación es controlado por la cantidad de aire que pasa por la unidad. Cuando se desean distintos grados de separación es recomendable poner varias unidades de separación en serie dependiendo del número de etapas a emplear.

Algunas ventajas de este tipo de separador por gravedad empleado en la fabricación de tableros son :

- a). - Provee una excelente uniformidad a los tableros proporcionando mejor calidad, características físicas, apariencia y muy pocos rechazos. Como resultado de la uniformidad de las partículas se logra un ahorro directo en la cantidad de resina empleada durante el proceso de su fabricación.
- b). - Incrementa la estabilidad del tablero en ciertos procesos de laminación mediante el control característico de la superficie, ocasionado por el empleo de separadores finos con un alto grado de selectividad.
- c). - Sirve de protección a otros equipos al remover partículas metálicas y otros cuerpos extraños del material procesado.
- d). - Proporciona ahorro de tiempo y costo en la producción al no requerir de recirculación alguna de material.
- e). - Provee de mejores condiciones de trabajo al operar la unidad por succión, no descargando polvos al aire dentro del cuarto o área de trabajo.

#### 4.9.4. Mezclador continuo sólido-líquido.

El control del contenido de resina en los tableros es de enorme importancia ya que de ella depende en gran parte sus propiedades y características físicas, además de involucrar la etapa en la cual puede llevarse a cabo un gran ahorro económico, un excelente mezclado fibra-resina asegura un consumo mínimo de ésta.

El mezclador continuo tipo zig-zag esencialmente consta de dos partes fundamentales, el cuerpo o tambor de mezclado y el sistema de alimentación fibra-resina. El primero de ellos es un tambor o ducto en forma de zig-zag, provisto de movimiento giratorio proporcionado por un motor eléctrico. La mezcla fibra-resina al entrar al ducto avanza lentamente a través de él con movimiento interno de toda la fibra lo cual ocasiona su impregnación, entre mayor sea su tiempo de residencia dentro de esta cámara más eficiente será la etapa de mezclado.

La fibra deberá ser alimentada en forma constante guardando siempre la misma proporción con la resina adicionada; para lo cual siempre el nivel de carga deberá cubrir el disco dispersor de resina. Algunos materiales pueden ser considerablemente harinosos y llenar la entrada del tambor, lo cual ocasiona que el material ascienda en la tolva alimentadora y esto implicará aumentar la velocidad de la fibra dentro de la cámara de mezclado,

consecuentemente deberá aumentarse su pendiente o la velocidad de rotación de la máquina. Sucede también que el material puede densificarse o contraerse excesivamente después de que el líquido es introducido; lo cual origina que el nivel del material caiga abajo del disco dispersor y permita que el líquido sea roceado contra la pared del tambor.

El roceado deberá ocurrir solamente en la porción excéntrica del tambor, inspeccionando si las paredes están excesivamente húmedas. Si el nivel de carga es demasiado bajo, la velocidad de rotación del tambor o la pendiente serán reducidos para elevar el nivel de material húmedo dentro de la cámara. Un criterio importante es que el nivel de carga debe cubrir la barra dispersora de líquido, pero no ser mayor que el flujo de material alrededor del disco.

Una carga excesiva puede ocasionar la intensificación del motor a una sobrecarga, y una inadecuada carga ocasiona un excesivo mojado de la pared.

La excelente combinación de la velocidad, nivel de carga y tiempo de residencia producen el mezclado deseado, siendo dependiente de las características del material.

Usualmente baja alimentación de líquido, alta velocidad de la barra y

estrechos agujeros en el disco dispersor resultan en una fina dispersión y pequeñas aglomeraciones de material. Alta velocidad de alimentación de líquido, baja velocidad de la barra y amplios agujeros en el disco distribuidor resulta la dispersión gruesa y grandes aglomeraciones del material.

Precauciones. - El disco alimentador de líquido está teóricamente diseñado para operar sin presión, lo que es usualmente impráctico; sin embargo generalmente mejora cuando la presión se aproxima a cero y el tamaño del orificio en el disco se ajusta a operar con un mínimo de presión mantenida para una velocidad de alimentación de líquido requerida. Una pequeña abertura causa una fina dispersión y espacios más amplios permiten mayor velocidad de alimentación de líquido, formando aglomeraciones mayores.

Al final de la marcha el cilindro y la barra alimentadora de líquido deberán ser paradas entre 10 y 15 segundos después de haber suspendido la adición de líquido. Esto origina una limpieza propia del disco y caja.

El sistema alimentador de resina está provisto de un cierre positivo antes de la unión rotatoria para prevenir que el líquido forme sifón en el mezclador cuando la línea alimentadora no es usada.

Existen también otros puntos que deben ser considerados como importantes:

1. - Cuando el líquido es adicionado al material sólido, la propiedad del flujo siempre cambia. La pendiente y la velocidad serán ajustadas para compensar las características del nuevo flujo.
2. - La velocidad de alimentación del líquido es medida ( bomba u orificio ) antes de entrar a la unión rotatoria. Considerar que la acción centrífuga del disco dispersor rotatorio actuará como una bomba y cambia la velocidad de alimentación del líquido, debiendo ser revisada mientras el disco está en marcha midiendo la cantidad de líquido bombeado para un tiempo dado.
3. - Si un número de ingredientes secos son incluidos, ellos requieren de premezclado antes de adicionar el líquido.
4. - El ángulo máximo de inclinación será de  $+ 4^{\circ}$

#### 4.9.5. Formador del colchón ( mat-former ) .

- El " mat-former" es un dispositivo mecánico simple cuyo ob -

jetivo es dar formación al colchón de fibra o partículas impregnadas de resina. Para lograr mejores características en el tablero las fibras deben ser uniformemente repartidas en forma caótica o al azar en todo el tablero, ya que los agrupamientos o aglomeraciones debido a una mala distribución disminuyen notablemente sus propiedades.

Fundamentalmente consta de un sistema superior de cuerdas vibratorias, y una parte inferior, colectora de la fibra esparcida donde estará colocado el molde que da forma al colchón.

En la parte superior existe una estructura de alambre acerado con espaciamentos entre cada uno de ellos, muy parecidos a la colocación de las cuerdas de una guitarra. Todos ellos están tensionados a una misma intensidad. Debajo de cada extremo de las cuerdas existe un tubo con una perforación para cada alambre, cuyo objetivo es dejar escapar a intervalos regulares de tiempo una cantidad de aire a presión lo cual origina un movimiento vibratorio de las cuerdas. Este golpe continuo de aire es regulado por un cilindro de golpe de aire o mejor conocido como martillo neumático.

El movimiento vibratorio de las cuerdas tiene como objetivo

que las fibras colocadas sobre ellas caigan uniformemente por gravedad a la parte inferior colectora donde está el molde formador del colchón. Esta caída libre de las fibras proporciona una colocación caótica y uniforme de todas ellas.

#### 4.9.6. Prensa hidráulica.

Esta prensa será usada para estudiar los efectos de varios ciclos presión-tiempo y temperaturas de curado sobre las propiedades mecánicas de los tableros resultantes.

En esta prensa se realizarán tres tipos de paneles:

- a) De baja densidad; para tableros de aproximadamente 30" por 30" y 1/2"-2" de espesor, prensados entre 500 y 750 lb/in<sup>2</sup> y tiempo de curado de 15 a 30 minutos.
- b) De mediana densidad; para tableros de 30" por 30" con un espesor de 3/8" a 1/2", empleando presiones de 750 a 1000 psi, y un tiempo de curado de 6 a 15 minutos.
- c) Alta densidad; en tableros de aproximadamente 24" por 24" y -

3/16"-3/8" de espesor, prensados a presiones de 1000 a 1500 - -  
psi., con un tiempo de curado de 2 a 6 minutos.

La formación de un panel en la prensa es fabricado en dos etapas. - -  
Primero la fibra extendida y floja contenida en un molde de aproximadamente  
8" de espesor es pre-prensada hasta formar un colchoncillo de unas 2" para -  
que posteriormente, con el molde ya quitado sea prensado y curado hasta -  
formar el tablero deseado. La operación de pre-prensado será la misma pa -  
ra todos los paneles con la única variante en las dimensiones de los mismos.

