

878517

2
20

UNIVERSIDAD DEL NUEVO MUNDO

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
Con Estudios Incorporados a la
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



"PROYECTO DE INSTALACION Y PUESTA EN OPERACION DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE YESO".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO - ELECTRICO
(AREA INDUSTRIAL)
P R E S E N T A :
JUAN ANTONIO GUERRERO MOURET

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1990



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 está 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.

I N D I C E

INTRODUCCION. 8

Capítulo 1 14

"MATERIA PRIMA"

1.1.- Naturaleza de la materia prima. 15

1.2.- Propiedades físicas y químicas del mineral. 16

1.3.- Origen del mineral. 17

1.4.- Ubicación de los yacimientos. 19

1.5.- Extracción del mineral. 20

1.6.- Trituración. 21

1.6.1.- Trituración primaria. 21

1.6.2.- Trituración secundaria. 23

1.6.3.- Equipo de trituración. 26

Capítulo 2 27

"PROCESOS DE COCHURA O COCIMIENTO"

2.1.- Clasificación de los hornos de yeso. 29

2.1.1.- Primer grupo. 30

2.1.2.- Segundo grupo. 35

2.2.- Fraguado. 39

2.2.1.- Factores fis. que alteran al fraguado. 40

2.3.- Retardadores y acelerantes del fraguado. 42

2.3.1.- Retardadores. 43

I N D I C E

2.3.2.- Acelerantes.	44
2.4.- Efectos de los aditivos.	44
Capítulo 3	46
"ESTUDIO DE MERCADO"	
3.1.- Panorama de la producción.	47
3.2.- Mercado del yeso.	56
3.3.- Localización geográfica de la planta.	62
Capítulo 4	67
"INGENIERIA DEL PROYECTO"	
4.1.- Proceso de fabricación.	68
4.2.- Maquinaria y equipo.	73
Capítulo 5	85
"DISTRIBUCION DE PLANTA"	
5.1.- Condiciones de trabajo.	86
5.2.- Distribución del equipo.	88
5.2.1.- Distribución de Planta.	89
5.2.2.- Relación de Actividades.	93
5.2.3.- Lay Out.	95
5.3.- Mano de obra.	96

I N D I C E

Capítulo 6 98

"ANALISIS ECONOMICO Y COSTOS DE OPERACION"

6.1.- Indices de la producción. 99

6.2.- Análisis de los Costos de Operación. 100

6.3.- Cálculo de utilidades. 105

6.4.- Costo inicial estimado. 106

CONCLUSIONES. 108

BIBLIOGRAFIA. 112

I N D I C E

Indice de Figuras.

	Pag.
1	Funcionamiento de una trituradora de impacto. 25
2	Horno de cuba Steiger. 32
3	Horno Dupaiger - Steiger. 33
4	Caldera empleada en la fabricación del yeso. 38
5	Estado de Morelos. 62
6	Principales consumidores. 63
7	Localización y accesos por carretera. 65
8	Microlocalización de la planta. 66
9	Diagrama de flujo del proceso. 91
10	Distribución de planta. 92
11	Análisis de la relación de actividades. 94
12	Lay Out de la planta. 95

I N D I C E

Indice de Tablas.

	Pag.
1 Relación yeso - agua en el tiempo de fraguado.	41
2 Influencia de la queratina en el tiempo de fraguado.	45
3 Materiales de construcción que México exporta a los Estados Unidos.	51
4 Indice Nacional de Edificación de Vivienda de Interés Social.	53
5 Estructura Porcentual de Edificación de Vivienda de Interés Social.	54
6 Indice Nacional del Costo de Edificación de la Vivienda de Interés Social.	55
7 Consumo Nacional Aparente de Yeso.	61
8 Tipo de cambio.	79
9 Carta de Relación de Actividades.	93
10 Estimación de salarios.	104

I N D I C E

Indice de Gráficas.

	Pag.
1 Índice de la producción de la Industria de la Construcción.	50
2 Consumo nacional de cemento.	50
3 Déficit de vivienda.	57
4 Vivienda - Población.	59

I N D I C E

Indice de Planos.

		Paq.
1	Planta de molienda y calcinación de yeso.	72
2	Quebradora de martillos a impacto.	80
3	Molino de listones pendulares.	81
4	Separadores estáticos.	82
5	Ciclones.	83
6	Planta de molienda y separación.	84

I N T R O D U C C I O N

INTRODUCCION

Historicamente el yeso se conoce desde tiempos remotos, entre los materiales de construcción cuya obtención requiere la intervención del hombre y en general, se considera como el más antiguo.

En efecto, se obtiene sencillamente calentando a una temperatura no muy elevada y después reducir a polvo a un mineral bastante frecuente en la naturaleza: el aljez o piedra de yeso.

También se cree que el hombre, pudo descubrir el yeso y su reacción característica con el agua, el día en que, al intentar formar un hogar, llegó a excavar en el terreno para recibir el combustible y que en dicho lugar afloró el aljez.

Recientes descubrimientos arqueológicos han demostrado que el empleo del yeso se remonta al noveno milenio a.C. (en la civilización de Catal-Huyuc en Anatolia). Enlucidos de yeso y cal sirvieron de soporte a frescos decorativos.

También en las excavaciones de Jericó (VI milenio a.C.) se hallaron indicios de yeso moldeado.

Sabemos que la gran pirámide erigida por Keops, rey de Egipto de la IV dinastía, 2800 años antes de nuestra era, con tiene uno de los más antiguos testimonios del empleo del yeso

INTRODUCCION

en las juntas de gran precisión de los bloques de unas 16 toneladas que integran el monumento. No obstante, algunos escritos hebreos dicen que los asirios ya usaban el yeso.

El filósofo Teofrasto que vivió en los siglos III y IV a.C. y fue discípulo de Platón y de Aristóteles lo menciona; parece que su "Tratado de la piedra" es el más antiguo y documentado de los autores que tratan del yeso. Cita yacimientos en Chipre, Fenicia y Siria. Indica que el yeso se empleaba como un enlucido y para la ornamentación, frescos, bajorrelieves y estatuas. Subraya la calidad y la potencia de los conglomerantes de él derivados y la posibilidad de recuperar los enlucidos o las obras antiguas de yeso, para someterlos a una nueva cochura o cocimiento y emplearlos otra vez.

Más cerca de nosotros, Catón y Columela citaron diferentes aplicaciones del yeso y Plinio el viejo le consagró importantes comentarios.

Menos conocidas que las transmitidas por griegos y romanos, las aplicaciones del yeso han existido en otros lugares del mundo. Así, en Africa, los bereberes construyeron, con un yeso muy resistente, presas y canales, gracias a los cuales todavía queda asegurado el riego de los oasis de Mzab, y con yeso juntan los bloques de tierra apisonada para sus viviendas.

INTRODUCCION

Pero a partir del siglo XII y hasta el final de la Edad Media, la albañilería y los enlucidos de yeso alcanzan gran aceptación. Ya se conoce el estuco de yeso y el yeso en los pavimentos.

Una carta real menciona desde 1292 la explotación de 18 canteras en el Reino Unido. La aplicación del yeso de preferencia es para enlucidos, construcción de tabiques y chimeneas. El Renacimiento extiende los yesos a la decoración y en el periodo Barroco se aplica muy seguido el estuco de yeso.

En el siglo XVIII se generaliza el empleo de yeso en la construcción hasta el punto en que, no solo las viviendas burguesas sino también las populares en su mayor parte echan mano para construcción y acabados con yeso.

En esta época, la fabricación del yeso era aún empírica y rudimentaria. Pero Lavoisier, en 1768, presenta a la Academia de Ciencias el primer estudio científico de los fenómenos que prestan base a la preparación del yeso.

En el siglo siguiente, los trabajos de diversos autores, entre los cuales destacan Van t'Hoff y Le Chatelier permiten abordar una explicación científica de la deshidratación del yeso. Con base en ellos, se produjo una profunda transformación de los equipamientos.

INTRODUCCION

Al respecto, resulta interesante observar que Malaguti, en sus "Lecciones Elementales de Química" (1863), describe un sistema de construcción ideado por Dumesnil (inventor de un horno de yeso) que consiste "en moldear con una especie del yeso duro, materiales bajo forma de sillares macizos y huecos, así como grandes baldosas huecas para tabiques". Son los primeros balbucesos de la prefabricación de yeso. Noción nueva y sorprendente para la época.

No obstante, en el campo de la fabricación y de los recursos que emplea, es en el siglo XX en el que gracias a la evolución industrial, ha traído las transformaciones más profundas que han conducido a los actuales equipamientos. Las industrias de la química, en la preparación del ácido fosfórico, han producido grandes cantidades de sulfato cálcico bihidratado, el cual, limpio de las impurezas con que va mezclado y convenientemente tratado, puede emplearse en lugar del aljez natural, para la fabricación del yeso. Método que se ha desarrollado mucho en los países donde es escaso el aljez, como el Japón.

Sabiendo que en nuestro país existe un déficit considerable en el renglón de la construcción habitacional y tomando en consideración la necesidad y lo insustituible del yeso por otros materiales o insumos similares de la construcción, así como las facilidades que en este caso existen, que incluyen la explotación de una cantera de piedra de yeso de la más

INTRODUCCION

elevada pureza por un periodo superior a los 40 años, contando también con más canteras propias en los alrededores. Todo esto para la instalación de una planta productora de yeso de elevada calidad y de una producción importante, factible de incrementar mediante ampliaciones. He decidido dirigir el estudio de mi tesis hacia este campo, para justificar la importancia de la implantación de este sistema, dadas las ventajas (rendimiento, productividad y calidad) que ofrece.

En este trabajo empiezo hablando de la materia prima en sí; trato de hacer una descripción de ella, nombrando sus variedades, su naturaleza y su forma de obtención. Enseguida se describen los diferentes procesos de fabricación y sus características.

Se hace un estudio de mercado que nos hace ver el panorama de la producción en nuestro país, donde nos damos cuenta de la gran demanda del yeso que se produce. También se describe el proceso de fabricación que vamos a emplear, donde se pueden apreciar los bajos costos de operación y la efectividad de este proyecto.

CAPITULO 1

CAPITULO 1

1.- MATERIA PRIMA.

1.1.- Naturaleza de la materia prima.

El nombre procede del griego "Gypsos". Es la forma mineral del sulfato cálcico dihidratado de fórmula $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. El yeso está muy distribuido en la corteza terrestre y se presenta en varias formas, asociaciones y colores, la mayoría de los yacimientos de yeso se presentan estrechamente asociados con estratos de anhidrita o masas diseminadas de este mismo material, lo que sugiere el problema del origen geológico y la posible transformación de una forma en la otra después de formado el depósito. En su estado puro su composición es la siguiente:

	Aljez o Yeso	Anhidrita
	-----	-----
Agua de cristalización	20.93 %	0.00 %
Cal	32.56 %	41.18 %
Acido Sulfúrico	46.51 %	58.82 %

Las impurezas que se observan en el material suelen ser: arcilla, materia orgánica, inclusiones de granos de arena, a veces sulfuros, etc.

CAPITULO 1

1.2.- Propiedades físicas y químicas del mineral.

Cristaliza en sistema monoclinico, los cristales presentan aspecto tabular, raras veces columnar o prismático. El color del yeso es blanco, frecuentemente los cristales son transparentes como el agua e incoloros. Suele observarse las coloraciones gris, amarillo, rojo, pardo y negro. El brillo es vítreo, con reflejo nacarado en los planos de clivaje. Presenta una dureza de 1.5 a 2.5 y es muy frágil. Los fragmentos presentan una forma rómbica con ángulos de 66 y 114 grados; peso específico de 2.3. Punto de fusión: no funde. Cerca de los 400 °C pierde su contenido de agua y forma CaSO_4 . El índice de refracción es de 1.520 a 1.529. Solubilidad: es muy soluble al agua; la máxima solubilidad se logra entre los 36 y 38 °C y luego baja rapidamente. La solubilidad mínima se observa a temperaturas superiores a 107 °C, debido a la formación del semihidrato " $\text{CaSO}_4 \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ".

Al calentarse a la presión atmosférica, según muestran los termogramas, comienza a perder el agua entre los 80 y los 90 °C, y a los 120-140 °C se transforma totalmente en semihidrato. Al soplete pierde el agua, se resquebraja y se funde dando un esmalte blanco. Cuando la concentración de H_2SO_4 pasa de 75 g/l y baja mucho el índice de solubilidad. Se disuelve muy poco en HCl.

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana.

CAPITULO 1

1.3.- Origen del mineral.

En las condiciones naturales, el yeso se forma por distintas vías.

1) En masas considerables se deposita por vía sedimentaria en el fondo de lagos salados y en los mares que van secando. El yeso al igual que el NaCl, solo puede desprenderse en las fases iniciales de la evaporación, cuando no es todavía muy alta la concentración de las demás sales disueltas. Cuando dicha concentración llega a un nivel determinado, en particular tratándose de NaCl y $MgCl_2$, en lugar del yeso se forman cristales de anhidrita y luego otras sales más solubles.

Se presenta en cinco variedades principales:

- a) Selenita.- Se presenta cristalizado, formando láminas transparentes y semiflexibles con planos de estructura bien marcados.
- b) Fibroso.- Se presenta satinado, de estructura fibrosa con lustre sedoso.
- c) Yeso de roca.- Es una variedad de composición sólida de grano más fino que el del alabastro.

CAPITULO I

d) Alabastro.- Es compacto, generalmente blanco de grano muy fino a veces con tintes muy suaves de diferentes colores.

e) Gypsita.- Formación suave que cuando se presenta en forma impura, es terrosa e inconsistente, ligeramente consolidada.

