

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

**ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE INSTALACION
DE UNA FABRICA DE CAL HIDRATADA EN EL
ESTADO DE PUEBLA.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERIA QUIMICA**

P R E S E N T A

JOSE ANTONIO MARAÑA RICAÑO

México, D. F.

1973

M-165595



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.

Jurado asignado originalmente según el tema:

Presidente	Prof.	RULI STIVALET CORRAL
Vocal	Prof.	GUILLERMO CARSOLO PACHECO
Secretario	Prof.	MARIO RAMIREZ Y OTERO
1er. Suplente	Prof.	JOSE LUIS PADILLA LE ALBA
2o. Suplente	Prof.	JORGE MARTINEZ MONTES

Sitio donde se desarrolló el tema: CHIGNAHUAPAN, PUE.

Nombre completo y firma del sustentante:

JOSE ANTONIO MARAÑA RICAÑO.



Nombre completo y firma del asesor del tema:

ING. MARIO RAMIREZ Y OTERO.



A MIS PADRES CON MI

ETERNA GRATITUD.

A MIS HERMANOS.

A MIS FAMILIARES.

A MIS MAESTROS.

A MIS AMIGOS.

A TOCOS CUANTOS ME AYUDARON

A REALIZAR ESTE TRABAJO.

I N D I C E

CAPITULO I :	INTRODUCCION
CAPITULO II :	OBJETIVO
CAPITULO III :	ANTECEDENTES HISTORICOS
CAPITULO IV :	GENERALIDADES
CAPITULO V :	ANALISIS DE OFERTA Y DEMANDA
CAPITULO VI :	CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PROCESO
CAPITULO VII :	EVALUACION ECONOMICA
CAPITULO VIII :	RECOMENDACIONES
CAPITULO IX :	CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFIA	

CAPITULO I

INTRODUCCION

Vale la pena hacer notar que la relativa facilidad del proceso con que se obtiene la cal hidratada, puede presentar problemas si no se toman en cuenta una serie de circunstancias que, aunque no dependen directamente del proceso, si nos obligan a tomar las medidas necesarias para evitar que cese la producción continua de nuestro producto.

Con lo expresado anteriormente, me refiero a que, siendo la zona norte del Estado de Puebla(donde se piensa instalar la planta), una región eminentemente agrícola y ganadera, la mano de obra que se puede conseguir en este lugar no es calificada, por lo que los "obreros" que se emplearían en la extracción de la materia prima(CaCO_3), serán campesinos de los alrededores, los cuales abandonarán sus labores en la fábrica, total o parcialmente, durante las épocas de siembra o cosecha de sus respectivas propiedades. Tomando en cuenta el factor anterior, se deberá proyectar un almacenamiento suficiente de materia prima como para no suspender las actividades fabriles durante dichas temporadas, por lo que en el desarrollo del presente trabajo, se notará un exceso en la extracción diaria de la piedra caliza precisamente para lograr el fin antes descrito.

Otra aclaración pertinente, es que se piensa aprovechar la existencia de un equipo ya usado por otro fabricante, el cual se compromete, por el precio de la compra, a instalar el equipo y a dejarlo funcionando con supervisión hasta por un mes, así como los gastos originados por el traslado del equipo.

Después de esta breve introducción, espero puedan quedar aclaradas posibles dudas que surgan durante el análisis de capítulos posteriores.

CAPITULO II

OBJETIVO

¿ Porqué el fracaso de algunas empresas ? En todo proceso químico por medio del cual se desea elaborar un producto para satisfacer las demandas del mercado o entrar en competencia con otros productos similares, debe de existir como base un capital para poder efectuar la inversión inicial y del que se espera una rentabilidad óptima.

ahora bien, muchos hombres de negocios invierten su dinero dentro de la industria tomando unicamente en consideración que el producto a elaborar tiene un mercado de consumo aparentemente extenso, y se lanzan a la empresa con conocimientos técnicos rudimentarios. Al paso del tiempo se observará el fracaso sufrido por este tipo de inversionista; este fracaso, además de repercutir en su economía, afectará a todas aquellas personas que se encuentren dentro del radio de acción de dicha empresa, así como también a la economía nacional al perderse un centro de trabajo y de producción.

Considerando que el desarrollo de la industria en México avanza a un ritmo acelerado, y tomando conciencia de las consecuencias que se derivan del fracaso de una empresa por el de

conocimiento absoluto de diversas circunstancias tecnico-económicas, es por lo que presento como tema de tesis: La Factibilidad De Instalación De Una Fábrica De Cal Hidratable En El Estado De Puebla.

Así mismo, por medio de esta tesis espero cooperar a la descentralización de la industria en nuestro país y a la creación de fuentes de trabajo que tanta falta hacen en mi pueblo de origen: Chignahuapan, Pue.

CAPITULO III

ANTECEDENTES HISTORICOS

Se dice que la cal hidratada es un aglutinante. Aglutinante o aglomerante es todo aquel material que mezclado con agua, forma pastas manuable (Plásticas) y que tienen la propiedad de endurecerse en contacto con aire (aéreos) o con agua (hídricos), alcanzando así, cierto grado de resistencia mecánica.