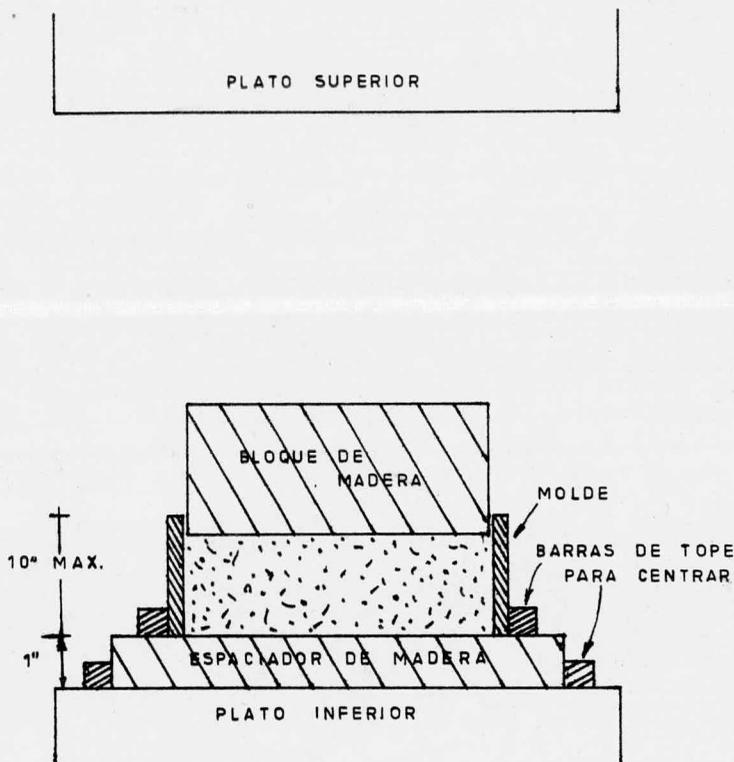
La operación de curado involucra a las variables de tiempo y presión,  
que determinan el espesor del tablero.

La variedad de operaciones a ser realizadas en la prensa sugiere -  
el diseño basado en cuatro tipos de ciclos de control ; un ciclo de pre- -  
prensado y tres ciclos de curado.

Ciclo de pre-prensado. - El propósito del pre-prensado es reducir el -  
espesor de la capa de fibra suelta y darle la suficiente fuerza para que se -  
autosoporte.

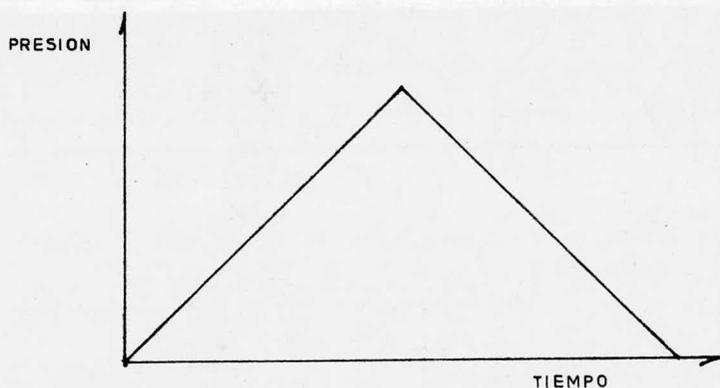
El pre-prensado debe ser hecho en frío para prevenir el pre-curado -

de la resina con las fibras o partículas exteriores. Para ello se hace em --  
pleando bloques aislantes de madera que serán colocados entre los platos ca-  
lientes, como se muestra a continuación.



Dos tamaños de paneles serán presentados tentativamente de 24" por 24" y de 30" por 30", variando el espesor desde 1/2" hasta 1/4" y las presiones de 200 a 500 psi.

En el tablero de control de la prensa el ciclo de prensado es representado de la siguiente manera :



Presión: 200-500 psi  
Sin calentamiento.

En el dibujo se puede apreciar que para este ciclo se aplica un incremento constante de presión al colchón de fibra hasta llegar a una determinada presión para que sea reducida de la misma manera hasta un valor de cero.

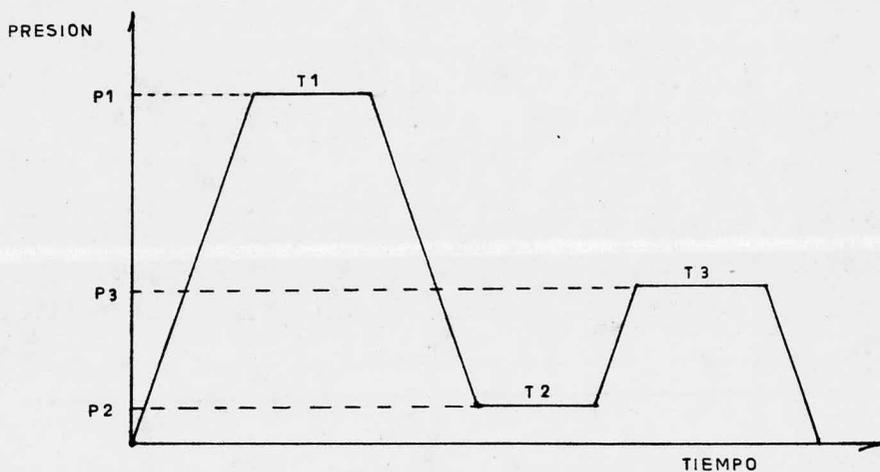
Ciclos de curado. - A continuación de la pre-prensa, el curado del panel requerirá tres tipos generales de ciclos, dependiendo de la densidad, espesor y resina del panel. El tipo de panel producido (baja, mediana o alta densidad), determina el ciclo a emplear. Por ejemplo, un panel de alta densidad requiere alta presión para su compactación y es generalmente un panel delgado, procurando una rápida transferencia de calor y por lo tanto un curado rápido. Cuando lo anterior sucede, el vapor generado de la mezcla residual no puede escapar fácilmente requiriéndose de ranuras pequeñas que permitan el escape lento de los gases.

En cambio para el panel de baja densidad, debido a su grosor requiere de mayor tiempo para el curado, el cual permite que los gases escapen fácilmente, eliminando la necesidad de ranuras.

Los tres ciclos de presión-temperatura-tiempo son ilustrados a continuación:

Ciclo 1. - Las características básicas de este ciclo son para la obtención de paneles de alta densidad, alto prensado y corto - -

tiempo de curado. Se representa de la manera siguiente:



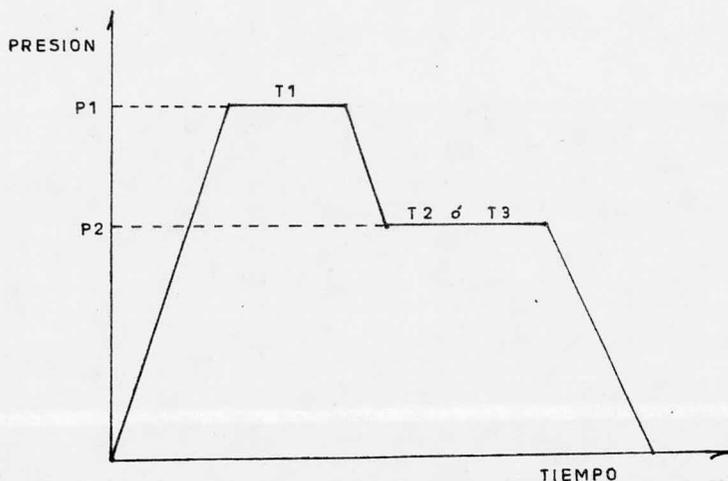
Presión: 1000-1200 psi  
 Tamaño: 24" por 24" por 3/16" - 3/8"  
 Temperatura: 250-500° F  
 Tiempo: 2-6 minutos  
 $T_1$  = 0-60 seg.  
 $T_2$  = 0-150 seg.  
 $T_3$  y  $T_4$  = 0 seg. - 60 hrs.

Este ciclo es iniciado por el cierre constante de los platos hasta alcanzar la presión  $P_1$  donde una servo válvula la mantendrá hasta que el primer interruptor de tiempo ("timer") conecte el circuito a descompresión.