2) Masas muy considerables de yeso se forman como consecuencia de la hidratación de la anhidrita en los depósitos sedimentarios bajo el efecto de las aguas superficiales, en un ambiente de baja presión exterior conforme la reacción:



3) En las regiones desérticas y semidesérticas es muy frecuente el yeso en filones y nódulos en la corteza de meteorización de las rocas de más distinta composición.

Suele formarse también en las calizas bajo el efecto de las aguas enriquecidas con ácido sulfúrico o sulfatos disueltos en ellas. La adición de ácido sulfúrico al agua aumenta sensiblemente la solubilidad del yeso. Por eso, en varios yacimientos, el yeso suele ser más común en la parte superior de las zonas menos primarias, en cuyas fisuras se encuentra con otros sulfatos.

CAPITULO I

4) El yeso es relativamente raro como mineral hidrotermal, típico en los yacimientos de sulfuros, formados a bajas temperaturas y presiones. En dichos yacimientos se observa, a veces, bajo la forma de grandes cristales en las cavidades y contiene inclusiones de calcopirita, pirita, esfalerita, etc.

1.4.-Ubicación de los yacimientos.

Según datos proporcionados por la Comisión de Fomento Minero, casi en toda la República existen depósitos más o menos importantes de yeso, aunque podemos considerar en base a estudios realizados, que los más importantes se localizan en los Estados de Baja California Sur, San Luis Potosí, Puebla, Jalisco, Morelos, Nuevo León, Chihuahua, Coahuila, y Colima.

Existen importantes yacimientos de piedra de yeso en América del Norte y Europa, en diversas regiones, con diversas características y numerosos tonos de colores. Italia se encuentra entre las naciones más favorecidas por la extensión, variedad y bondad de sus yacimientos. Existen pues, minerales de yeso aptos para el empleo directo en las construcciones y en la escultura como piedras decorativas, tales como la alabastrita (cal sulfatada compacta parecida al alabastro) y la volpinita (anhidrita azulada con 1.8 % de sílice).

1.5.- Extracción del mineral.

El sistema de explotación de un yacimiento de yeso, depende de la profundidad a la que se encuentre el mineral, pudiendo ser:

- a) A cielo abierto
- b) Por galerías

Dependiendo del sistema empleado y de las características del material, se utilizan comúnmente equipos tales como picos, palas, barretas, marros, pistolas neumáticas, cargadores y equipo de transporte.

Una vez extraído el mineral se realiza una selección de campo que se practica generalmente a la vista, aunque a veces es necesario apoyarse en análisis químicos, que nos indiquen su composición.

Para que la extracción de la piedra de yeso pueda resultar económica, es necesario que los bancos no se encuentren a una profundidad excesiva respecto al nivel del terreno que obligase a recurrir a los costosos sistemas de excavación en tunel.

La roca debe, por tanto, presentarse descubierta en gran parte o bastante próxima al nivel del suelo con el fin de poder verificar la explotación a cielo abierto por medio de barrenos, con pólvora negra (dinamita), o con los nuevos y seguros hidrogeles (explosivos a base de nitrato de amonio). Con otros barrenos más pequeños se efectúa la fragmentación de las grandes masas destacadas y, finalmente, con machacadoras mecánicas o quebradoras de mandíbulas, se obtienen los granos del tamaño que se quiera, que sometidos después al cernido, pasan directamente a los hornos de calcinación o a la trituration preliminar, según el sistema de fabricación adoptado.

1.6.- Trituración.

1.6.1.- Trituración primaria.

Las condiciones económicas actuales, el costo de la mano de obra, la evolución de las técnicas de perforación y explotación, los tamaños del equipo de carga, etc., han influido los conceptos tradicionales de la trituración.

A pesar de los importantes adelantos en materia de explotación de pedreras por explosivos (perforación a gran profundidad, dosificación de explosivos con menor riesgo, etc.), es

CAPITULO 1

frecuente que ocurra que algunos bloques de gran dimensión se escapen a la acción demoledora de los explosivos. La barrenación secundaria o el rompimiento con mazo son, como consecuencia necesarios, lo cual desequilibra la economía de la instalación, pues estos trabajos son muy costosos. De ahí viene la necesidad de disponer de una quebradora primaria con una boca de admisión de grandes dimensiones, capaz de aceptar directamente los bloques mayores.

Por lo tanto, será la dimensión máxima de los bloques de roca, la que determinará la boca de admisión de la quebradora.

La quebradora de quijadas es, en la actualidad, el equipo más usual para realizar la etapa primaria de trituración, ya que posee las siguientes cualidades:

- 1) Altura de alimentación razonable.
- 2) Producción conveniente.
- 3) Mecánica muy simple.
- 4) Facilidad en el cambio de piezas de desgaste.

Las quebradoras de quijadas se fabrican a base de placas soldadas, o bien producto de la fundición de acero.

CAPITULO 1

1.6.2.- Trituración secundaria.

Para tomar las producciones importantes de las quebradoras primarias, es necesario contar después con máquinas capaces de seguir este proceso, reduciendo el material a una dimensión netamente inferior.

Los modelos de trituradoras que más se utilizan en la actualidad son:

A) Trituradoras de rodillos.

Este tipo de equipo lo usan desde hace más de un siglo. Su uso racional obliga a respetar los siguientes puntos:

- El diámetro de los rodillos debe ser por lo menos 20 a 30 veces superior al grueso de los fragmentos, según estos, sea grava triturada o cantos rodados.
- La producción se relaciona directamente con el ancho de los rodillos, pero un ancho muy grande provoca un desgaste irregular y rápido, más fuerte en el centro que en los extremos.
- El coeficiente de reducción (relación de tamaños de partícula) no debe ser mayor de 4.

CAPITULO 1

- La alimentación debe ser muy regular en todo el ancho de los rodillos, razón por la cual se necesita un distribuidor.

En presencia de materiales medianamente abrasivos, el desgaste de los rodillos es muy grande, por lo cual el mantenimiento de la máquina se vuelve más complicado. El producto a la salida de la máquina, en muchas ocasiones presenta un alto porcentaje de fragmentos lajeados.

B) Trituradoras de martillos y de impacto.

Las ventajas principales que tenemos al hacer uso de esta clase de equipo son:

- Coeficiente de reducción muy elevado (12 a 16).
- Producciones altas.
- Es muy buena la uniformidad con que salen las partículas, terminado el proceso.
- Mecánica simple.

Para una variedad bien definida de rocas, se puede decir que la densidad, el módulo de elasticidad, la resistencia a

CAPITULO 1

la compresión, la resistencia a la penetración, la resistencia al desgaste, la abrasividad, la resistencia al impacto y la resistencia al interperismo, varían en valores con el mismo sentido, razón por lo que se habla después de una roca muy dura o muy resistente, sin ninguna precisión adicional.

Sin embargo cuando, se trata de comparar a dos variedades distintas de rocas, por lo general no se prevee la relación entre sus diferentes características.

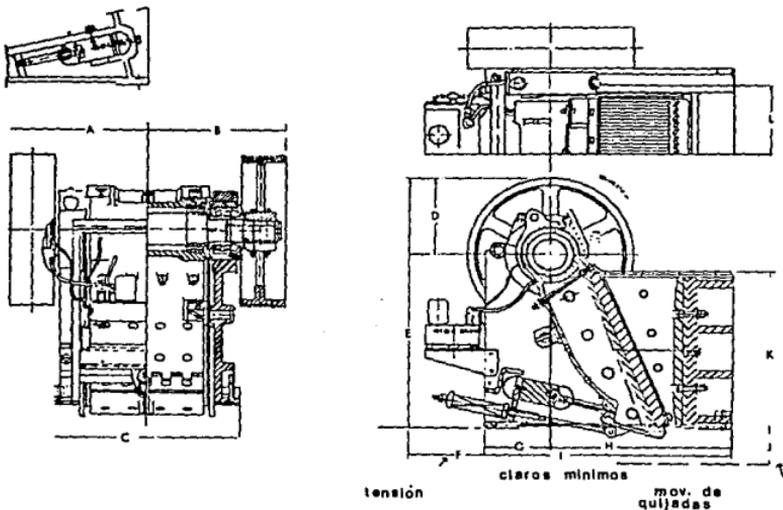


Fig. 1. Funcionamiento de una trituradora de impacto.

CAPITULO 1

1.6.3.- Equipo de trituración.

Por la naturaleza de este equipo de trabajo se presenta, como consecuencia, un cierto número de imperativos a los fabricantes de equipo de trituración y molienda, a quienes se les obliga a proporcionar a sus compradores y usuarios las siguientes características:

- Producción máxima posible del equipo considerado.
- Abertura de admisión máxima.
- Coeficiente de reducción máximo.
- Forma cúbica del material triturado.
- Fuerza motriz mínima posible.
- Simplicidad en la mecánica del equipo.
- Seguridad de su funcionamiento.
- Dimensiones compactas.
- Facilidad de montaje y desmontaje de las piezas de desgaste.
- Facilidad de manejo y mantenimiento.
- Costos razonables de explotación en la producción.
- Monto de la inversión inicial.

El equilibrio y la rentabilidad de una instalación completa sera en función de la calidad del estudio técnico que se haya efectuado.

CAPITULO 2

CAPITULO 2

2.- PROCESOS DE COCHURA O COCIMIENTO.

El objeto de la calcinación es la obtención del hemidrato del sulfato de calcio ($\text{CaSO}_4 + \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$), o bien de las formas anhidricas del mismo sulfato de calcio (cemento keene, estrich, etc.), a partir del dehidrato o yeso natural, y es a este fenómeno al que el yeso le debe su carácter de aglomerante. Por la elevación de temperatura, cede el yeso su agua de cristalización en dos fases.

En la práctica, la temperatura a que tiene lugar el cocimiento, depende de la velocidad de calentamiento, de la presión externa, de la granulometría y la densidad del yeso empleado, así como de la agitación de la masa. Como consecuencia de la mala conductividad térmica del yeso, se cuecen con mucho mayor lentitud los granos más grandes.

La diferencia de las superficies expuestas de las piedras de yeso, ejerce una mayor influencia sobre la velocidad de deshidratación cuando se trabaja con granos gruesos más que con granos finos.

Una presión de vapor elevada, determina una temperatura de descomposición superior. Paralelamente con la presión de vapor, con la que se forma el hemidrato, se modifican sus características que determinan algunas de sus propiedades.

CAPITULO 2

El yeso de paris y el yeso de estucar, o simplemente yeso, son fabricados practicamente en igual forma; la diferencia de sus propiedades es debida al uso de yeso natural, relativamente puro en el primero, y a algunas impurezas en el segundo.

2.1.- Clasificación de los hornos de yeso.

Los distintos tipos de hornos de yeso utilizados para la calcinación, se pueden clasificar de la siguiente manera, (Al hablar en ellos del hogar, se refiere al fogón u hoguera):

Primer grupo: Hornos que se encuentran en contacto directo con los gases producidos por la combustión.

Hornos fijos { De tipo rudimentario
De cuba

Hornos rotatorios

CAPITULO 2

Segundo grupo: Hornos que no tienen contacto directo con los gases que se producen mediante la combustión.

Hornos fijos { De panadero
Caldera

Hornos rotatorios

2.1.1.- Primer grupo.

Están caracterizados por que en ellos tiene lugar la calcinación en una atmósfera seca, o que por lo menos no se encuentra saturada de vapor de agua y la piedra de yeso está en contacto directo con los gases de la combustión.

A) Hornos de tipo rudimentario:

Está muy extendido el empleo de cierto tipo de hornos bajo el nombre de hornos rudimentarios; se fabrican hornos rústicos en las laderas de los montes, colocando en forma de bóvedas para formar el hogar, piedras gruesas de yeso, rellenando después con fragmentos pequeños y finalmente con polvo.

CAPITULO 2

El combustible que utilizan es la leña, ya sea en trozos o en ramas; los gases de la combustión atraviesan la masa de yeso y se desprenden junto con la humedad y el agua de hidratación. El final del cocimiento, se conoce empíricamente por el aspecto del material y de los humos.

Otro procedimiento rudimentario consiste en formar montones con capas alternadas de piedra de yeso muy fragmentadas y combustible, de forma análoga a los llamados hornos de campaña que se emplean para la fabricación de cal; el yeso obtenido queda mezclado con la ceniza del combustible, que le comunica un color oscuro, por lo que recibe el nombre de yeso negro.

B) Hornos de cuba:

Son de forma cilíndrica, de eje vertical, de unos once metros de altura, y los realizan en obras de fábrica. Se cargan por la parte superior y se vacían por puertas de descarga situadas en la parte inferior; una pirámide central facilita, el descenso de los bloques hacia dichas puertas.

Este tipo de hornos no esta previsto de hogar. El mineral en bloques de 10 a 20 cm. de arista, se mezcla con capas alternadas de combustible. No es preciso una selección exagerada del yeso ni del combustible, de modo que son utilizados, tanto el lignito como otros combustibles muy pobres.

CAPITULO 2

El rendimiento térmico es superior que el de los que hemos denominado rudimentarios y cuando se dispone de una piedra de yeso con poca humedad de cantera, el gasto de combustible puede descender, a 60 kg. por tonelada de yeso ya cocido. Existen unas interesantes modificaciones para el funcionamiento continuo del horno de cuba. Una de ellas es el horno sistema Steiger, que difiere del anteriormente descrito en que esta provisto de hogar y su descarga es automática. Su sección varía según la altura, con lo que puede dividirse la zona de acción en tres partes que son de arriba para abajo (fig. 2):

- Una zona de precalentamiento muy ancha.
- Una zona de cocimiento muy estrecha y al nivel de la cual se encuentran los hogares laterales.
- Una zona ancha de enfriamiento.

Para la calefacción de este horno se usa comunmente al petróleo o al gas natural.

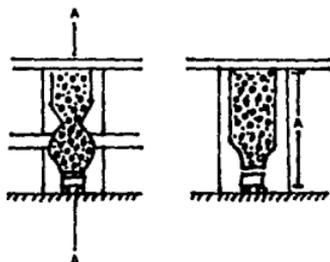


Fig. 2 Horno de cuba Steiger.

CAPITULO 2

El horno sistema Dupaignier - Steiger (fig. 3), se puede esquematizar por dos campanas superpuestas con un mismo eje vertical. En el espacio comprendido por las dos campanas se amontona el yeso, en bloques de 15 a 20 cm, de arista. Cargándose por una abertura cónica en la parte superior de la cámara externa. La campana central recoge los gases de combustión de los hogares y permite que pasen a través de las aberturas, de que esta provista, a la masa de yeso en tratamiento. Estos hornos tienen la ventaja de que se pueden cargar por encima de la zona de cocimiento una importante masa de mineral, cuya precalefacción, queda asegurada por los gases del hogar.

Los hornos de cuba perfeccionados resultan tener un precio bastante elevado, y sin embargo, no proporcionan un producto más homogéneo que los hornos rudimentarios. No puede seguirse con exactitud un control de la temperatura y solo pueden usarse fragmentos de piedra muy grandes con los que resulta una notable pérdida de material en desechos.

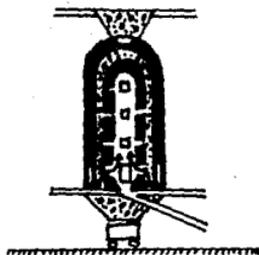


Fig. 3 Horno Dupaignier - Steiger.

CAPITULO 2

C) Hornos rotatorios:

Estos hornos suponen un gran perfeccionamiento sobre los anteriores, por la agitación constante a la que se somete la masa durante la calcinación.

Se han ideado numerosos sistemas; el más racional parece ser el horno rotatorio cilíndrico, de eje ligeramente inclinado para facilitar la salida del material. Un hogar exterior produce los gases de combustión, que son enviados al interior del horno a una elevada temperatura.

El tipo moderno de horno consta de un tubo cilíndrico de 20 a 50 mts. de longitud y, de 1.9 a 2.5 mts. de diámetro. El horno, ligeramente inclinado, es alimentado por el extremo superior y en el interior unas paletas en espiral, distribuyen el material, evitando su acumulación.

El extremo inferior se reviste con ladrillos refractarios en una extensión de un cuarto a un tercio de la longitud total; en este extremo se dispone corrientemente el hogar, regulandose el tiro, de modo que los gases de combustión circulen en sentido contrario o a contracorriente a la masa de yeso. Se ha encontrado que esta disposición resulta más económica, en lo que concierne a consumo de combustible, que la de hacer circular los gases en el mismo sentido del yeso.

CAPITULO 2

La piedra de yeso se tritura previamente a un tamaño de unos tres centímetros o menor. Se considera como una práctica corriente la eliminación de los finos. El yeso atraviesa el horno en unos 45 minutos y se descarga a una temperatura de unos 160 a 195 °C, pasando directamente a los molinos, donde se completa el proceso. La temperatura se controla por medio de dos pirómetros; uno que mide la de los gases al abandonar el horno y otro que mide la del yeso cocido según se va descargando. Estos hornos son relativamente poco costosos y son de funcionamiento sencillo, exigen una mano de obra reducida al mínimo, tienen bajo consumo de energía y pueden alimentarse con cualquier combustible.

2.1.2.- Segundo grupo.

La característica general de estos hornos consiste, que en ellos el yeso no esta en contacto con los gases de combustión y la atmósfera de cocimiento esta construída por vapor de agua a una mayor o menor presión, resultando un producto con un elevado porcentaje de hemidrato.

CAPITULO 2

A) Hornos de panadero:

Este es el clásico horno utilizado en algunas fábricas de yeso de moldeo. Su rendimiento térmico es excelente y su disposición permite, además, cualquier tipo de combustible. Desgraciadamente una producción importante exige un gran número de cámaras y por consiguiente, una mano de obra considerable, ya que es difícil imaginar una mecanización total.

En consecuencia solo se pueden utilizar practicamente para la obtención de yesos especiales que permiten un precio de venta relativamente elevados.

B) Calderas:

Estas calderas son características de la industria yesera y constan de un cuerpo cilíndrico de acero de 1 a 1.25 cm. de espesor, de 2.5 a 4.5 mts. de diámetro y una altura de 1.8 a 4.2 mts. El fondo de la caldera puede ser una piedra convexa de 2.5 a 7.5 cm. de espesor, dispuesta de modo que la superficie convexa queda en el interior, o bien puede estar formado por 6 a 15 segmentos triangulares, unidos por medio de tornillos. Estos fondos resultan menos satisfactorios que los de una pieza, excepto en las calderas de mayor tamaño.

CAPITULO 2

En la parte superior de la caldera hay una trampilla para la introducción de piedra de yeso, y un tubo de ventilación que conduce los vapores desprendidos a un colector de polvo. La calefacción corre a cargo de unos tubos horizontales que atraviezan la caldera de un extremo al otro; corrientemente hay cuatro tubos, dispuestos en pares paralelos uno sobre otro, o dispuestos en el mismo plano.

Un agitador de eje vertical evita que se produzcan sobre calentamientos en la masa de yeso. La portezuela de descarga esta situada en la parte inferior de la pared lateral. La caldera esta situada sobre un hogar, descansando sobre un soporte de obra de fábrica de ladrillo refractario.

A través de la portezuela de carga se introduce yeso crudo hasta llenar la caldera. La operación de carga requiere de 20 a 45 minutos, y se realiza directamente después de vaciar la caldera de su carga anterior. Mientras se carga la caldera la temperatura de la misma desciende desde unos 170 a unos 110 °C.

La temperatura se eleva luego lentamente, hasta alcanzar unos 130 °C, punto en que el yeso aparenta hervir intensamente, emitiendo gran cantidad de vapor. Esta ebullición aparente es causada en parte por la acción mecánica del agitador, pero fundamentalmente es debida al agua de cristalización

liberada en forma de vapor, que al escapar hacia arriba, tiende a hacer flotar las pequeñas partículas de yeso. La temperatura permanece practicamente constante hasta que el cocimiento se hace más homogéneo, y entonces se eleva de un modo progresivo.

En cuanto al producto obtenido, se puede decir que consta casi exclusivamente de hemidrato, estando presentes cantidades variables de dehidrato, que dependen de la construcción de la caldera, de la ventilación de la misma, del sistema de calefacción y de la velocidad de carga.

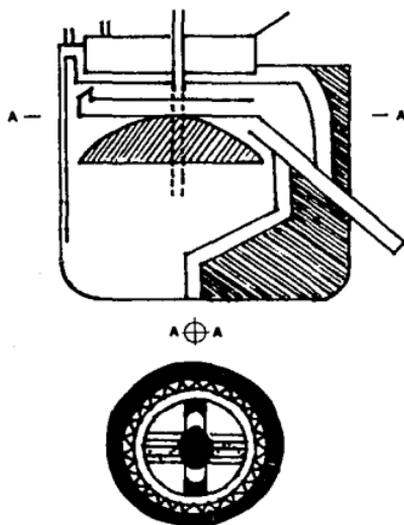


Fig. 4 Caldera empleada en la fabricación del yeso.

C) Hornos rotatorios:

Estos hornos son análogos de su funcionamiento a los que se describieron en el primer grupo, ya que solamente difieren en su sistema de calefacción. Los hornos de este grupo se mantienen en rotación sobre un hogar, de modo que los gases de combustión, actúan sobre toda la periferia de los mismos. El rendimiento es bastante inferior a los de los hornos de contacto directo con los gases. Igual que en las calderas, el cocimiento tiene lugar en la atmósfera de vapor de agua, y al no estar el yeso en contacto con el combustible ni sus gases, resulta un producto sumamente limpio.

2.2.- Fraguado.

Una de las propiedades características del yeso es la rapidez de su fraguado, que obliga al operario a trabajar con apresuramiento y unicamente permite amasar por vez, pequeñas cantidades, pues de otro modo se producen con facilidad perdidas de material al no ser aplicado al instante.

La técnica moderna nos ofrece la solución de este problema con el empleo de retardadores y acelerantes; compuestos químicos que actúan catalíticamente sobre la velocidad del fraguado, permitiendo regular casi a voluntad la velocidad de el mismo.

Un yeso de paris puro, comienza a fraguar entre 5 y 15 minutos después de la adición del agua. El yeso de estucar, fabricado con yeso impuro, es de fraguado más lento. En cuanto a los yesos completamente deshidratados, el tiempo es mayor, contengan adicionantes o no.

2.2.1.- Factores físicos que afectan al tiempo de fraguado.

La velocidad del fraguado del yeso puede regularse por adición de compuestos químicos de tipos diversos, denominados retardadores o acelerantes, pero se ha comprobado así mismo, que determinados factores físicos ejercen también cierta influencia sobre la duración del fraguado. Entre estos factores podemos mencionar la temperatura del agua de amasado, la relación yeso - agua, el tiempo transcurrido desde la calcinación y desde la molienda, el tamaño de las partículas, etc.

El tiempo de fraguado disminuye al aumentar la relación yeso - agua y también al prolongar el amasado.

CAPITULO 2

La siguiente tabla nos da una idea de la variación que puede producirse.

Relación yeso - agua (gr : cc)	Duración del amasado (min)	Tiempo de fra- guado (min)
100 : 80	1	10.5
100 : 80	2	7.55
100 : 80	3	5.75
100 : 60	1	7.25
100 : 45	1	3.25

Tabla 1 Relación yeso - agua en el tiempo de fraguado.

Fuente: Tratado de construcción.

En este ejemplo se puede observar que la velocidad del fraguado se triplica al aumentar la relación yeso - agua de 100 : 80 a 100 : 45; como así también que un incremento de la misma de 100 : 80 a 100 : 60 produce el mismo efecto, aproximadamente, que prolongar el amasado de la primera mezcla durante un tiempo total de 2 minutos. En lo que se refiere a la influencia del tiempo transcurrido desde la calcinación y mollienda; Ostwald afirma que el yeso recién cocido fragua más rápidamente que el mismo material transcurrido algún tiempo. Esto puede explicarse por la destrucción de los cármes de dehidrato que ordinariamente contiene el yeso cocido y que aceleran el fraguado.

Finalmente por la influencia del tamaño de las partículas; por el efecto de su superficie de contacto es fácil de comprender, ya que la solubilidad de una sustancia depende del grado de división de la misma, y a su vez, la velocidad del fraguado depende de la solubilidad. El efecto del grado de división sobre la solubilidad es particularmente sensible por debajo de una determinada magnitud de grano. Por ejemplo, en un yeso, con grado de división extrema (tamaño de los granos inferior a 0.3μ), se encontró una solubilidad aumentada hasta en un 20 %.

Como se puede suponer, una molienda adecuada liberará el dehidrato que puede estar contenido en el interior de los granos, pudiendo entonces reaccionar, con lo que se prolongará el tiempo de fraguado.

2.3.- Retardadores y acelerantes del fraguado del yeso.

En primer lugar, se han explicado los fenómenos de retardo del fraguado del yeso por relaciones de solubilidad.

La presencia de un cuerpo extraño en solución o suspensión en el agua de amasado, puede aumentar o disminuir la solubilidad. Generalmente las sustancias que disminuyen la solubilidad del hemihidrato son retardadores, mientras que aquellas que lo aumenten, son acelerantes.

CAPITULO 2

De acuerdo con las teorías coloidales del fraguado del yeso, Traube, mantiene que la coagulación del gel de yeso es acelerada por la adición de electrolitos y retardada por los coloides.

2.3.1.- Retardadores.

A) Primer grupo.

Sustancias que disminuyen la solubilidad del yeso: glicerina, alcohol, acetona, éter, azúcar, ácidos como el acético, bórico, fosfórico, láctico y sus sales: sosa.

B) Segundo grupo.

Compuestos orgánicos de elevado peso molecular, que actúan como coloides protectores: queratina, caseína, cola, pepsina, peptones, albumina, goma arábica, gelatina, proteínas, melazas, productos de hidrólisis de sustancias de desecho de origen animal.

C) Tercer grupo.

Sustancias que influyen en la estructura cristalográfica del yeso: acetático cálcico, carbonato cálcico y magnésico.

CAPITULO 2

2.3.2.- Acelerantes.

Sirven como acelerantes, todos los sulfatos, con excepción del hierro; ácido sulfúrico, clorhídrico y nítrico; nitratos, cloruros, bromuros, y ioduros alcalinos de amonio; sulfato cálcico deshidratado; cloruro de aluminio; dicromato de potasio; silicato sólido; tartratos y oxalatos en concentraciones elevadas; jabón.

2.4.- Efectos de los aditivos.

Las sustancias utilizadas para modificar la velocidad de el fraguado del yeso tienen frecuentemente efectos secundarios que pueden influir favorable o desfavorablemente sobre otras propiedades de este material. Así por ejemplo el bórax, además de ser un poderoso agente retardador, reduce la expansión y aumenta la dureza.

En vista de la falta de información, se tomaron datos experimentales proporcionados por el Ing. Antonio Pérez A. de la Universidad Autónoma de Guadalajara, por que parece conveniente determinar el efecto de las sustancias añadidas por medio de ensayos previos.

CAPITULO 2

En este ensayo se estudio la influencia de la queratina sobre las resistencias a la tracción y a la compresión y sobre la expansión de las mezclas. Dando como resultado los que se presentan en la siguiente tabla.