La descompresión se realiza cuando la válvula de aguja miniatura sangra el fluido hidráulico del cilindro en un tiempo aproximado de 10 a 30 segundos ; no permitiendo abatir la presión hasta el punto en que se abran las platinas. Siendo necesario emplear un interruptor de presión el cual mantendrá el cilindro a esa presión  $P_2$  durante un tiempo prefijado por el operador ; en un segundo interruptor de tiempo. Al desconectarse este último la presión se elevará a la misma velocidad que la inicial del ciclo hasta alcanzar el segundo potenciómetro. Esta presión  $P_3$  se mantendrá por la duración establecida en el tercer interruptor de tiempo.

Finalmente, cuando éste se desconecte, el sistema abrirá los platos hasta claro total.

**Ciclo 2.** - Sus características fundamentales son: utilizarlo para paneles de mediana densidad, de mediano prensado y largo tiempo de curado. Su representación gráfica es la siguiente.



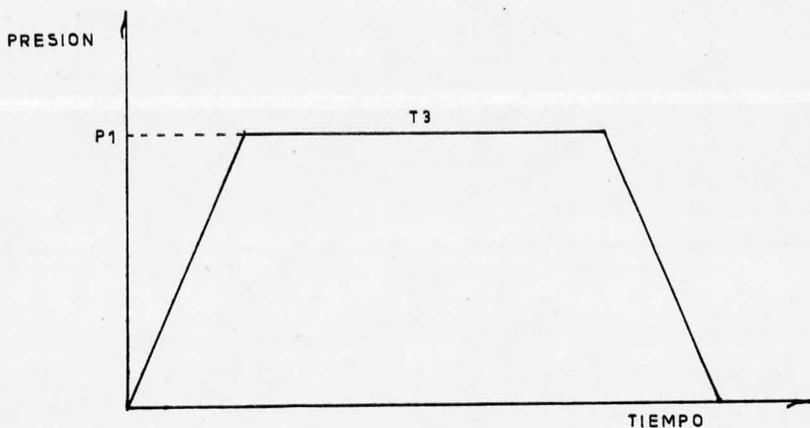
Presión : 750-1000 psi  
 Tamaño : 30" por 30" por 3/8" - 1/2"  
 Temperatura : 250-500° F  
 Tiempo : 6-15 minutos

Este ciclo es esencialmente el mismo que el anterior, excepto que - la descompresión se realiza a una presión  $P_1$  intermedia la cual es mantenida durante un tiempo  $T_1$  por un primer potenciómetro.

El corte será efectuado por interruptor de presión prefijado el cual llevará el sistema hasta la presión  $P_2$  establecida por el segundo potenciómetro la que será soportada durante un cierto tiempo proporcionado por un se -

gundo interruptor de tiempo al término del cual los platos de la prensa se abrirán completamente.

Ciclo 3. - El último ciclo con que cuenta el tablero de control de la prensa es únicamente aplicable a tableros de baja densidad, a presiones bajas y largo tiempo de curado. Básicamente tiene las siguientes características:



Presión: 500 - 750 psi  
Tamaño: 30" por 30" por 1/2 - 2"  
Temperatura: 250 - 500° F  
Tiempo: 15 minutos

Este ciclo tiene un aumento lineal de la presión hasta un nivel  $P_1$  dado, el cual se mantiene por la duración estipulada en el interruptor de tiempo, al final del cual se abren los platos de la prensa.

Todos los incrementos de presión serán gobernados por la velocidad de cierre constante de los platos, tal como es prefijada por el operador en la bomba de descarga variable. El intervalo de la velocidad de cierre será de 0.5 a 12 pulgadas por minuto.

La servo válvula será capaz de mantener la presión de los platos con variación de 20 a 2000 psi; siendo controlada por dos potenciómetros cuyos periodos de control serán gobernados por el circuito interconectante.

Dispositivo de seguridad. - En el caso de una emergencia o falla en la potencia, se dispone de un botón grande cabeza de hongo, el cual hará que los platos se detengan instantáneamente y el circuito eléctrico regrese a su estado inicial.

La prensa será capaz de ser abierta o cerrada manualmente usando un botón para subir y un botón para bajar el plato inferior.

Control de temperatura de los platos. - Las platinas están equipadas con calentadores eléctricos capaces de mantener una variación de tempera--

tura punto a punto sobre los platos no mayor de  $\pm 10^{\circ} \text{F}$ .

La temperatura es controlada entre 250 y 500° F con indicadores de temperatura en cada plato con una precisión de  $\pm 5^{\circ} \text{F}$ .

#### 4.9.7. Equipos auxiliares.

Bajo la denominación de equipos auxiliares se enmarcarán aquellas actividades que no siendo fundamentales en las etapas de fabricación del tablero, son complementarias a algunas de ellas. Comprenden básicamente la alimentación a los equipos y el sistema de transporte neumático.

##### 4.9.7.1. Carro alimentador.

Los equipos que requieren de una alimentación constante de fibra o partículas son: molino Bauer, secador rotatorio, clasificador de fibra y el mezclador zig-zag. Cada uno de ellos necesitan de la función auxiliar de alimentación y como el proceso es intermitente, el mismo medio de alimentación servirá para todos.

El carro alimentador, encargado de complementar las actividades de los equipos antes mencionados, se encuentra colocado de tal manera que con solo desplazarlo sobre la plataforma pueda alimentar al equipo deseado.

Su funcionamiento es sumamente sencillo; consta de una caja recep -

tora de material, teniendo como fondo una banda transportadora, la cual al estar en movimiento arrastrará el material hacia la descarga. Con el fin de hacer más eficiente el proceso de alimentación, existe otra banda colocada diagonalmente a la primera y provista de púas cuya función es dar mayor uniformidad a esta función. La velocidad de ambas está controlada por un mismo motor localizado en la parte superior del carro.

El carro alimentador posee un sistema de protección a los equipos, utilizándose principalmente para el molino, donde un pedazo de metal puede causar graves daños a la máquina. Para tal efecto en la descarga del carro alimentador existe un potente electroimán capaz de sustraer toda partícula metálica que pudiera ir junto con la fibra.

#### 4.9.7.2. Sistema de transporte neumático.

Como se indicó en párrafos anteriores, los equipos que requieren de un sistema de transporte neumático de material por carecer de descarga libre o por formar parte de su funcionamiento son el molino, el secador, y el clasificador.

El sistema neumático está formado por una red de ductería de 13" de diámetro que enlaza a los equipos arriba mencionados con un ducto principal cuya descarga cae dentro de un ciclón. Aquí la diferencia de presión entre -

el ducto y el ciclón ocasiona que las partículas o fibras más pesadas y grandes caigan por gravedad hacia el fondo donde es extraída mediante aspas flexibles rotatorias y colectadas en recipientes. Las partículas relativamente pequeñas son arrastradas por la corriente de aire hacia la parte superior del ciclón donde se localiza el sistema de extracción. Es recomendable colocar un colector de polvos a la descarga para evitar emanaciones contaminantes a la atmósfera.

#### 4.9.8. Características de operación.

I. - Simulación de procesamiento. Se presenta a continuación una simulación de la operación de la planta piloto con la finalidad de cuantificar ciertos parámetros de procesamiento, de tal manera que pueda tener una visión más exacta de su orden de magnitud. Para esto, de la información proporcionada por la "ESSO" se tomaron algunos datos técnicos que ayudaron a establecer la importancia sobre el proceso, además de los especificados por algunos manuales de operación de los equipos.