Contenido de queratina	Tipo de ensayo	Edad de las probetas	Carga rotura promedio Kg/c
0	compresión	4 días	314.95
0	tracción	4 días	28.15
0.10	compresión	4 días	315.25
0.10	tracción	4 días	25.61
0.25	compresión	4 días	240.82
0.25	tracción	4 días	16.15
0.30	compresión	8 días	269.88
0.30	compresión	4 días	237.03
0.30	tracción	4 días	19.13

Tabla 2 Influencia de la queratina en algunas propiedades del yeso.

Los aceleradores y los retardadores no deben añadirse en más de 0.2 %, con relación al peso del yeso, a fin de evitar los efectos desfavorables de los mismos. Se suele recurrir a otras sustancias para comunicar a los yesos mayor plasticidad y cohesión. Para el primer propósito se usará arcilla o cal hidratada hasta un 15 % con respecto al peso del yeso.

CAPITULO 3

CAPITULO 3

3.- ESTUDIO DE MERCADO.

3.1.- Panorama de la producción.

Desde 1982, la economía de México, ha venido registrando periodos de profundas recesiones, seguidos de recuperaciones modestas y transitorias. En 1987, se inició una nueva fase de recuperación, después de haber experimentado en 1986 los efectos más severos de la disminución del precio de exportación del petróleo, cuando alcanzó casi los 12 dólares.

La política económica diseñada a finales del sexenio anterior, se proponía alentar el crecimiento en forma ordenada, planteándose una estrategia consistente en tres fases:

- 1) Corrección de precios relativos.
- 2) Reducción de la inflación.
- 3) Reactivación moderada.

La recuperación se presentó inicialmente, en un rápido crecimiento de las exportaciones de manufacturas, que aprovecharon la ventaja de la corrección del tipo de cambio realizada en 1986. A su vez, el precio internacional del petróleo resultó menos deprimido que las previsiones originales a lo que se habría de sumar, las ventajas obtenidas con la renegociación de la deuda externa, que permitió contar con recursos de exterior frescos y plazos mayores de amortización.

CAPITULO 3

Estos eventos apuntaban a una recuperación más sostenida ya que las cuentas del sector externo, empezaron a registrar importantes saldos positivos, situación que sigue prevaleciendo hasta la fecha. Adicionalmente el Banco de México, aumento sus reservas internacionales, y el mercado internacional del petróleo recuperaba una relativa estabilidad.

Bajo estas circunstancias, se abrió nuevamente un espacio para el manejo de la política económica para apoyar la recuperación del mercado nacional. Las tasas de interés nacionales empezaron a disminuir en términos reales, y el tipo de cambio siguió un deslizamiento menor que la diferencia de inflación entre México y los países desarrollados. No obstante, la inflación siguió siendo muy elevada, reflejando una situación de baja estabilidad. Hacia finales de 1987, el problema se agudizó, requiriendo de medidas más profundas para su corrección, como las de control de precios que fueron adoptadas por el Programa de Solidaridad Económica.

La Cámara Nacional de la Industria de la Construcción, afirma que en 1987, la industria del cemento, envolviendo también a la del yeso, incrementó su producción en 13.1 % respecto a 1986. Esta elevada tasa de crecimiento, se derivó de un aumento del 20.5 % en las exportaciones, pero también resultó de un significativo crecimiento del consumo de materiales en el mercado nacional.

CAPITULO 3

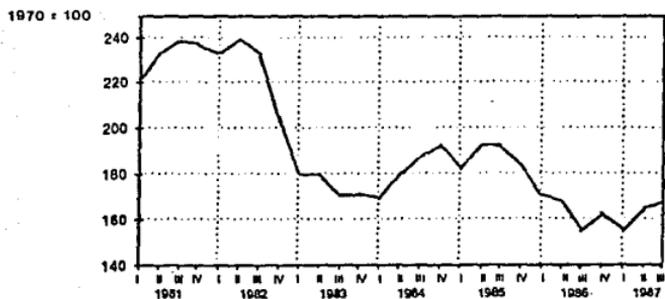
Estos resultados de las industrias del cemento y yeso, contrastan marcadamente con el bajo dinamismo que tuvo la economía en 1987, y más particularmente, con la industria de la construcción que se estima tuvo un incremento de 1.5 %.

En el mercado nacional, la reactivación de la producción durante 1987 tuvo distinto dinamismo entre los diferentes sectores económicos. Este hecho fue especialmente marcado entre la evolución de la industria de la construcción y el consumo nacional aparente del yeso.

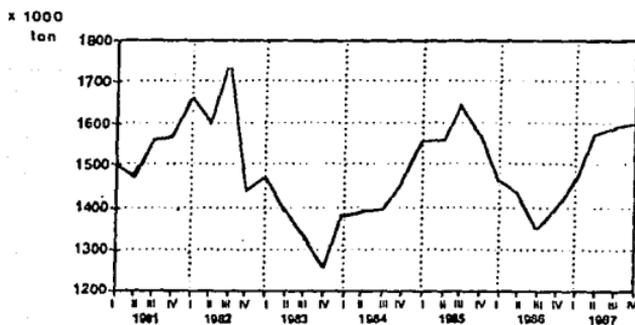
La industria de la construcción ha sido uno de los sectores de la economía más afectados, su volumen de producción de 1987 resulto 27.8 % menor al de 1981. Su evolución se encuentra estrechamente vinculada con la inversión del sector público que ha resentido los mayores recortes en el presupuesto en los últimos años. La evolución de la construcción durante 1987, mostró una recuperación moderada, que se hizo más evidente hasta el último trimestre de 1987, siendo así uno de los sectores más rezagados en la recuperación de la economía.

Tradicionalmente, el consumo nacional aparente de yeso sigue muy de cerca las variaciones que registra la industria de la construcción. Sin embargo, desde 1982 se ha venido observando un uso más intensivo del yeso por parte de la construcción dando como resultado, crecimientos mayores en el consumo del yeso en las fases de recuperación.

CAPITULO 3



Grafica 1 Índice de producción de la industria de la construcción.



Grafica 2 Consumo nacional de cemento.

Fuente: Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.

ENCUENTRO I

La elevada inflación registrada a lo largo de 1987, hizo necesaria una revisión más frecuente del precio del yeso y en general de todos los materiales de construcción. Cada industria en lo particular enfrentó aumentos en sus costos.

De acuerdo a los indicadores del Banco de México, el precio del yeso aumentó en promedio anual en 1987 en 139.0 % superando el 131.8 % registrado por el Índice Nacional de Precios al Consumidor, pero estando por abajo de la variación de el Índice Nacional de Precios Productor de 145.3 %. En este mismo periodo la industria de la construcción aumentó sus precios en promedio anual en 141.3 %.

Tabla 3 Materiales de construcción que México exporta a los Estados Unidos (miles de dólares).

	Total de exportaciones de materiales de construcción.	Total de exportaciones mexicanas (inc. petr.)
1984	223,328	18'266,868
1985	204,833	19'391,863
1986	275,130	17'588,319
1987	325,013	20'519,921

Incremento	18.3 %	16.9 %

Fuente: Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.

CAPITULO 3

Material	1984	1985	1986	1987	86/87
Puertas de madera	5,238	4,430	4,648	6,247	34.4%
Cemento Blanco	1,880	2,260	2,786	2,719	-2.4%
Cemento hidráulico	73,000	85,079	130,971	153,866	17.5%
Pisos y muros	426	413	509	595	16.9%
Bloques y ladrillos	0	220	606	617	1.8%
Cal	1,744	896	243	153	-37.0%
YESO	21,320	19,954	38,138	28,468	-25.3%
Granito p/pavimentos	772	655	946	1,705	80.2%
Caliza p/pavimentos	181	92	174	277	59.2%
Mármol y ónix	4,574	5,728	4,884	5,899	20.8%
Travertino	1,119	822	406	649	59.9%
Piedra p/pavimentos	650	511	542	1,072	97.8%
Tubería de asbesto	1,070	843	462	662	43.3%
Tubería de acero	11,561	5,335	1,949	766	-60.7%
Tubos sin costura	5,995	1,843	9,802	22,131	125.8%
Alambre, tubos y laminas	1,260	788	1,403	3,094	120.5%
Tabique de barro	12,001	6,020	4,213	2,312	-45.1%
Mosaico y azulejo	20,465	18,464	18,753	25,163	34.2%
Parquet	309	409	401	325	-19.0%
Otros art. cerámicos	70	91	343	1,316	283.7%
Barnices	2,419	2,717	2,815	3,020	7.3%
Vidrio común	3,760	3,834	5,386	4,440	-17.6%
Vidrio templado	20,518	31,405	27,082	40,248	48.6%
Barras de acero	1,966	8,938	14,041	15,094	7.2%

Continuación Tabla 4.

CAPITULO 3

Tabla 4 Índice Nacional de Edificación de Vivienda de Interés Social. I N C E V I S
(1980 = 100)

	Materiales de Construcción	Mano de obra	Índice general Mat. + Mano de obr.
1973	20.7	23.2	21.5
1974	26.3	30.0	27.4
1975	30.7	34.0	31.7
1976	37.9	43.6	39.6
1977	49.0	59.2	52.1
1978	58.7	69.6	62.0
1979	75.1	82.8	77.5
1980	100.0	100.0	100.0
1981	127.7	132.2	129.0
1982	197.2	205.6	199.7
1983	389.0	320.4	367.2
1984	611.8	494.2	574.4
1985	960.4	744.8	891.8
1986	1,752.2	1,249.5	1,592.0
1987	4,409.0	2,710.6	3,861.6

Fuente: Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.

CAPITULO 3

Tabla 5 Estruct. porcent. de edificación de vivienda I.S.

	1974	1980	1981	1983	1984	1986	1987	1987
Mat. de Const.	66.74	69.74	70.30	75.64	75.85	77.31	81.73	100X
Albañilería	32.73	35.49	36.73	35.27	36.73	39.47	40.74	50
Herrería	4.78	5.74	5.27	6.71	6.78	6.23	6.35	8
Carpintería	3.00	3.08	2.94	3.19	3.17	2.68	3.29	4
Instalaciones	9.80	10.44	10.08	11.75	11.31	12.31	13.91	17
Yesería	2.78	3.01	3.71	3.41	3.32	3.92	4.12	5
Pintura	2.31	2.28	2.13	2.70	2.64	2.46	2.43	3
Piso y recub.	4.03	3.16	2.88	3.10	3.08	3.01	3.19	4
Varios	7.30	6.53	6.58	9.06	8.55	7.23	7.70	9
Mano de obra	33.26	30.26	29.70	24.36	24.15	22.69	18.27	100X
Albañilería	15.43	14.63	14.56	11.87	11.69	10.89	8.77	48
Herrería	1.00	0.79	0.73	0.59	0.60	0.58	0.47	3
Carpintería	0.58	0.59	0.58	0.49	0.49	0.46	0.37	2
Instalaciones	4.13	3.68	3.63	3.05	3.05	2.86	2.31	12
Yesería	2.68	2.56	2.50	2.03	2.02	1.94	1.55	9
Pintura	2.53	2.20	2.16	1.82	1.78	1.67	1.35	7
Piso y recub.	1.93	1.87	1.83	1.48	1.48	1.36	1.09	6
Varios	4.97	4.04	3.71	3.03	3.04	2.93	2.36	13
TOTAL					1 0 0	%		

Fuente: Camara Nacional de la Industria de la Construccion.

CAPITULO 3

Tabla 6 Índice Nacional del costo de Edificación de
la Vivienda de Interés Social (Base 1980 = 100).

	Materiales de Construcción.						
	Índice						
	General	General					
M + M.O	Mater.	Albañ.	Herrer.	Carpin.	Yesería	Pintura	
1973	21.5	20.7	18.7	18.8	20.6	19.9	24.3
1974	27.4	26.3	25.3	22.9	26.7	25.3	27.8
1975	31.7	30.7	29.0	27.5	29.9	31.0	32.7
1976	39.6	37.9	34.1	39.1	37.0	36.5	40.6
1977	52.1	49.0	43.3	52.7	49.2	43.3	57.0
1978	62.0	58.7	53.8	62.6	57.6	53.8	66.6
1979	77.5	75.1	72.6	78.9	74.5	70.3	77.2
1980	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1981	129.0	127.7	130.0	118.5	124.6	152.9	122.8
1982	199.7	197.2	197.2	183.5	184.9	240.4	181.9
1983	367.2	389.0	363.8	424.8	372.3	436.3	417.2
1984	574.4	611.8	574.6	659.4	577.0	638.4	663.5
1985	891.8	960.4	931.9	984.0	937.9	1,144.9	986.4
1986	1,592.0	1,752.2	1,762.9	1,813.4	1,412.6	2,224.1	1,675.7
1987	3,861.6	4,400.9	4,273.0	4,275.0	3,968.7	5,360.2	4,475.4
1988	7,795.3	9,130.6	9,111.8	8,342.6	8,466.5	9,957.8	8,115.2

Fuente: Elaborado con datos del Banco de México
Subdirección de Investigación Económica.

3.2.- Mercado del Yeso.

El mercado del yeso lo constituye, por su naturaleza de acabado, la edificación habitacional, así como en algunos casos, la edificación no habitacional. Siendo muy pocas las veces en la que el yeso llega a ser un insumo de la edificación no habitacional, y al mismo tiempo muy difíciles de cuantificar, dirigire el estudio del mercado y las expectativas futuras unicamente a la edificación habitacional.

En la demanda de la construcción que genera tanto el sector público como el sector privado, la edificación habitacional constituye el 40.3 %, mientras que las obras de infraestructura significan el 31.8 %, y la edificación no habitacional el 27.9 % restante.

Por lo que respecta a la distribución geográfica de la demanda de la construcción, es muy importante señalar que durante el periodo que va de 1980 a 1988, tan solo 10 entidades representaron más del 52 % del total, siendo el Distrito Federal, la principal Entidad demandante de esta rama, aún cuando su participación mostró una tendencia decreciente, al pasar de 19.9 % en 1980 a un 17.8 % en 1988.