Propiedad	Alta Densidad	Mediana Densidad	Baja Densidad
MOR, psi	2,400	1,600	500
MOE, psi	350,000	250,000	100,000
Unión interna, psi	140	60	10
Estabilidad dimensional % máxima	0.55	0.30	0.30
Variación en densidad	-----	± 10	-----
Tolerancia del grosor	-----	1/64"	-----
Densidad lb/ft <sup>3</sup>	50-	38-50	19-37
Dimensiones, pulgadas	20x20	30x30	30x30
Grosor, pulgadas	3/16-3/8	3/8-1/2	1/2-2.0
Tiempo mínimo, pre-prensado	7 minutos	7 minutos	7 minutos
Tiempo máximo, de curado	2 minutos	6 minutos	15 minutos
% de resina	2-4	3-8	6-12

Los cálculos se refieren únicamente a los tableros de mediana densidad:

$$\frac{\text{Peso máximo}}{\text{Tablero}} = (\text{Densidad del tab.}) (\text{Volumen del tab.})$$

$$= \frac{50 \text{ lb/ft}^3 (30 \times 30 \times 0.5) \text{ in}^3}{1728 \text{ in}^3/\text{ft}^3}$$

$$\frac{\text{Peso máximo}}{\text{Tablero}} = 13 \text{ lb/tablero}$$

$$\frac{\text{No. de tabs.}}{\text{Hora}} = \frac{60 \text{ min./hr.}}{6+7 \text{ minutos}} = 4.62$$

$$\frac{\text{Máx. peso de tableros}}{\text{Hora}} = \frac{13 \text{ lb} \times 4.62 \text{ tab.}}{\text{tab. hora}} = 60 \text{ lb/hr.}$$

Entonces la base preliminar del cálculo será las 60 libras/hora de tablero como máxima velocidad de prensado, suponiendo que la mezcla está hecha sobre base seca que incluye la fibra y la resina.

El por ciento del contenido total de sólidos en el tablero será:

$$\text{a) gasto máximo de fibra} = \frac{97\% \text{ bagazo} \times 60 \text{ lb. tab./hr.}}{100}$$

$$= 58.2 \text{ lb. de fibra/hora}$$

$$\text{b) gasto máximo de resina} = \frac{8\% \text{ resina} \times 60 \text{ lb. tab./hr.}}{100}$$

= 4.8 lb. de resina/hora

La fibra adicionada al mezclador de resina con un contenido de humedad del 4% (SBS):

$$\frac{(58.2 \text{ lb/hr})_{\text{bs}} (104 \text{ lb/hr})_{\text{bh}}}{(100 \text{ lb/hr})_{\text{bs}}} = 60.5 \text{ lb fibra/hr/bh}$$

Las 60.5 lb de fibra /hr corresponden también al gasto máximo requerido por la prensa (SBH).

Para 8 horas efectivas/día, la producción total de la planta piloto -- será de:

$$\text{Producción} = (8 \text{ hr/día}) \times (60 \text{ lb/hr.}) = 480 \text{ lb de tab./hr.}$$

$$\frac{\text{No. de tab.}}{\text{día}} = (4.62 \text{ tab/hr.}) \times (8 \text{ hr.}) = 37 \text{ tableros}$$

La densidad del bagazo tomado para el cálculo fue entre 5-7 lb/ft<sup>3</sup>.

II. - Sinopsis de datos y especificaciones del equipo.

### 1. - Molino Bauer

$$\text{gasto volumétrico} = 1.5 \text{ ft}^3/\text{min.} = 90 \text{ ft}^3/\text{hr.}$$

$$\text{gasto másico} = 8 \text{ lb/min.} = 480 \text{ lb/hr.}$$

temperatura de molienda recomendada =  $140^{\circ}\text{F}$  ( $60^{\circ}\text{C}$ )

diámetro de platos = 40"

divisiones del ajustador roscado : de 0.001"

sonido registrado a 3 pies = 90 DB

## 2. - Secador rotatorio

velocidad de alimentación =  $0.333\text{ ft}^3/\text{hr.} = 20\text{ ft}^3/\text{hr.}$

bagazo húmedo al 50 % = 200 lb/hr.

bagazo seco al 4 % = 104 lb/hr.

evaporación de agua = 96 lb/hr.

intervalo de operación :  $140\text{-}750^{\circ}\text{F}$  ( $60\text{-}399^{\circ}\text{C}$ )

temperatura límite disponible :  $800^{\circ}\text{F}$  ( $427^{\circ}\text{C}$ )

capacidad del quemador : 570,000 BTU/hr.

longitud del quemador : 18"

potencia del turbo-soplador del quemador = 1/3 HP

peso aproximado : 3000 lb

## 3. - Clasificador

gasto de aire : 5000 CFM

velocidad de alimentación =  $0.80\text{ ft}^3/\text{min.} = 48\text{ ft}^3/\text{hr.}$

gasto de alimentación = 4 lb/min. = 240 lb/hr.

diámetro de la boca de alimentación = 8"

diámetro del equipo = 42"

peso aproximado = 525 lb

#### 4. - Mezclador de resina

velocidad de alimentación =  $0.20 \text{ ft}^3/\text{min.} = 12 \text{ ft}^3/\text{hr.}$

densidad máxima manejada =  $70 \text{ lb}/\text{ft}^3$

diámetro del tubo zig-zag = 10"

coraza construida de plexiglass

velocidad de giro = 29.88 rpm

razón óptima de reciclado con una pendiente de  $+ 4^\circ$

peso aproximado : 1800 lb

#### 5. - Formador del colchón

tiempo de formación del colchón: 10-15 min.

capacidad de producción: 4-6 tableros/hr.

dimensiones del equipo: 50" x 50"

molde recibidor del material: 30" x 30" x 10"

número de cuerdas de acero: 126

espaciamiento entre ellas:  $1/4"$

#### 6. - Prensa hidráulica y tablero de control

capacidad de producción: 60 lb de tablero/hr. (4.62 tab/hr.)

presión desarrollada = 315 tons.

área de las platinas :  $30'' \times 30'' = 900 \text{ in}^2$

presión hidráulica máxima : 2000 psi

calentamiento : por resistencias eléctricas

capacidad de calentamiento : hasta  $500^\circ\text{F}$  ( $260^\circ\text{C}$ ) alcanzado en -  
un tiempo de 1 hr.

variación de temperatura entre diferentes puntos del plato  $\pm$  --

$10^\circ\text{F}$  precisión de calentamiento :  $\pm$   $5^\circ\text{F}$

claro de abertura =  $20''$  con cierre hacia arriba

velocidad de cierre =  $8''/\text{min.}$  (ajustable  $0.5''\text{-}12''/\text{min.}$ )

contadores de tiempo : 4 con intervalo de 0-60 seg.; 0-150 seg.; y -  
2 ajustables de 0-6 seg., 60 seg., 6 min., 60 min., 6 hr. y 60 -  
hrs.

2 controladores-indicadores de temperatura de  $0\text{-}400^\circ\text{F}$  y  $0\text{-}600^\circ\text{F}$ , para la platina superior e inferior respectivamente.

1 graficador de presión contra tiempo

1 indicador de presión de 0-3000 psi

3 servo-válvulas ajustables para la presión

peso aproximado : 18,000 lbs.

#### 7.- Carro alimentador

tamaño de partícula capaz de alimentar :  $3/4''$  o menor densida -

des manejables : 4-7 lb/ft<sup>3</sup>

humedad : 40%

velocidad de alimentación : 500 lb/hr

carga : manual

1 tacómetro

1 potenciómetro para ajustar la velocidad de alimentación.

#### 8. - Sistema neumático

capacidad del extractor = 3800 cfm

$\Delta P = 8$  in de agua

temperatura de operación : 200° F

diámetro de la ductería = 13"

ventilador centrífugo

peso aproximado del extractor : 700 lb

peso aproximado del ciclón : 900 lb

#### 4.9.9. Mantenimiento y lubricación de los equipos.

La frecuencia del mantenimiento estará basada sobre 8 horas/día de tiempo de corrida continua de trabajo en los equipos de la planta piloto.

A continuación se da una pequeña tabla de equivalencias para los diferentes tipos de lubricantes recomendados por la compañía Esso Research & -

Engineering Co., y su equivalente con los que existen en el país.