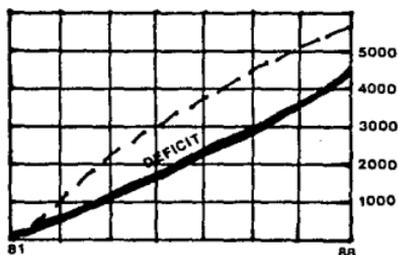
La actividad de la construcción se desarrolla siempre sobre pedido, por lo que el volumen de la producción de la industria de la construcción es igual a la demanda total que

CAPÍTULO 3

se realiza anualmente. Sin embargo es importante señalar que en materia de vivienda, existe una demanda potencial que no satisface, lo cual ha generado un déficit creciente en este concepto, al grado que la vivienda se ha convertido en uno de los principales problemas que enfrenta el país actualmente.

Mientras que la tasa histórica de crecimiento ha sido del orden de 3.4 % anual y la composición de la población por edades ha dado un fuerte impulso a la tasa de nupcialidad, lo cual constituye un indicador de la demanda adicional de vivienda. Durante el periodo de 1960 a 1970, el crecimiento de la oferta de vivienda a nivel nacional, registró una tasa media del 2.6 anual, en el lapso de 1970 a 1980, dicha tasa fue del 2.7 anual, y en el lapso de 1980 a 1988, la tasa paso al 2.9 anual.

- Viviendas construidas.
--- Matrimonios efectuados.



Gráfica 3 Déficit de vivienda.

CAPITULO 3

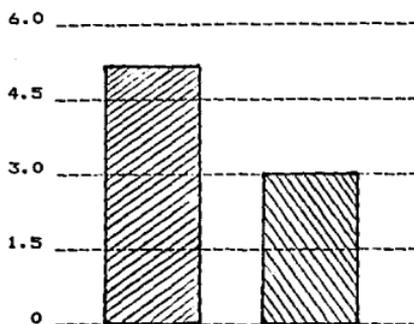
Tan solo para 1988, la oferta total a nivel nacional fue de 315,000 viviendas, en tanto que las necesidades reales fueron de 520,000; lo que significó un déficit de 205,000 viviendas. Al respecto cabe mencionar que la combinación de los altos precios de la construcción de vivienda en venta, por un lado, y el fuerte decremento de la inversión inmobiliaria de arrendamiento, por el otro, han sido factores limitantes para dar solución al problema habitacional.

La inversión en vivienda, seguirá creciendo en términos absolutos, aún cuando disminuirá su participación relativa en el total, lo que significa que se dará un mayor impulso a la construcción pesada.

Según los estudios del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, el déficit de viviendas, que actualmente se calcula en 3.77 millones (hasta 1988), junto con las previsiones de el crecimiento demográfico, dió origen en 1978 a la formulación del "Programa Nacional de Vivienda", cuyas metas propuestas implican que el volumen de construcción de viviendas adicionales, deberá crecer 4 % en promedio anual, durante todo el periodo, además de las acciones ya emprendidas de conservación y mejoramiento de las viviendas que actualmente existen.

Los volúmenes de edificación habitacional, anualmente llegan casi a la totalidad de las que se construyen actualmente.

CAPITULO 3



Vivienda - Población

1988 a 1994

Gráfica 4

Para lograr el desarrollo de la oferta turística nacional, se ha planteado el objetivo de doblar el número de cuartos de hoteles durante este sexenio. En consecuencia, la oferta de hospedaje crecerá a tasas muy elevadas durante los próximos años y junto con las edificaciones habitacionales se espera tener un buen índice de crecimiento.

Fuente: La Industria de la Construcción y sus Insumos.

CAPITULO 3

A) Aspectos del mercado del Yeso.

La producción de yeso en el país durante los últimos 35 años se ha venido incrementando considerablemente, ya que en 1954 se registró una producción de 366 toneladas mientras que en 1988 alcanzó una cifra de 1'757,870 toneladas. Los yesos que principalmente se producen a mayor escala son, yeso crudo y yeso calcinado.

El consumo que se ha tenido en nuestro país, ha sido bastante variable a pesar de que el uso de este producto en la construcción se ha generalizado paralelamente al aumento de las áreas de edificación.

Un problema básico en la utilización del yeso, es el hecho de que los yacimientos están muy concentrados en áreas de terminadas del país, lo que provoca que en zonas alejadas de estos, no lo utilicen por ser antieconómico al gravarse su costo por el pago del transporte, prefiriendo utilizar sustitutos tales como la cal y el cemento.

B) Exportación e importación.

El monto de las exportaciones de yeso, en el periodo de 1972 a 1988, ha sido de aproximadamente 22 millones de toneladas, casi en su totalidad de yeso en bruto y solo una mínima

CAPITULO 3

parte de yeso calcinado. Los principales países a los cuales se exporta el mineral son: Estados Unidos, Canadá, China, Taiwan, El Salvador, Guatemala, Honduras, Belice, República Dominicana y Bélgica.

Las principales empresas exportadoras de yeso en bruto, clasificado y triturado, son: Cía. Minera Occidental S.A. de C.V., que extrae el mineral de yacimientos en la Isla de San Marcos en Baja California Sur y Yeso Mexicano S.A. de C.V., que explota el mineral de yacimientos en San Luis Potosí.

Las importaciones realizadas del producto, han sido mínimas ya que únicamente se realizan compras para obtener yesos especiales para usos dentales.

AÑO	Prod.Nacional	Importación	Exportación	CNA
1982	1'497,715	20,389	1'464,351	53,753
1983	1'524,431	28,933	1'239,786	313,578
1984	1'386,813	33,842	1'287,808	132,847
1985	1'255,903	22,938	585,475	693,366
1985	1'414,237	22,252	1'086,844	349,645
1987	1'495,730	17,627	805,852	707,505
1988	1'757,870	24,859	1'535,305	247,424
C.N.A. Promedio =				356,942

Tabla 7 Consumo Nacional Aparente de Yeso.

$$C.N.A. = P.N. + Imp. - Exp.$$

CAPITULO 3

3.3.- Localización geográfica de la planta.

La planta se localiza en el pueblo de Coaxintlán en el Estado de Morelos, a unos 30 Kms. de la carretera que va de Jojutla a Cuernavaca. Es un punto de gran importancia por su cercanía a las ciudades de México, Cuernavaca, Cuautla, Jojutla de Juarez, Zacatepec, Iguala y Taxco. Mucha de esa importancia se la debe también a que el Ferrocarril pasa muy cerca del pueblo, y hay dos o tres espuelas donde pueden cargar los vagones para así alcanzar mercados que se encuentran a grandes distancias, gracias a este económico medio de transporte.



Fig. 5 Estado de Morelos.



Fig. 6 Principales consumidores.

CAPITULO 3

El pueblo de Coaxintlán se localiza en el sur del Estado de Morelos dentro de la provincia de la Sierra Madre del Sur, que cubre la porción central y suroeste del Estado. Limita al norte y al oriente con el Eje Neovolcánico.

Por la estratigrafía sabemos que en esta provincia afloran las rocas más antiguas de Morelos, que son las del Cretácico Inferior. Litológicamente están clasificadas como calizas de ambiente marino.

En esta provincia han prosperado varias industrias, que se dedican a la explotación de rocas carbonatadas, las cuales son usadas como materia prima en la fabricación del cemento y calhidra, como material de construcción para mampostería y acabados, en algunas partes como balasto de las vías férreas. Las rocas sedimentarias clásticas del Terciario son explotadas en afloramientos cercanos a la ciudad de Cuernavaca donde se separan mecánicamente arenas y gravas, las cuales se emplean después en la construcción como agregados del concreto y como relleno. Las rocas basálticas se explotan en diversos bancos, cuyos materiales se emplean tanto en la construcción de edificios como para acabados y mampostería, y como agregados del concreto, previa trituración. En el área de Tilzapotla cercano a Coaxintlán existe una concentración de numerosas empresas que, explotan y producen, materiales de construcción de diferentes tipos, tales como cemento, calhidra, mortero, yeso, así como acabados y triturados para el concreto.

CAPITULO 3

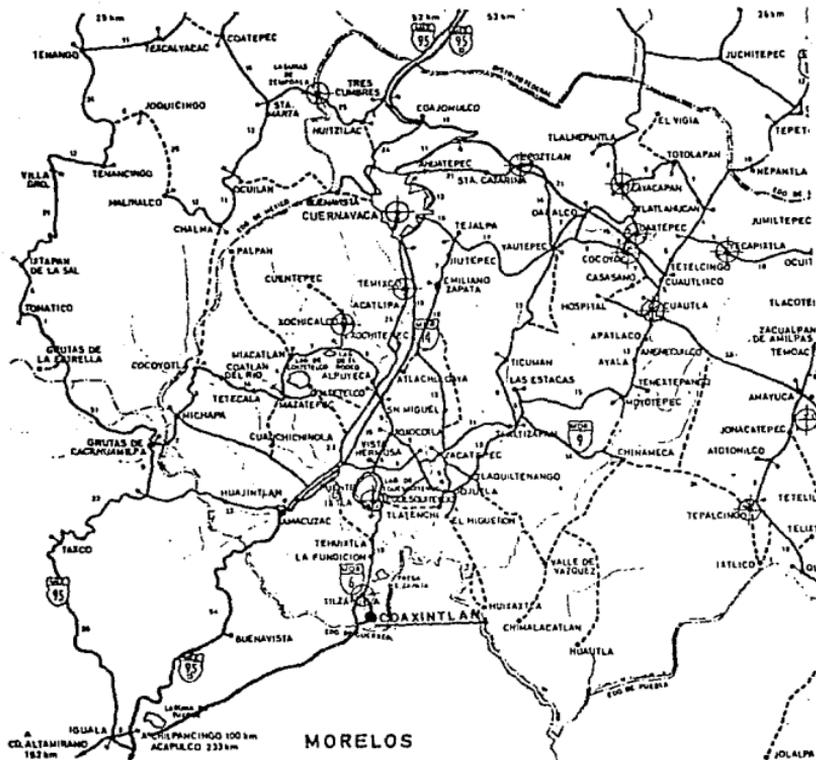


Fig. 7 Localización y accesos por carretera.

CAPITULO 3

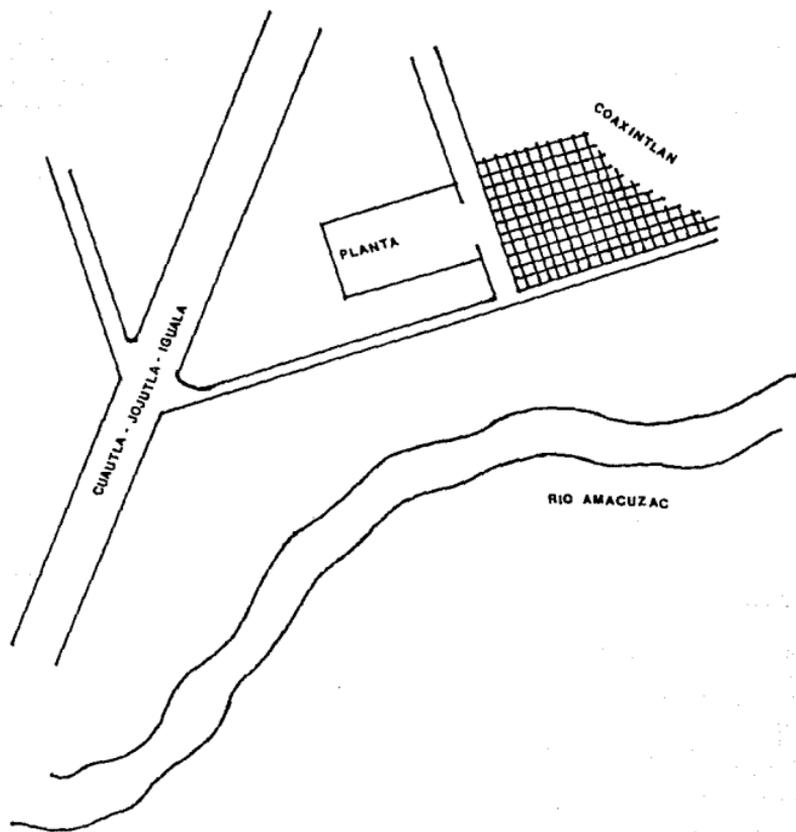


Fig. 8 Microlocalización de la Planta.

CAPITULO 4

CAPITULO 4

4.- INGENIERIA DEL PROYECTO.

4.1.- Proceso de Fabricación.

Los procesos de fabricación anteriormente descritos, definían claramente dos etapas:

- Calcinación.
- Molienda.

Es importante señalar que el sistema que a continuación se describe y que resulta ser el estudio de la presente tesis, no tiene completamente diferenciadas las dos etapas, puesto que la calcinación y la molienda pueden considerarse que se efectúan formando una sola etapa.

Esto puede resultar un poco confuso, pero debe observarse que el proceso de calcinación en sí, se efectúa durante todo el trayecto del material, y puesto que el material se encuentra en flujo, está en contacto con los gases calientes durante todo el lapso de tiempo, que tarda en llegar como producto terminado al silo de almacenamiento.

También la molienda se efectúa en un punto determinado, considerado perteneciente al trayecto del material durante su calcinación completa.

CAPITULO 4

En seguida se describe el sistema de calcinación en flujo que nos proporcionó nuestro proveedor: Ingeniería EGM S.A. de C.V. Al cual se le encuentran las siguientes ventajas con respecto a los mencionados en el capítulo 2.

- Los requerimientos de mano de obra son mínimos.
- El producto es de elevada pureza y homogeneidad.
- El sistema de producción es completamente continuo.
- Los requerimientos de espacio son mínimos.
- Bajo consumo de energía.
- Puede ser alimentado con casi cualquier combustible.

El proceso de fabricación de yeso por el sistema de calcinación en flujo, se inicia con la llegada de la materia prima, que viene a ser el sulfato de calcio hidratado en bloques de 20 por 45 cm. de arista aproximadamente.

Esta es depositada por los camiones en un alimentador de mesa oscilante, que alimenta a una quebradora de martillos para reducir el mineral a un tamaño de entre 0 y 25 mm de diámetro, el cual cae para ser recogido por un elevador de canchales, que lo deposita en una tolva con un alimentador de plato en su parte inferior.

Posteriormente el material pasa por una válvula de cel-das, para llegar a una cámara que está conectada con el generador de gases calientes, el cual produce gases con una

CAPITULO 4

temperatura de 600 a 800 °C; donde se encuentra con una parrilla de acero inoxidable en forma de escalera, por entre la cual cruzan los gases, logrando que la caída del material se retarde para recibir el primer choque térmico, y así también para que la temperatura disminuya en su parte inferior, la cual viene siendo la de entrada al molino. A esta altura del proceso la temperatura de los gases descendió hasta aproximadamente 500 °C.

Existe un ventilador principal que produce el flujo de los gases calientes en el sistema, el cual está conectado con la cámara de conexión del generador, con el molino y un filtro por un lado, y un ciclón por el otro.

El material después de pasar por la cámara, cae en el molino, para así después pasar a un separador estático, que regresa los gruesos a la cámara, para que se vuelvan a moler y manda los finos hasta el ciclón, el cual manda de regreso los gases calientes al ventilador y los polvos finos los deposita en un silo de almacenamiento, el cual tiene una válvula de celdas a la entrada, que cierra el flujo de los gases, de donde el material, gracias a un gusano transportador se guía hasta una ensacadora, para que después de ser envasado se almacene en la bodega de producto terminado.

Se puede decir que los gases de escape, al pasar por el ciclón, regresan al ventilador, el cual manda una parte, 60 %

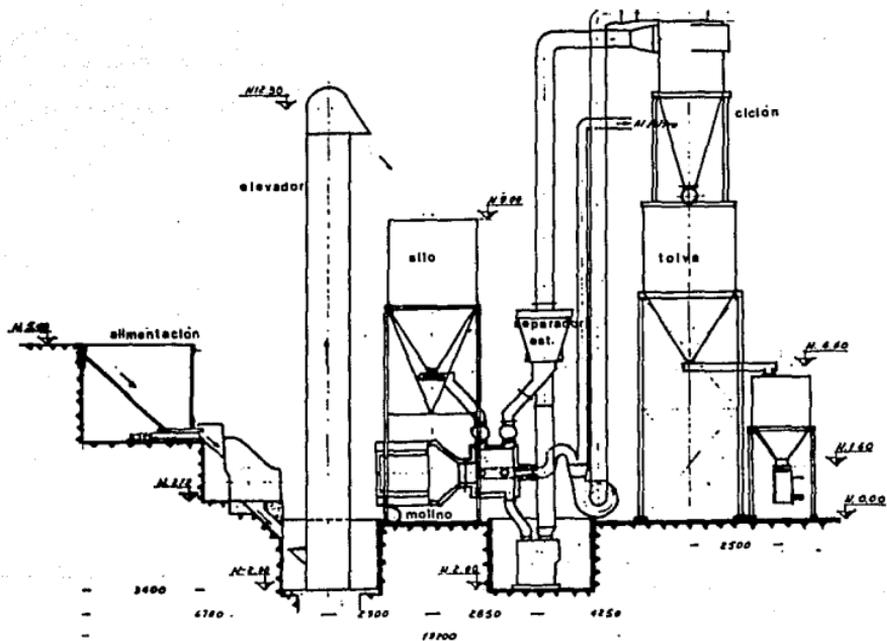
CAPITULO 4

al sistema de flujo, y otra, 40 %, pasa por un filtro de mangueras, al cual se le puede inyectar aire fresco para bajar la temperatura. Para que finalmente salga limpio de sólidos a la atmósfera, sabiendo que los sólidos captados por el filtro pasarán después al silo de almacenamiento.

El plano que a continuación se muestra, nos da una idea más real del proceso de fabricación del yeso por el sistema de calcinación en flujo, dándonos las dimensiones que ocupa el proceso, así como también mostrándonos la localización y distribución de las principales máquinas que intervienen en el mismo.

La capacidad de la planta está dada por nuestro proveedor de tecnología en base al estudio realizado por ellos. Como se mencionó en el capítulo anterior nos vamos a enfocar al consumo habitacional, que según el estudio realizado por la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción. En 1988 tan solo en el area metropolitana de la ciudad de México hubo un déficit de 680,000 toneladas de yeso aproximadamente. Lo que nos permite competir con el principal centro de consumo de todo el país.

CAPITULO 4



Plano 1 Planta de molienda y calcinación de Yeso.

CAPITULO 4

4.2.- Maquinaria y Equipo.

El sistema de fabricación del yeso por el sistema de calcinación en flujo, involucra la siguiente maquinaria, con sus correspondientes motores:

Lista de maquinaria para una fábrica de yeso
con capacidad de 8 tons/hora.

DESCRIPCION	KG.	Precio
1) Un alimentador de mesa oscilante 800 x 250	2,850	26'880,000
Un motorreductor ASEA 10 HP 142 RPM, tipo 132 B-4/250		
2) Una quebradora de martillos EGM - 900	3,860	43'196,000
Un motor de 50 HP, 4 Polos SIEMENS con arranque a tensión reducido.		
3) Un elevador de cangilones T - 315 20m entre ejes.	4,840	40'767,000
Un motorreductor ASEA 7.5 HP 110 RPM tipo 132 A-4/250		

CAPITULO 4

DESCRIPCION	KG.	Precio
4) Un silo en placa estructural con soporte de estructura metálica.	4,500	15'340,000
5) Un plato de alimentación. Un motorreductor ASEA 2 HP 65.5 RPM tipo 90 A-4/250	325	5'215,000
6) Un molino de listones de flujo T - 800 Un motor SIEMENS de 50 HP 4 polos, con arranque a tensión reducida.	1,470	22'471,000
7) Un separador estático T-3	855	9'000,000
8) Un ciclón T-9	1,180	9'548,000
9) Una cámara de combustión para 1.25 Mill. de Kcal/hr. (Sin refractario).	2,750	11'261,000
10) Una caja de conexión con parrillas de acero inoxidable. (sin refractario).	(incluyendo 35 Kg de acero inox)	

CAPITULO 4

DESCRIPCION	Kg.	Precio
11) Un ventilador principal de 17.000 m /h a 110°C y 500 mm C.A. Marca S.F. Un motor SIEMENS, de 60 HP 2 polos, con arranque a ten- sión reducida.	500	9'268,000
12) Un ventilador de aire se- cundario 5650 m /h a 20°C y 100 mm C.A.	110	2'256,000
13) Un quemador con armaduras para 1.25 Mill. de Kcal/h de Diesel. Un motor de 2 HP 4 Polos.	100	4'772,000
14) Un ventilador de alta pre- sión para el quemador de 1500 m /h a 20°C y 1000 mm C.A. marca S.F. 10 HP/2P.	170	3'400,000
15) Una válvula de celdas para la entrada del material 300 Diam :: 400. Motorreduc- tor ASEA de 1 HP 66.5 RPM	150	2'720,000

CAPITULO 4

DESCRIPCION	Kg.	Precio
16) Tres válvulas de celdas para sellar las salidas del ciclón, el retorno del separador y la salida del filtro de mangueras. 3 motorreductores ASEA de 0.5 HP, 56 RPM, tipo 71 B-4/240	240	4'605,000
17) Un silo para producto terminado con estructura soporte.	4,555	15'340,000
18) Un filtro de mangueras de 50 m de superficie filtrante. Un motor ASEA 5 HP, 2 polos.	3,500	37'500,000
19) Tubería, válvulas de mariposa, andamios, etc.	2,700	11'600,000
20) Un gusano de extracción. Un motorreductor ASEA, 5 HP 110 RPM tipo 112 B-4/240	500	7'208,000
21) Un silo de envase.	1,500	5'113,000

CAPITULO 4

DESCRIPCION	Kg.	Precio
22) Una envasadora de tres bocas.		
Tres motores de 5 HP, 2 polos	1,200	19'950,000
	-----	-----
T O T A L :	37,800	\$ 307'428,000
Total en US Dls:		\$ 119,204.34

**Centro de Control de Motores y Salidas
para Planta de Yaso.**

Salidas a motores ejecutadas usando tubo conduit galvanizado de pared gruesa, condulets conectores para tubo flexible liquatite, tubo flexible liquatite y conductores TW.

Centro de control de motores en gabinete MEX 69, marca SIEMENS, conteniendo fusibles tipo europeo y arrancadores con una estación, arranque - paro y lámpara piloto por motor al frente. Ejecución a prueba de polvos, con interruptor general termomagnético tipo NJL de FPE., para los siguientes motores 3 fases 440 V.

CAPITULO 4

- I.- Cinco de 0.5 C.P,
- II.- Uno de 1.0 C.P.
- III.- Dos de 2.0 C.P.
- IV.- Cuatro de 5.0 C.P.
- V.- Uno de 7.5 C.P
- VI.- Dos de 10.0 C.P.
- VII.- Dos de 50.0 C.P.
- VIII.- Uno de 60.0 C.P.

Para los motores de 50.0 y 60.0 C.P. se han previsto arrancadores a tensión reducida tipo autotransformador y para el resto arranque a tensión plena.

	Pesos	Dis. Control.
		2,579.00 x 1
Total de estos trabajos:	\$ 58'563,000	\$ 22,707.00
Más el total de maquinaria:	\$ 307'428,000	\$ 119,204.00
	-----	-----
T O T A L :	\$ 365'991,000	\$ 114,911.00

CAPITULO 4

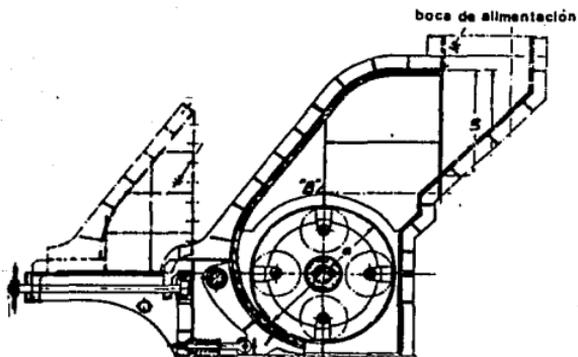
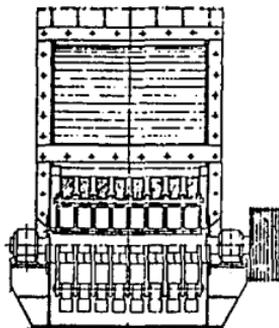
A continuación se muestran los planos con las principales características de las máquinas más importantes que intervienen en el sistema. Los precios anteriormente descritos fueron cotizados en octubre de 1989 y pueden variar según las fluctuaciones del mercado, ya que la gran mayoría de la maquinaria mencionada se cotiza en dólares controlados.

AÑO	Dólar Controlado	Dólar Libre	Total de Maquin. por Dólar Contr.
1976	15.44	15.44	1'774,225.84
1977	22.58	22.58	2'594,690.38
1978	22.77	22.77	2'616,523.47
1979	22.81	22.81	2'621,119.91
1980	22.95	22.95	2'637,207.45
1981	24.51	24.51	2'816,468.61
1982	48.26	57.18	5'545,604.86
1983	120.17	150.29	13'808,854.87
1984	167.77	185.19	19'278,618.47
1985	256.96	310.28	29'527,530.56
1986	611.35	637.87	70'250,839.85
1987	1,366.73	1,405.81	157'052,311.00
1988	2,250.28	2,289.58	258'581,925.10
1989	2,455.23	2,483.47	282'132,934.50

Tabla B Tipo de cambio (pesos por dólar, promedio anual).

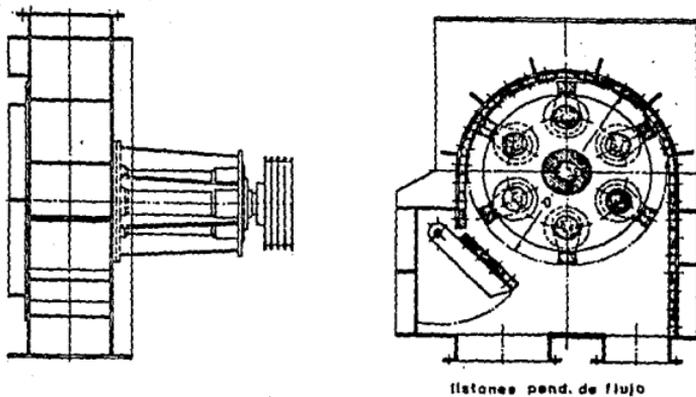
Fuente: Invermexico.

CAPITULO 4



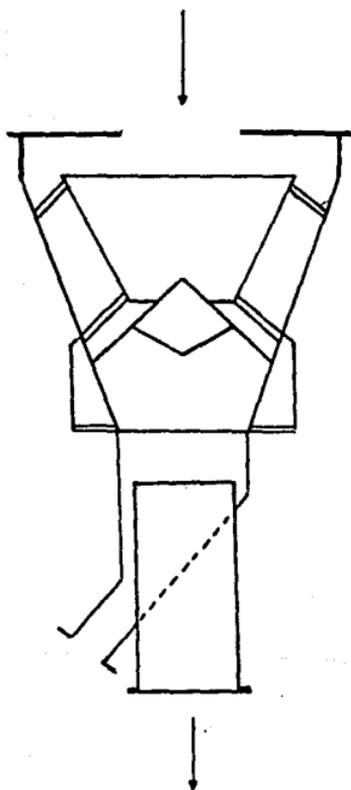
Plano 2 Quebradora de martillos a impacto.