1 = Andok B (grasa), equivale a Fibrosa # 2

Andok C (grasa), equivale a Fibrosa # 3

2 = Nebula EP-1 (grasa), equivale a Litio EP-1

3 = Teresso 65 (aceite), equivale al Aceite Hidráulico MH 600 o Nacional Turbina 600

4 = Pen-O-Led EP-2 (aceite), equivale a Lubricante engrane compuesto 2-A o Teresso 85 (aceite), equivale al Aceite Hidráulico MH 900 o Nacional - Turbina 900

5 = Special Minneapolis Honeywell Oil, equivale a MH 2052 especial

6 = Teresso 52 (aceite), equivale al Aceite Hidráulico MH 30 o Nacional Turbina 15

7 = Surett N 350, equivale a Nacional Engrane delgado o Nebula EP6F (grasa), equivale a una grasa semifluida (no existe equivalente en México)

8 = Norva 275 (grasa), equivale a Grasa Bentona # 2

9 = Teresso 120, equivale al Aceite Hidráulico MH 1400 o Pen-O-Led EP-4 (aceite), equivale a Lubricante engrane compuesto 4-A

FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO Y LUBRICACION

EQUIPO	O UNIDAD	FRECUENCIA	PUNTOS A LUBRICAR	LUBRICANTE No.	OBSERVACIONES
I. <u>MOLINO BAUER</u>					
A. Baleros					
	1. - Motor impulsor	semestral	2	1	Recargar las cavidades con - grasa hasta la mitad.
	2. - Flecha principal	semestral	2	2	Referirse al manual de ins - trucción para el procedimien - to de lubricación y la inspec - ción de los baleros.
B. Empaques tipo bellota de la flecha principal					
		semanal	1	2	
C. Ajuste de la terraja					
		mensual		3	Cepillo, lata de aceite.
II. <u>ALIMENTADOR DEL MOLINO BAUER.</u>					
A. Baleros					
	1. - Motor impulsor	semestral	2	1	Recargar las cavidades con - grasa hasta lá mitad.
	2. - Flecha principal	semestral	2	2	
B. Cadena de rodillos					
		semanal		7	Cepillar.
C. Reductor de engranes					
		semestral	1	4	Rodarlos y llenar hasta la - mitad del nivel.

FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO Y LUBRICACION

EQUIPO	O	UNIDAD	FRECUENCIA	PUNTOS A LUBRICAR	LUBRICANTE No.	OBSERVACIONES
III.		<u>CLASIFICADOR</u>				
	A.	Baleros				
		1.- Flecha	semestral	2	2	
IV.		<u>SECADOR</u>				
	A.	Baleros				
		1.- Entrada del alimentador rotatorio	anual	2	2	Remover la tapa de venteo para evitar la ruptura del sello.
		2.- Alimentador del ciclón rotatorio	anual	2	2	Remover la tapa de venteo para evitar la ruptura del sello.
		3.- Inclinación del tambor de la flecha	anual	2	2	Remover la tapa de venteo para evitar la ruptura del sello.
		4.- Control del motor de gas	semestral	1	5	Aceite especial Honeywell - Minneapolis. Ver manual de servicio R1438.
		5.- Manejo de la flecha del motor	semestral		1	

FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO Y LUBRICACION

EQUIPO	O UNIDAD	FRECUENCIA	PUNTOS A LUBRICAR	LUBRICANTE No.	OBSERVACIONES
B.	Reductor de engrane:				
	1. - Entrada del alimentador rotatorio.	semestral	1	4	Rodarlo y llenarlo hasta el nivel apropiado.
	2. - Alimentador del ciclón rotatorio.	semestral	1	4	Rodarlo y llenarlo hasta el nivel apropiado.
	3. - Inclinación de la flecha	semestral	1	9	Rodarlo y llenar hasta el nivel apropiado.
C.	Cadena de engrane de la flecha.	semanal		7	Cepillar.
D.	Motor de la unión del control de gas.	mensual		3	Lata de aceite.
E.	Armadura del escudo de la flama				
	1. - Conexión del relevador	anual	1		Cambiar aceite Honeywell - Minneapolis No. 106615A.
	2. - Tubo de vacfo (12AU7)	anual	1		Cambiar aceite Honeywell - Minneapolis No. 10988.

FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO Y LUBRICACION

EQUIPO O UNIDAD	FRECUENCIA	PUNTOS A LUBRICAR	LUBRICANTE No.	OBSERVACIONES
F. Filtro de combustión del soplador		1		Limpiar-lavando en "versol" o "oakite" y agua; cuando esté seco sumergir en aceite ligero, escurrirlo e instálese
V. <u>PRENSA</u>				
A. Barras de deslizamiento	mensual	4	8	Cepillar.
VI. <u>ARMADURA DE LA BOMBA HIDRAULICA</u>				
A. Colector	anual		6	Rodar y llenar ( ver manual - Adamson United Co. )
B. Filtros	semestral	3		Limpiar elementos reusables-cambiar elementos de sechables ( ver manual ) .
C. Empaquetadura del martinete				Reemplazar cada 5 años.
D. Motor propulsor 1.- Baleros	semestral	2	1	Recargar las cavidades de grasa hasta la mitad.

FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO Y LUBRICACION

EQUIPO	UNIDAD	FRECUENCIA	PUNTOS A LUBRICAR	LUBRICANTE No.	OBSERVACIONES
<b>VII. <u>MEZCLADOR DE RESINA</u></b>					
A. Baleros					
	1.- Muñón	semestral	4	2	
	2.- Barra de alimentación	mensual	1	3	Llenar a través del recipiente del aceite.
B. Reductor de engrane					
	1.- Tambor propulsor	semestral		4	Rodar y llenar hasta el nivel apropiado.
	2.- Bomba de resinas	semestral		4	Llenar hasta el nivel apropiado.
C. Colector					
	1.- Bomba de resinas	semestral		4	Llenar hasta el nivel apropiado.
D. Engrane de cadena					
		semanal		7	Cepillar.
<b>VIII. <u>ALIMENTADOR DE BAGAZO</u></b>					
A. Baleros					
	1.- Tacómetro.	semestral		2	Empacar el recipiente con grasa.

FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO Y LUBRICACION

EQUIPO	O	UNIDAD	FRECUENCIA	PUNTOS A LUBRICANTE		OBSERVACIONES
				LUBRICAR	No.	
		2. - Perno giratorio	semestral	2	2	
		3. - Perno transportador	semestral	6	2	
		4. - Rodajas	semestral	4	2	
B.		Reductor de engrane	semestral		4	Llenar hasta el nivel apropiado.

#### 4.10. BREVE MANUAL DE OPERACION.

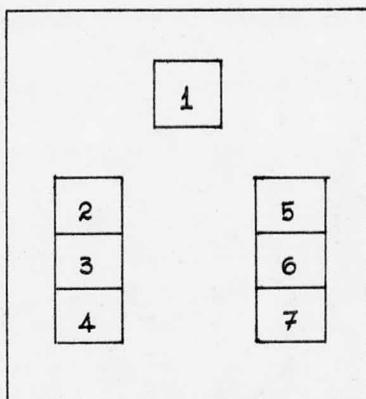
Este manual será una guía general y simplificada de los pasos -- más importantes que deberán seguirse para operar los equipos que se involucran en la operación de fabricación de los tableros aglomerados.

Tomando en consideración que se tiene un proceso intermitente, -- no podrá elaborarse el manual de tal manera que sea cubierto el funciona -- miento simultáneo y continuo de todos los equipos; consecuentemente se ha -- rá enfocándolo hacia las etapas de fabricación en que se dividió el proceso.

##### 4.10.1. Actividades comunes al proceso.

I. - Energización de los equipos. Para tener energía en la planta -- basta con girar el interruptor general del tablero de distribu -- ción de 440 V a la posición "CON" .

Para energizar los diferentes circuitos se coloca el interrup -- tor requerido en la posición "CON" . La distribución de los -- circuitos se muestra en la siguiente figura.

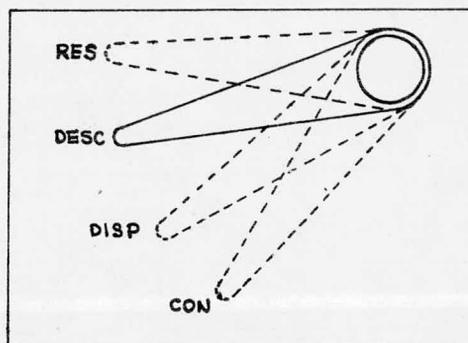


Tablero de Distribución 440 V

- 1) Interruptor general.
- 2) Motor prensa hidráulica 50 A.
- 3) Resistencias calefactoras 50 A.
- 4) Molino y alimentador del mismo 125 A.
- 5) Extractor y ciclón 50 A.
- 6) Incluye a los demás motores 50 A.
- 7) Espacio futuro para otro interruptor.