CAPITULO 4



Plano 3 Molino de listones pendulares.

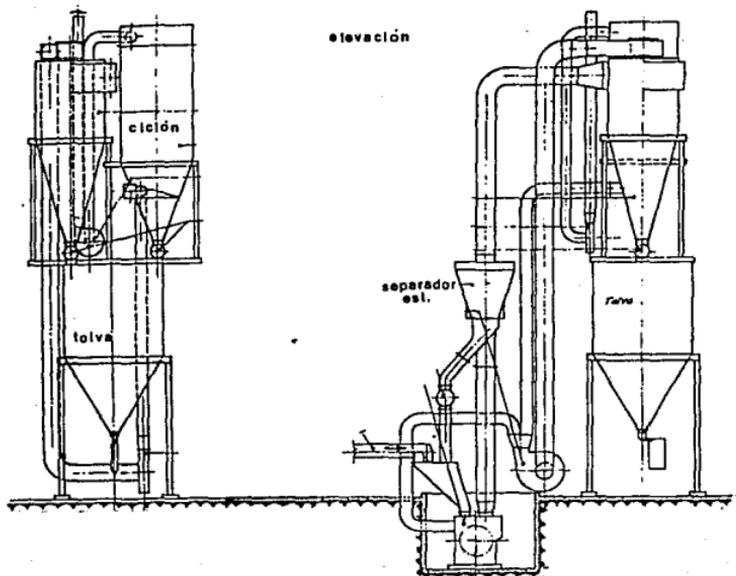
CAPITULO 4



Plano 4 Separadores estáticos.



Plano 5 Ciclonos.



Plano 6 Planta de molienda y separación.
Corte transversal.

CAPITULO 5

CAPITULO 5

5.- DISTRIBUCION DE PLANTA.

5.1.- Condiciones de trabajo.

Hay condiciones de trabajo que son adecuadas, seguras y cómodas. La experiencia demuestra que establecimientos fabriles que se encuentran constantemente en buenas condiciones de trabajo, sobrepasan en producción a los que carecen de ellas. Suele ser considerable el beneficio económico obtenido de la inversión para lograr un buen ambiente y condiciones de trabajo apropiadas. Las condiciones de trabajo ideales elevarán la moral del trabajador y mejorarán las relaciones públicas, además de que ocasionarán un aumento en la producción. Las siguientes, son algunas consideraciones para lograr mejores condiciones de trabajo en la planta productora de yeso de la que estoy haciendo esta investigación.

A) Alumbrado.

El nivel de iluminación que se requiere depende primordialmente de la clase de trabajo que se realice en un área de terminada. Además de la intensidad del alumbrado, se debe tener en cuenta la calidad de la luz, debemos evitar el delumbramiento por localización de las fuentes de luz, los contrastes en los colores y en su brillantez, el parpadeo de la lámpara y las sombras producidas.

B) Ventilación.

La ventilación es uno de los principales puntos para evitar accidentes y para cuidar que no se fatiguen los operadores. Hay que saber manejar la ventilación cuando se está trabajando con equipos especiales. Está comprobado que vapores, gases, humos, polvos y toda clase de olores, causan la fatiga que aminora la eficiencia física del trabajador y suelen ocasionar tensiones mentales.

C) Ruidos.

Todos los ruidos, ya sean estridentes o monótonos, fatigan al personal. Los ruidos intermitentes o constantes tienden también a excitar emocionalmente a un trabajador, alterando su estado de ánimo y dificultando el que realice un trabajo con precisión. Se pueden atribuir a los ruidos perturbadores, los conflictos personales, controversias y otras formas de mala conducta entre los obreros. Es por eso que el sistema nervioso del organismo se fatiga, contrarrestando el efecto del ruido.

D) Eliminación de elementos irritantes.

Los diferentes procesos industriales, son los que producen esta clase de desechos incluyendo a los polvos; estos se constituyen como uno de los más grandes peligros a los que se

CAPITULO 5

enfrenta el trabajador. Se pueden evitar toda esta clase de peligros con el empleo de medios adecuados, como: sistema de escape o extracción y dispositivos de absorción. El ventilador aspira e impele el aire contaminado através de tubos o conductos metálicos al exterior o algún lugar especial para su eliminación.

5.2.- Distribución del equipo.

El equipo necesario para la planta, comprende la instalación completa de combustible (diesel o petróleo diáfano) y agua, instalación eléctrica completa que incluye, una toma de corriente a la línea de alta tensión y un transformador de 350 KVA, que la transforma de 23,000 volts a 440 volts para la operación de los motores trifásicos y otro transformador de 15 KVA, que la transforma de los 440 volts a 110 volts para el uso doméstico.

Además es importante considerar el equipo de herramientas de mano necesarias para el buen mantenimiento de las máquinas, así como sus refacciones más urgentes, piezas fundidas de desgaste, etc.

La capacidad instalada de la planta es de aproximadamente 8 toneladas por hora de yeso; es decir, que en un turno de

CAPITULO 5

ocho horas. la producción sería de 64 toneladas. Es importante hacer notar que existe la posibilidad de ser aumentada la producción mediante la instalación de otra línea de producción paralela a la ya existente, dado que el espacio que se ha previsto, prevé la instalación de cuatro líneas paralelas de producción.

El principal objetivo de la distribución efectiva del equipo en la planta, es desarrollar un sistema de producción en el que se permita la fabricación del producto deseado, con la calidad también deseada y al menor costo posible. Por lo tanto, la distribución del equipo es un elemento importante de todo un sistema de producción.

5.2.1.- Distribución de Planta.

Una cierta distribución puede ser la mejor en un conjunto de condiciones y ser completamente inadecuada en un conjunto de condiciones diferentes. Debe ser evidente que el número de combinaciones de distribuciones, es extremadamente grande y aún en un taller o fábrica relativamente pequeños. Con toda la probabilidad pueden encontrarse posibilidades de mejorar a una distribución de equipo en la planta si se buscan sistemáticamente.

CAPITULO 5

El terreno previsto para ser ocupado por la planta, será rectangular (50 x 90 metros) y tendrá una superficie total de 4,500 metros cuadrados.

Este terreno es plano, solo con una pequeña inclinación hacia la entrada con la carretera. No ofrece dificultades para la excavación que se tendrá que hacer para la instalación, tanto del elevador de cangilones como del molino.

En lo respectivo al edificio y las instalaciones, se van a incluir oficinas, baños, bodegas de producto terminado, bodega de refacciones y de material de empaque, así como las bodegas para el área de fabricación. Para este punto se ha calculado un área de 1,200 metros cuadrados que incluyen las futuras ampliaciones.

En general toda distribución corresponde a uno o a la combinación de dos tipos básicos de distribución. Estos son el rectilíneo, o por producto, y el funcional, o por proceso. En la distribución que se utilizó para la planta, que es la de la línea recta, se colocaron todas las partes involucradas en el proceso, de tal manera que fuera lo más automático posible.

A continuación se muestra el diagrama de flujo del proceso, que resulta muy sencillo dado que solo se maneja un producto y su proceso es completamente automático.

CAPITULO 5

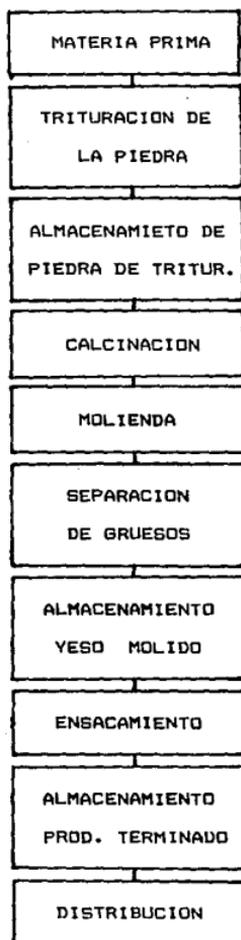


Fig. 9 Diagrama de flujo del proceso.

CAPITULO 5

- 1) Area de Fabricación.
- 2) Patio de Materia Prima.
- 3) Bodega de Producto Terminado.
- 4) Bodega de Material de Empaque.
- 5) Cuarto de Refacciones.
- 6) Cuarto de Mantenimiento y Limpieza.
- 7) Baños de los Obreros.
- 8) Baños de las Oficinas.
- 9) Estacionamiento de Autos.
- 10) Areas de Maniobras.
- 11) Areas Verdes.
- 12) Oficinas.
- 13) Areas Libres.

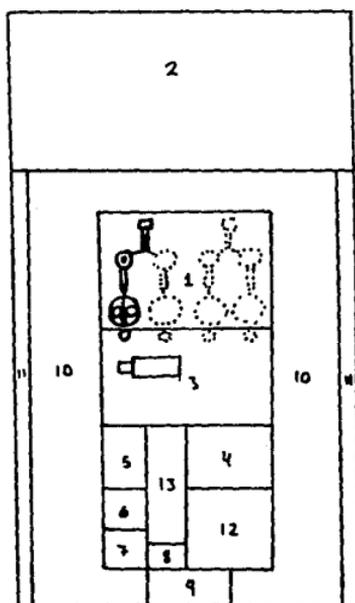


Fig. 10 Distribución de Planta.

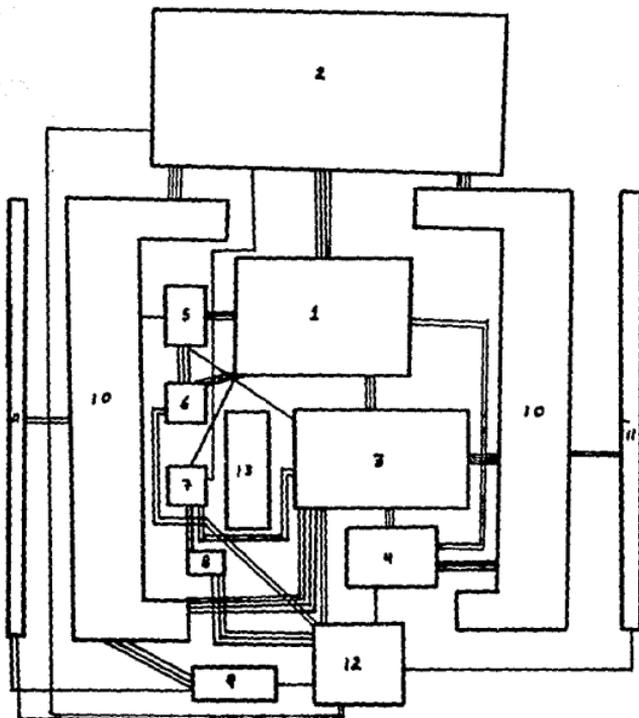


Fig. 11 Análisis de la Relación de Actividades.

5.2.3.- Lay Out.

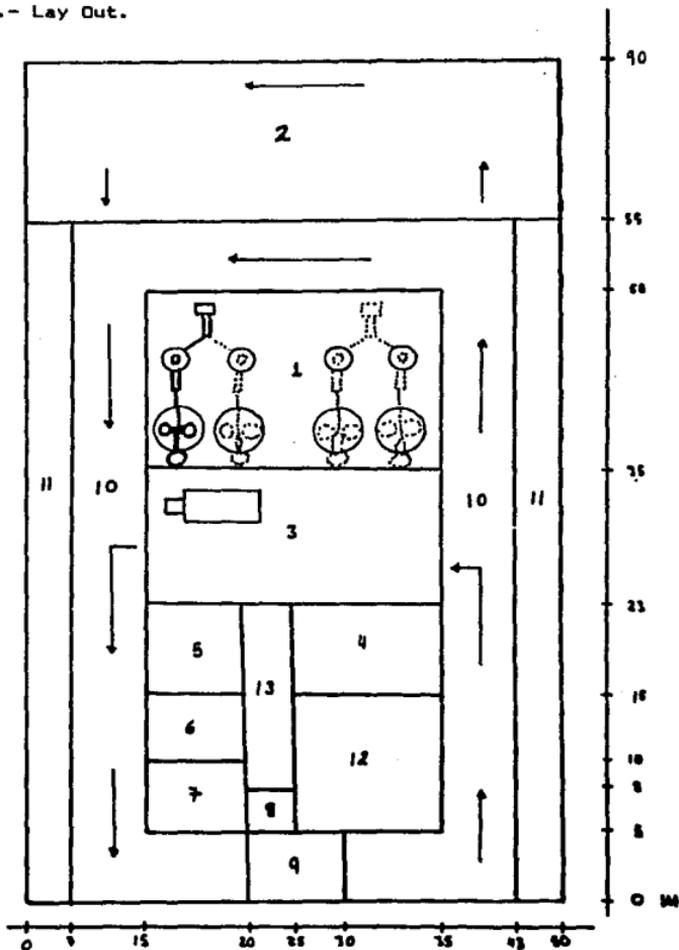


Fig. 12 Lay Out de la Planta.

CAPITULO 5

5.3.- Mano de obra.

La mano de obra necesaria en esta planta, es considerablemente menor a la generalidad de las plantas con otros sistemas y con similares capacidades.

Los requerimientos de mano de obra se reducen a cinco personas por turno:

- Un encargado del proceso o supervisor.
- Un ayudante del encargado.
- Dos estibadores.
- Un auxiliar.

El mantenimiento de la maquinaria y equipo requiere un mínimo de atenciones, por lo que es realizado por el encargado y su ayudante, los cuales deben tener ciertos conocimientos de electricidad y mecánica.

El trabajo de los estibadores consiste en envasar el yeso de la ensacadora y estibarlos en la bodega de producto terminado para ser cargado posteriormente, o en su defecto, directamente en los camiones para su transportación posterior a los centros de consumo.