En caso de que llegara a presentarse una sobrecarga que ocasione el disparo del interruptor termomagnético, bastará con girar la manija a -

la posición "RES" para que el interruptor pueda volver a operar. En la figura siguiente se muestran las diferentes posiciones que puede tener un interruptor de este tipo: REStablecido, DESConectado, DISParado y CONec-tado.



Interruptor Termomagnético.

## II. - Extractor general para vapores y finos.

Del tablero de distribución 220/110 propio del local, conectar el interruptor que proporciona energía hasta el arrancador manual de botones.

Presionar el botón marcado con "start" para poner en funcionamiento el extractor con el objeto de eliminar los polvos, vapores y gases emanados durante algunas etapas del proceso, -

como norma recomendada para la seguridad e higiene de quienes laboran en la planta.

#### 4.10.2. Arranque del molino Bauer.

La secuencia recomendada para el molino se resume en los siguientes puntos:

a). -Arranque del sistema neumático. El extractor puede conectarse desde dos puntos diferentes, ya sea en el tablero del molino, o en el del secador, una vez que se haya cerrado el interruptor cuchilla fusible, se pulsa el botón de arranque de cualquiera de los mencionados para que arranque tanto éste como el ciclón.

El extractor como el ciclón tienen protecciones independientes contra sobrecarga, en caso de que llegara a existir una en cualquiera de ellos, bastará con restablecer la protección correspondiente para volver a operar. En caso de que la falla continúe, hay que localizar la causa.

Si la protección contra sobrecarga fallara, antes de propagarse ésta al sistema, deberá fundirse el listón fusible correspondiente; quedando como último recurso para aislar la falla,

operar el interruptor termomagnético correspondiente.

**Nota:** El sistema para arrancar el molino prácticamente es el mismo que el del extractor, sólo que el molino no arrancará si no está energizado el relevador CR1, es decir que deberán estar en marcha tanto el extractor como el ciclón; y en caso de que cualquiera de estos últimos no opere tampoco lo hará el molino.

b). - Separar al máximo los discos jalando hacia atrás la palanca de arranque rápido.

c). - Arrancar el motor del molino (50 HP). Una vez cerrado el contacto CR1, se puede arrancar el molino con sólo pulsar el botón de arranque que se encuentra en la parte posterior del tablero. Dicho botón se deberá mantener pulsado hasta que entre el arrancador M1; ya que este arranque se hace en dos pasos. Cuando sale SC entra M1 y el motor seguirá su marcha normal. Automáticamente arrancará también el alimentador del molino.

En este caso las sobrecargas se encuentran en serie, por lo-

tanto en caso de falla quedarán fuera los dos motores; si la sobrecarga es instantánea bastará con restablecer. De ser lo contrario hay que localizar las causas.

Su diagrama de control se muestra en la figura 8.

Así una vez que los discos alcanzaron su velocidad uniforme, se prenden los rociadores para que haya agua entre los platos.

- d). -Jalar la palanca de arranque rápido hasta la posición de operación.
- e). -Se afloja la palanca de seguridad y se atornilla despacio en el ajustador roscado hasta que se oiga o se sienta que se tallan ligeramente los discos.
- f). -Colocar la carátula de tal forma que el cero esté debajo del indicador con los platos tocándose y se aprieta allí con el seguro de rueda.
- g). -Abrir el ajuste roscado a la posición deseada, la cual se obtiene a base de experiencia.
- h). -Alcanzada la temperatura de operación en toda la máquina se

puede estar seguro de haber considerado la expansión térmica

- i). - La adición del material a moler se hace mediante el carro alimentador situado sobre la plataforma, el cual una vez cargado manualmente y alineado a la tolva de alimentación de cualquier equipo que se desee operar, podrá ser puesto a funcionar de tal manera que el flujo requerido se regula mediante un potenciómetro que controla la velocidad de las bandas.
- j). - Incrementar la velocidad de alimentación hasta que el amperímetro marque la mitad de la carga del motor del molino; tomándose muestras y ajustando según los requerimientos.

Al muestrear la pulpa puede suspenderse la alimentación de agua si se desea conocer la consistencia entre los platos.

El ajuste de los platos se hace empleando solamente agua entre ellos a la temperatura de operación y como mínimo una vez por día para compensar el desgaste de los mismos.

#### 4.10.3. Secador rotatorio.

I. - Arranque normal:

1. - Cerrar todas las puertas de inspección.
2. - Conectar todo el equipo de control ( controles de temperatura- y presión ) .
3. - Arrancar todos los motores en el orden siguiente :
  - a) Una vez cerrado el interruptor de cuchilla, conectar el motor del ciclón y simultáneamente lo hará el extractor.
  - b) Motor para la válvula rotatoria de alimentación al secador- ( simultáneamente el motor de las aspas que controlan el -- tiempo de residencia ) .
  - c) Motor para el soplador del aire de combustión.
4. - Cerrar la llave de paso del quemador en la línea principal de gas. Restablecer los interruptores de presión en la línea de gas y aire. Abrir la válvula de cierre de seguridad, estando el motor accionador en la posición de fuego lento.
5. - Abrir todas las válvulas manuales de gas y aire en la línea del piloto.
6. - Esperar a que termine la purga ( luz verde ) y apriete el botón de arranque ( dispositivo de seguridad de la flama ) .

7. - Ajustar la flama del piloto (según boletín 40.15), suelte el botón de arranque (dispositivo de seguridad de la flama) después de encenderse la luz blanca.
8. - Abrir la llave de paso principal de gas del quemador y poco a poco abrir la válvula del aire conforme se incremente la temperatura del control desde la ambiental hasta la de operación.
9. - Dejar el secador funcionando hasta que alcance la temperatura de operación, durante unos 15 minutos.
10. - Encender el motor del carro alimentador, incrementando el volumen de material poco a poco.

## II. - Apagado del secador :

1. - Parar el motor del carro alimentador, apretar el botón del dispositivo de seguridad de la flama y el motor para el aire de combustión.
2. - Parar los motores en la siguiente secuencia después de que la temperatura sea menor de 180-200° F :
  - a) motor para la válvula rotatoria de alimentación al secador.
  - b) motor del extractor y del ciclón.

3. - Cerrar todas las llaves manuales de gas. Desconectar el sistema de control.

#### 4.10.4. Clasificador.

La unidad deberá ser arrancada en la siguiente secuencia para evitar daños posibles en la malla del clasificador :

- a) Arranque del extractor.
- b) Arranque de la máquina en sí, pulsando el botón correspondiente en el tablero.

El equipo debe ser desconectado en el orden inverso.

Es esencial cepillar la malla frecuentemente para mantenerla abierta con un flujo de aire uniforme de entrada a la máquina y obtener una buena separación.

El material debe estar fluyendo libremente hacia el canal de alimentación. No debe usarse una cabeza de alimentación debido a que el material caería sin lograrse la finalidad deseada por el equipo.

El aire debe ser ajustado de tal manera que todas las fibras sueltas sean aspiradas por el extractor, la fibra gruesa es descargada en la

parte central de la canasta.

En caso de que se lleguen a aspirar aglomeraciones de fibra, puede ser necesario quizás cortar el aire y repeler algo de fibra fuera del canal de descarga.

#### 4.10.5. Mezclador de resina.

Se propone la siguiente secuencia de arranque para llevar a cabo la etapa de mezclado resina-fibra :

1. - Arrancar el mezclador (es decir el motor que pondrá en movimiento rotatorio a la cámara de mezclado) .
2. - Adicionar la fibra mediante el carro alimentador.
3. - Después de 15-30 segundos de haber alimentado la fibra, agregar la resina con la bomba dosificadora, lo cual prevee que el disco dispersor tenga material en el tambor y también que moje las paredes.
4. - Ajustar el nivel propio del tambor, dejando transcurrir de 2 a 3 minutos de tiempo corrido después del arranque hasta alcanzar un nivel estable.

El ajuste se realiza mediante la inspección de las paredes del tambor y del material, para lo cual debe pararse la máquina por un corto tiempo mientras se investiga la eficiencia del -- mezclado.

5. - Al final de la marcha la secuencia de paro en los motores es:

- a) La bomba alimentadora de resina.
- b) Pasados 10-15 segundos parar la alimentación de mate -- rial.
- c) Finalmente parar la marcha del cilindro o cámara de mez clado.

Esta secuencia permite una autolimpieza del disco y de la caja.

Nota: Todos los motores cuentan con protección contra sobre -- carga, si ésta fallara quedan protegidos por los interruptores cuchilla-fusible y por el interruptor termomagnético. Su dia grama se muestra en la figura No. 9.

#### 4.10.6. Formador del colchón:

1. - Colocar el molde en la parte inferior colectora de la fibra.
2. - Conectar el sistema vibratorio o martillo neumático.

3. - Vaciar manualmente la fibra mezclada con la resina sobre las cuerdas vibratorias del mat-former.
4. - Dejar de adicionar material cuando el molde esté lleno.
5. - Retirar el molde y pasarlo a la prensa para formar el colchon cillo en el pre-prensado.
6. - Desconectar el martillo neumático para que deje de funcionar el equipo.

#### 4.10.7. Prensa hidráulica.

##### A) Pre-prensado :

1. - Para arrancar el motor de la prensa, se coloca la manija - - marcada con manual y automático en cualquiera de estas dos posiciones, se verifica que el interruptor del transformador de control ubicado en el interior del tablero se encuentre cerrado ; y por último se pulsa el botón de arranque de la estación de botones del motor "PUMP" .

En caso de sobrecarga se botará la protección del arrancador magnético, y si ésta falla es momentanea, bastará con resta -

blecer para volver a operar. Si nuevamente ocurre la sobrecarga habrá que localizar la causa antes de poder restablecer.

2. - Dar la velocidad de cierre mediante el ajuste del régimen de la -  
bomba. La velocidad recomendada es de unas 8 pulg. / min.
3. - Adaptar el espesor de la fibra suelta con el ajuste del interruptor -  
de límite, el cual puede variarse sobre un intervalo de 4 pulgadas -  
( con tolerancia para un espaciado de 1 pulgada ).
4. - Establecer un límite de sobre-presión mediante la válvula releva-  
dora, o por la válvula de relevo del servo-potenciómetro.
5. - Colocar el selector de ciclo en "pre-prensado", manteniendo des-  
conectados todos los demás elementos del circuito no requeridos-  
para esta operación.
6. - Colocar el molde con la fibra suelta entre bloques aislantes sobre  
la platina de la prensa.

7. - Cerrar manualmente la platina hasta unas 4 ó 5 pulgadas de --  
claro.
8. - Apretar el botón de arranque para activar el ciclo. Las plati-  
nas cerrarán y abrirán automáticamente.
9. - Separar el colchoncillo de las platinas.
10. - En caso de que el curado del tablero no se lleve a cabo inme --  
diatamente habrá que parar el sistema hidráulico.

B) Ciclos de curado :

Ajustada la velocidad de cierre automático de la prensa en la -  
operación de pre-prensado, se procede a seleccionar el ciclo -  
de curado dependiendo de la densidad, espesor y resina del ta-  
blero.

1. - Arrancar el sistema de presión hidráulica.
2. - Colocar el selector de ciclos en la posición del tipo de tablero  
a obtener : baja, media o alta densidad.
3. - Dar el tiempo estimado previamente a los interruptores de tiempo.

4. - Seleccionar las diferentes presiones que compondrán al ciclo establecido, mediante el ajuste de la servo-válvula controlada por los potenciómetros.
5. - Conectar el sistema de calentamiento de las platinas hasta alcanzar la temperatura de operación:  
  
Para energizar las resistencias calefactoras hay que girar el botón marcado con "HEAT" a la posición "ON", en caso de sobre-elevación de temperatura actuará el termopar dejando desconectado el sistema.
6. - Colocar el colchoncillo pre-prensado sobre la platina.\*
7. - Iniciar el ciclo apretando el botón de arranque.
8. - Retirar el panel formado.
9. - Desconectar el sistema de calentamiento de la prensa, y por último el hidráulico.

## 5. - CONCLUSIONES

### 5.1.- PLANEACION.

La planeación que se realizó fue deficiente y optimista por falta de visión para cualificar y cuantificar todos los recursos y elementos necesarios para trazar un buen plan de trabajo según la disponibilidad de los mismos.

La omisión anterior nos llevó a instalar la planta piloto con una mayor dificultad de la que se había considerado en un principio; todo esto por no tomar en cuenta factores tales como :

1. - El delineamiento de las bases a que se ajustaría el plan de la instalación de la planta piloto que fue hecha previamente por otras personas, antes de contribuir con nuestra aportación en este proyecto.
2. - Desconocimiento de los problemas en la administración del presupuesto y en la forma en que iba a ser proporcionado. Esto repercutió en las horas - hombre estimadas en base a la cantidad de material disponible según las partidas asignadas mensualmente.
3. - En la asignación de equipos y herramientas se consideraron con una disponibilidad total al proyecto; lo cual no sucedió así, por lo tanto fue modificándose la secuencia de las actividades según las circuns -

tancias

4. - Imprevistos tales como la asignación en varias ocasiones del personal obrero a otras actividades ajenas al proyecto.
5. - La exclusión de un curso previo de capacitación dirigida al personal obrero con la finalidad de prevenir alteraciones a la secuencia de trabajo.
6. - Un factor impredecible que tuvo influencia fue el problema laboral que se suscitó en la Universidad durante este período, con paros, asambleas y una huelga.

Se recomienda por lo tanto que en un proyecto similar realizado a largo plazo, en donde se involucre personal asignado, recursos materiales y económicos, podrá desempeñarse satisfactoriamente solo si se toman en consideración la evaluación de alternativas y modificaciones que pudieran tener influencia directa o indirecta sobre la planeación con el fin de atenuar las posibles desviaciones.

## 5.2. PROGRAMACION

La programación de los tiempos estimados para cada actividad en la instalación de la planta piloto fue demasiado subjetiva debido a que consideramos un desarrollo continuo de ellas y en condiciones normales de trabajo, es

to es, que se dispondría incondicionalmente de todos los recursos materiales y económicos al iniciarse el proyecto.

Se anexa a continuación la tabla No. 5 de tiempos reales consumidos por actividad, así como el diagrama comparativa de barras en donde puede apreciarse que el tiempo real consumido superó en seis meses al total estimado en un principio para la duración del proyecto.

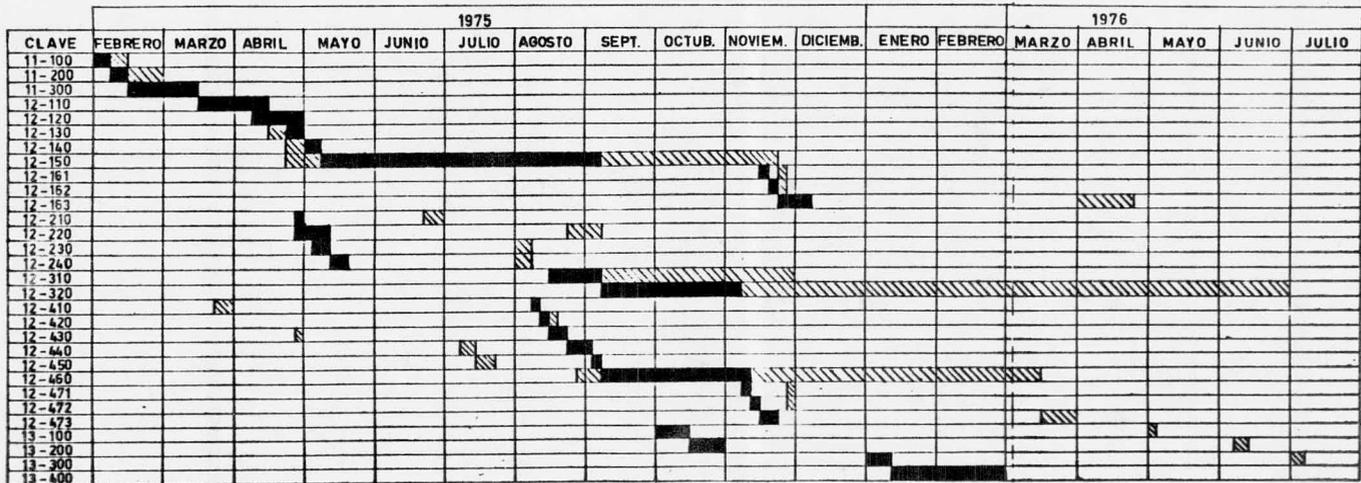
No se tomaron en consideración las pruebas con carga (13-400) debido a que pasaron a formar parte de otro proyecto.