CAPITULO 5

El trabajo del auxiliar, como su nombre lo indica, es el de ser un comodín, que remplazaría tanto al ayudante del encargado, como a cualquier estibador cuando sea necesario; o que también ayudaría cuando fuera requerido al encargado o, a los estibadores, siendo que su ocupación entre tanto, serían los trabajos de limpieza.

CAPITULO 6

CAPITULO 6

6.- ANALISIS ECONOMICO Y COSTOS DE OPERACION.

6.1.- Indices de la producción.

Este tipo de proceso trabaja 8 horas diarias, 25 días por mes, durante 300 días por año. Esto nos da una producción de 19,200 toneladas por año en promedio.

Esta es la producción de una sola línea de producción ya que como había mencionado anteriormente, se pueden instalar 3 líneas más, lo que nos daría una producción de 32 toneladas por hora.

Se puede hacer también que la planta trabaje durante 2 turnos por día, solo que ahora nos vamos a enfocar a un proceso de 8 horas por turno como había mencionado.

Capacidad instalada:	8 toneladas/hora
Capacidad por turno:	64 toneladas/turno
300 días laborables por años:	19,200 toneladas/año

CAPITULO 6

6.2.- Análisis de los costos de operación.

A) Costo del terreno y edificio.

a) Terreno:

Costo del metro cuadrado = \$ 300

Area del terreno = 4,500 m

4,500 m x \$ 300 = \$ 13'350,000.00

b) Oficinas:

Costo del metro cuadrado construido = \$ 720,000

Area de oficinas = 80 m

80 m x \$ 720,000 = \$ 57'600,000.00

c) Bodegas e instalaciones (sin la maquinaria):

Costo del metro cuadrado construido = \$ 190,000

Area de bodegas e instalaciones = 900 m

900 m x \$ 190,000 = \$ 171'000,000.00

d) Barda perimetral:

Costo del metro lineal a 2.10 m de altura = \$ 40,000

90 x 50 = 280 metros lineales

280 ml. x \$ 40,000 = \$ 11'200,000.00

CAPITULO 6

- Amortización del terreno y edificio a 20 años (5% anual).

$$a + b + c + d = \$ 253'150,000.00$$

$$253'150,000 / 20 \text{ años} = \$ 12'657,500.00$$

$$12'657,500 / 19,200 \text{ ton/año} = \$ 659.25 \text{ por cada tonelada durante 20 años.}$$

B) Costo de la maquinaria.

La descripción de toda la maquinaria se encuentra en el capítulo 4.

El costo de toda la maquinaria con su instalación incluida, es de:

$$\$ 365'991,000.00$$

- Amortización de la maquinaria a 10 años (10% anual).

$$365'991,000 / 10 \text{ años} = \$ 36'599,100.00$$

$$36'599,100 / 19,200 \text{ ton/año} = \$ 1,906.20 \text{ por cada tonelada durante 20 años.}$$

CAPITULO 6

C) Materias primas.

Piedra de yeso: La piedra de yeso se va a recibir en camiones que la transportarán desde la cantera, en bloques de 20 por 45 cms. de arista aproximadamente, a un precio de \$12,000 por tonelada, incluyendo el flete.

Material de empaque: El material de empaque en el que se va a transportar el yeso ya elaborado, son bolsas de papel. Sabiendo que se envasarán 25 Kgs. en cada bolsa, cada tonelada utilizará 40 bolsas, las cuales tienen un precio de \$250 cada una, incluyendo el hilo necesario para coserla o en su defecto amarrarla, por lo que se considerará un costo de \$10,000 por tonelada.

Combustible: El combustible a utilizar será el diesel. Sabiendo que por este sistema se requerirá de aproximadamente 300 Kcal. por cada kilogramo de yeso producido, y también que el diesel rinde 10,000 Kcal. por cada litro, el consumo de diesel será de 30 litros por cada tonelada de yeso producida. Siendo que el precio del diesel es de \$470 por litro, el costo será de \$14,100 pesos por tonelada.

Electricidad: En lo que respecta a la electricidad, el consumo será de 35 KWH por cada tonelada de yeso producido. El precio será de \$156.73 por cada KWH aproximadamente, por lo que el costo será de \$5,485.55 pesos por tonelada.

CAPITULO 6

D) Mantenimiento.

El costo de este renglón se calculó aproximadamente en un 5% de promedio anual durante la vida del proyecto de la inversión directa de la planta, siendo repartida entre la maquinaria, el equipo y las obras civiles.

E) Costo de los salarios.

- Mano de obra de operación: para calcular la mano de obra de operación, se estimó un total de dos obreros en cada turno. Considero, que la planta trabaja un solo turno, por lo que tendremos dos obreros con un salario diario de 12,500 pesos por obrero. Para el cálculo de los salarios se consideraron gratificaciones, vacaciones, seguro social, infonavit, etc.
- Mano de obra de supervisión y control de calidad: se consideraron los servicios de un supervisor y su ayudante en el turno. El sueldo que percibirán será de 30,000 y 20,000 pesos diarios respectivamente.
- Mano de obra de reparación: estará representada por una persona, la cual si fuera necesario ayudaría tanto al encargado como a su ayudante, así como también, podría reemplazar a alguno de los obreros. 18,000 pesos.

CAPITULO 6

- Para los gastos de administración y ventas se consideró el siguiente personal: dos secretarias 20,000 pesos diarios cada una; un superintendente 70,000 pesos diarios, y un mensajero de 15,000 pesos diarios.

	S. diario	S. mensual	S. Anual
1 encargado del proceso.	30,000	900,000	10'800,000
1 ayudante del encargado.	20,000	600,000	7'200,000
2 estibadores u obreros.	12,500	375,000	5,400,000
	12,500	375,000	5'400,000
1 auxiliar.	18,000	540,000	6'480,000
<hr/>			
Total mano de obra:	93,000	2'790,000	33'480,000
2 secretarias.	20,000	600,000	7'200,000
	20,000	600,000	7'200,000
1 superintendente.	70,000	2'100,000	25'200,000
1 mensajero.	15,000	450,000	5'400,000
<hr/>			
Total administración:	125,000	3'750,000	45'000,000
<hr/>			
Total de salarios:	218,000	6'540,000	78'480,000

Tabla 10 Estimación de salarios.

CAPITULO 6

6.3.- Cálculo de las utilidades.

	Precio por tonelada	Porcentaje
- Precio mínimo fijo de venta de yeso en la planta (C.N.I.C.):	\$ 95,000.00	100.00 %
- Costo de la piedra de yeso en bloques:	\$ 12,000.00	12.63 %
- Amortización anualizada del terreno y edificio:	\$ 659.25	0.69 %
- Amortización anualizada de la maquinaria:	\$ 1,906.20	2.01 %
- Costo del material de empaque:	\$ 10,000.00	10.52 %
- Costo del combustible (diesel):	\$ 14,100.00	14.85 %
- Costo de la electricidad:	\$ 5,485.00	5.77 %
- Costo de la mano de obra:	\$ 1,453.12	1.52 %
- Costo del mantenimiento:	\$ 953.10	1.01 %
<hr/>		
UTILIDAD BRUTA:	\$ 48,443.33	51.00 %

CAPITULO 6

6.4.- Costo inicial estimado.

	Costos (\$)	Porcentaje
Terrenos:	\$ 13'350,000.00	2.16 %
Oficinas:	\$ 57'600,000.00	9.30 %
Bodegas e instalaciones:	\$ 182'200,000.00	29.43 %
Maquinaria y equipos:	\$ 307'428,000.00	49.65 %
Centro de control de motores:	\$ 58'563,000.00	9.46 %
<hr/>		
TOTAL DE LA INVERSION:	\$ 619'141,000.00	100.00 %

(*) Todos los costos mencionados en el presente trabajo fueron cotizados y revisados en enero de 1990.

CAPITULO 6

- INDICADORES BASICOS -

Divisas	Compra	Venta
Dólar Libre	\$ 2,763.00	\$ 2,783.00
Libra Esterlina	\$ 4,526.85	\$ 4,557.30
Yen Japonés	\$ 17.65	\$ 17.85

Metales	Compra	Venta
Centenario	\$ 1'285,000.00	\$ 1'300,000.00
Onza Troy .925	\$ 15,600.00	\$ 15,800.00

Petróleo	Ayer (US Dls)	Anterior (US Dls)
UEA Dubail ligero	\$ 16.20	\$ 15.25
Brent Mar del Nte.	\$ 18.00	\$ 17.71
West Texas	\$ 20.05	\$ 20.48

Salarios Mínimos

	a) \$ 10,080.00
Zona:	b) \$ 9,325.00
	c) \$ 8,405.00

(*) Fecha de referencia: Viernes 30 de marzo, 1990.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En la República Mexicana, como en otros países, la industria del Yeso constituye una de las más avanzadas que se conocen.

Su importancia económica puede medirse no solo por su capital invertido, ya que representa una fuente de ocupación que da empleo directamente a obreros especializados, o por el valor de su producción, sino porque ha dado origen al establecimiento de innumerables industrias conexas.

Este material no solo es impulsor de industrias como la de la construcción, sino también fuente de una demanda continua de los servicios y productos de otras industrias, como lo son las empresas de transporte, las suministradoras de combustible y de energía eléctrica, las proveedoras de maquinaria y de refacciones, así como la diversidad de medianos y pequeños talleres independientes, que colaboran en las reparaciones de maquinarias y piezas de desgaste.

Presionados por la competencia, los empresarios de esta industria se han visto en la necesidad de modernizar continuamente su equipo para reducir sus costos y mejorar la calidad de sus productos.

De la realización de este trabajo, se pueden establecer dos tipos de conclusiones: unas de carácter personal y otras del trabajo en sí.

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de la inversión, la instalación de una planta con las características descritas es atractiva para el inversionista por que es relativamente poco el capital que se invierte; haciendo la inversión poco riesgosa ya que se recupera la inversión en edad temprana del proyecto. Además la rentabilidad operativa sobre la inversión total es relativamente alta.

La creación de industrias de este tipo permite ampliar las fuentes de trabajo por un lado y contribuir al crecimiento económico del país invirtiendo en él y produciendo satisfactores para un mercado tan importante desde el punto de vista social, como es el de la habitación.

Es de gran utilidad, por que se encuentran una serie de aplicaciones a conceptos básicos de ingeniería durante el análisis del proceso de fabricación, así como algunas consideraciones de orden ecológico y de seguridad, tan importantes para el ingeniero. Además permite aplicar una serie de elementos económico-administrativos, relacionados con la Ingeniería Industrial, para la toma de decisiones.

Si hay una industria que no se puede dormir jamás en sus laureles, es la del Yeso, puesto que en general su demanda, de hombres muy ingeniosos como los ingenieros civiles, los arquitectos, los mismos maestros de obras y los albañiles.

CONCLUSIONES

También los industriales de otras ramas, no son dados a utilizar nada por hábito o por capricho, sino que pasan la vida haciendo presupuestos y comparando, comparan siempre el costo real de un material de un proceso o de todo un sistema con el de otros. Por lo tanto, la industria del Yeso vive en constante alerta. Sacar el más bajo costo humanamente posible, pero al mismo tiempo mejorar y diversificar su producción al máximo, es tema obligado en sus deliberaciones de todos los días.

Para concluir, la industria del Yeso, es una más de las que contribuyen en la industrialización del país; una industria que ofrece a México una gran diversidad de yesos de gran calidad a bajo precio; a uno de los más bajos del mundo. Una industria que siempre ha colaborado abiertamente con el Gobierno, con su clientela, con sus proveedores y con la sociedad en general.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

AMARO G. RAYMUNDO, Administración de Personal, México, LIMUSA., 1981.

AVANTEC S.A. INGENIEROS, Sistemas de Secado Rotatorio, México Avantec S.A., 1980.

BAROCIO ALBERTO J., Construcciones en Roca, México, Colegio de Ingenieros Civiles de México, 1965.

BENITEZ PEDRO LUIS, Equipo de Trituración 6º Congreso de Ingenieros Civiles de México, México, Colegio de Ingenieros Civiles de México, 1967.

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION, Memoria del Congreso Nacional de la Industria de la Construcción México, C.N.I.C., 1989.

CARDENAS MIGUEL ANGEL, La Ingeniería de Sistemas, México, LIMUSA, 1974.

ENCICLOPEDIA DE LA CONSTRUCCION, Técnicas de construcción II, Barcelona, Editores tecnicos asociados S.A., 1982.

HAMMOND W.A., Gypsum, Philadelphia, Minerals Year Book of America, 1946.

BIBLIOGRAFIA

- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA GEOGRAFIA E INFORMATICA,
Información Económica Mexicana, México, 1989.
- KIEHNE S. y BONATZ P., *Construcción con Prefabricados de Hormigón y Hormigón Armado*, Barcelona, Editorial Reverte S.A., 1954.
- MAZZOCCHI L., *Cales y Cementos*, Barcelona, Gustavo Gil Editor 1933.
- NEWMAN DONALD G., *Análisis Económico en Ingeniería*, México, Mc Graw Hill, 1985.
- NIEBEL, *Ingeniería Industrial*, México, Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1981.
- RAMIREZ PADILLA D.N., *Contabilidad Administrativa*, México, Mc Graw-Hill, 1985.
- SAAD ANTONIO MIGUEL, *Tratado de Construcción*, Caracas, Editores Unidos, 1970.
- SOLIS LEOPOLDO, *La realidad económica mexicana: retrovisión y perspectivas*. México, Siglo veintiuno editores S.A. de C.V., 1988.

--: TESIS PROFESIONALES --:

MECANOGRAFIA E IMPRESION

Campeche No. 156, ---- Col. Roma
México, D. F. ---- 06700

564-3954 ★ 584-8153