Algunas de las principales causas de las alteraciones atribuibles al desarrollo del programa pueden resumirse en los puntos siguientes:

1. - Sólo dedicamos tiempo parcial al proyecto, lo cual impidió mantener un ritmo constante en el desarrollo de las actividades por falta de una supervisión directa.
2. - Falta de motivación por parte nuestra hacia los trabajadores para un mejor aprovechamiento del tiempo y los recursos en la realización de las actividades.
3. - La falta de estimación de un margen de holgura a la duración total del proyecto, de tal manera que se cubra algún retraso de las actividades críticas por imprevistos que se hayan escapado durante la programa

CLAVE	FECHA INICIA CION	FECHA TERMINA CION	DURACION SEMANAS
11-100	3 / Febrero / 75	14 / Marzo / 75	6.0
12-110	17 / Marzo / 75	11 / Abril / 75	4.0
12-410	24 / Marzo / 75	28 / Marzo / 75	1.0
12-120	7 / Abril / 75	25 / Abril / 75	4.0
12-130	14 / Abril / 75	18 / Abril / 75	1.0
12-140	21 / Abril / 75	25 / Abril / 75	1.0
12-150	28 / Abril / 75	21 / Noviembre / 75	30.0
12-430	28 / Abril / 75	30 / Abril / 75	0.5
12-210	23 / Junio / 75	27 / Junio / 75	1.0
12-440			
	14 / Julio / 75	25 / Julio / 75	2.0
12-450			
12-230			
	4 / Agosto / 75	8 / Agosto / 75	1.0
12-240			
12-420	18 / Agosto / 75	20 / Agosto / 75	0.5
12-220	25 / Agosto / 75	5 / Septiembre / 75	2.0
12-460	27 / Agosto / 75	12 / Marzo / 76	28.5
12-161			
	24 / Noviembre / 75	26 / Noviembre / 75	0.5
12-162			
12-310	5 / Septiembre / 75	28 / Noviembre / 75	1 2
12-471			
	24 / Noviembre / 75	26 / Noviembre / 75	0.5
12-472			
12-320	15 / Diciembre / 75	30 / Junio / 76	28.5
12-473	22 / Marzo / 76	2 / Abril / 76	2.0
12-163	5 / Abril / 76	23 / Abril / 76	3.0
13-100	3 / Mayo / 76	6 / Mayo / 76	0.5
13-200	7 / Junio / 76	11 / Junio / 76	1.0
13-300	5 / Julio / 76	9 / Julio / 76	1.0

Tabla No. 5 Tiempos consumidos en las actividades de la planta piloto.



■ TIEMPO PROPUESTO

▨ DEPASAMIENTO O TIEMPO REAL

DIAGRAMA COMPARATIVO DE BARRAS

ción. Estimamos de acuerdo a la experiencia adquirida que debe ser entre un 5 - 12 % del tiempo total laborable.

4. - Demasiado tiempo en la selección y contratación de la firma que realizaría la instalación eléctrica; además el incumplimiento por ambas partes del contrato firmado. En el diagrama comparativo se aprecia que fue lo que mayor efecto tuvo sobre el defasamiento total del programa.
5. - El retraso en algunas compras de materiales básicos para mantener una marcha constante en la construcción de la estructura e instalación del sistema neumático.

Basados en la experiencia obtenida del presente trabajo y con el objeto de hacer más real una planeación, programación y control de un proyecto similar para trabajos futuros que se realicen en la UNAM, recomendamos tomar en consideración las sugerencias siguientes:

1. - La delimitación y exigencia de los derechos y obligaciones de cada uno de los departamentos involucrados en el proyecto.
2. - La elaboración de un programa de presupuestos "a priori" para conocer el orden de magnitud del costo total del proyecto y así mismo evaluar alternativas económicas.

3. - La optimización de los diseños para obtener un ahorro en el costo de capital disponible.
4. - La elaboración de un registro diario de trabajo (bitácora) con el fin de ir haciendo un análisis comparativo de lo realizado contra lo planeado.
5. - La celebración de juntas periódicas de los representantes de cada departamento, con el objeto de rendir informes de trabajo y tener una retroalimentación continua al programa del proyecto.
6. - La consideración de normas sobre seguridad y prevención de accidentes para no ver disminuida la mano de obra disponible.

### 5.3. VERSATILIDAD Y PROYECCION A FUTURO

El objetivo logrado con el presente trabajo no debe significar un final, sino mas bien, la conclusión de una etapa más de un proyecto con sentido mas amplio al aquí enunciado como instalación de una planta piloto para la fabricación de tableros aglomerados.

Se pretende que todo el dinero y esfuerzo invertidos no deben quedar ahí, sino hasta haber logrado la meta propuesta de captar en parte, el potencial industrial que representan los materiales celulósicos considerados como subproductos o deshechos agrícolas, y porqué no ser el presente, un primer-

paso para su industrialización.

Del breve análisis de las fases que comprende un nuevo proceso, una nueva tecnología; la planta piloto es parte fundamental, porque en ella se realizan las mismas pruebas de laboratorio con un sentido más realista para determinar todos los parámetros que regirán al nuevo proceso. Por tanto si se dispone de ella completamente instalada y en condiciones óptimas de funcionamiento es gran ventaja que debe aprovecharse al máximo sobre el objeto de su diseño o alguna variante.

La planta piloto se creó para investigar todo cuanto se refiere a tableros hechos a partir de bagazo de caña, pero existe la posibilidad de aplicarla con el mismo fin a otros deshechos agrícolas como la fibra de coco, cascari-llas de arroz, trigo, café, paja de trigo, etc., que pueden dar excelentes resultados, creando nuevas tecnologías netamente nacionales.

El resultado global de todo ello será muy variado y de provecho para el país, simplemente en forma general la economía tendría un nuevo incentivo con la creación de plantas para el procesamiento de residuos agrícolas; se obtendrían nuevas fuentes de trabajo y alrededor de ellas la formación de pequeñas industrias que utilizarían como materia prima al tablero aglomerado. Posiblemente podría llegarse a disminuir algunas importaciones por sustitución y tal vez exportar tanto el producto terminado así como el grado de tecnología alcanzado.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. - Administración y control de proyectos.  
Martino, R. L.  
Editorial Técnica de México.  
1965.
2. - Apuntes del curso de planeación y desarrollo industrial.  
Profesor Eduardo Rojo de Regil.  
Facultad de Química, U.N.A.M.  
1975.
3. - Planeación industrial, un enfoque actualizado.  
Schwarz B. Juan.  
I.M.I.Q., Agosto, 1969.
4. - Ingeniería de proyectos para plantas de proceso.  
H.F. Rase y M.H. Barrow.  
CECSA.  
1974.
5. - Los organigramas.  
Valenzuela Niemeyer, Rolando J.  
Tesis, Universidad de Tampico.  
1969.

6. - Planeación y método de elaboración de un proyecto.  
Meade García Carlos.  
Tesis, U. N. A. M.  
1972.
  
7. - Apuntes de los cursos de plásticos y silicones.  
I y II.  
Profesor Julio Terán Z.  
Facultad de Química, U. N. A. M.  
1974.
  
8. - Información general sobre la planta piloto.  
ESSO, Research and Engineering Company.  
1965.
  
9. - Propiedades, elementos y resistencias de perfiles estructurales  
Cía. Fundidora de Fierro, y Acero de Monterrey, S.A.  
1966.
  
10. - Plant design and economics for chemical engineers.  
Peters S. Max.  
Mc. Graw - Hill Book Co. Inc.  
1958.

11. - Procedimiento de cálculo de transportadores neumáticos.

A. Parrodi M.

I. M. I. Q., Agosto, 1972.

12. - La industria forestal en México.

C. N. I. D. S.

1968.

13. - Manual of steel construction.

American Institute of Steel Construction, Inc.

14. - Producción de paneles a partir de residuos agrícolas.

O. N. U. D. I.