El uso de aglutinantes en las construcciones, no lo encontramos sino hasta un estado relativamente avanzado de la civilización, ya que anteriormente la estabilidad de las mismas -- era debida unicamente a una colocación regular y equilibrada de masas pétreas, sin la ayuda de adhesión alguna. Tal sistema debió ser substituido por el de obras de mampostería o tabiquería. Este tipo de obras se encuentran ya en el antiguo Egipto, donde los tabiques (adobes) eran secados por el sol y al usarse en las construcciones se unían entre si por medio de lodo. Los tabiques tal como los conocemos, los encontramos entre los Asirios y Babilonios, pues los adobes solo sirven en lugares donde el clima es seco, debido a su escasa resistencia al agua (humedad). Los Caldeos unían sus tabiques con betún, no extendiéndose el método por falta de depósitos. En Egipto, es donde se encuentra ya el método actual de unir bloques de piedra con un mortero consistente en una mezcla de arena y cal. Algunos autores afirman que no era cal sino

que era yeso calcinado, pero por ser un material muy inerte, pudo haber estado contaminado con caliza que quizás en algunos casos llegó a descarboxitarse, dando la impresión de que era la cal el material aglutinante.

Los Griegos adoptaron el uso de la cal probablemente de los Persas y a su vez los Romanos de los Griegos.

El mortero de los Romanos es el que actualmente usamos y se hacía hidratando (apagando) la cal y mezclándola con arena. Este mortero resultó ser de tan magnífica calidad, que las obras construidas permanecen en buen estado hasta nuestros días.

En la edad media, logran obtener los morteros hidráulicos, que fabricaban con cal y materiales vulcánicos (cenizas de origen volcánico, tepetate, etc.) y que tenía la propiedad de endurecerse a pesar de la acción del agua, mientras que el mortero común (cal + arena) endurece solamente expuesto al aire.

En 1796, es cuando se descubre lo que se denominó como Cemento Romano que era el producto de la calcinación de una mezcla de caliza y arcilla, pero sin CaO en libertad y por lo tanto el producto no requiere hidratación (apagado) siendo este uno de los signos característicos que sirven para distinguir una cal de un cemento.

En 1824, J. Aspidin patenta lo que denominó como Cemento Portland, que consistía en obtener primeramente una cal, la cual mezclaba con arcilla y calcinaba nuevamente a baja temperatura, pulverizando el producto resultante.

Después se obtuvieron los cementos Portland Artificiales y los Cementos Especiales, pero hay que tomar en cuenta que aproximadamente el 64% de la composición de los cementos es el óxido de calcio (CaO) conocido comercialmente como cal viva y que es el resultado de la calcinación de piedras calizas (CaCO₃).

Respecto a la calcinación que se hacía antiguamente de la piedra caliza existe la teoría de que algún hombre en la antigüedad penetrara en una cueva de piedra caliza a protegerse de las condiciones atmosféricas y obligado a preparar sus alimentos prendiera fuego y alrededor de éste colocara piedras (calizas) donde estarían colocados sus implementos para cocinar; al calcinarse las piedras por la acción del fuego: $(\text{CaCO}_3 + \text{Calor} \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow)$ disminuyó su volumen y fueron retiradas del mismo por "no servir" a los fines para los que eran utilizadas. Las piedras de cal fueron arrojadas probablemente fuera de la cueva, donde por la acción de la lluvia se hidrataron, produciendo vapor y desmoronándose: $(\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{Calor})$. Al cesar la lluvia, y estar el hidróxido de calcio expuesto al aire, absorbió el CO₂ del aire dando por resultado la caliza original:



La observación del fenómeno anterior debe haber dado principio al proceso de calcinación en hornos.

Quizás el primer tipo de horno que existió fué el horno "al aire libre" que consta básicamente en hacer un montón de piedras calizas, dejando un hueco en la parte inferior: to-

do lo largo del corte de piedra y que servirá como "hogar" para el combustible(leña por lo general). Este tipo de hornos aún se usa en la actualidad pero para fines caseros exclusivamente.

Otro tipo de horno rústico es el que se carga alternativamente con una capa de caliza y otra de leña; después se tapa el monte con una capa de lodo y paja para evitar la salida de los gases de la combustión.

Más modernos, pero no para producción industrial, son los hornos "intermitentes" ;que aunque ya están hechos en forma definitiva, presentan muy poca eficiencia, ya que para hacer la descarga de la cal hay que enfriarlo. Su uso es exclusivamente para pequeñas producciones. Este tipo de horno ya lleva material refractario (tabiques) en su interior. El combustible que usan por lo general es carbón combustible tipo vegetal. El producto sale con muchas impurezas, además de que no hay un control sobre la calcinación.

Ya para producir cal a nivel industrial se usan los hornos "continuos" que pueden ser ; verticales o rotatorios.

Los hornos continuos verticales son los que permiten la carga en la parte superior y la descarga en la inferior. El combustible que se emplea puede ser líquido o gaseoso. Algunos presentan un sistema de recirculación de gases que los hace más eficientes, aunque es difícil y caro el mantenimiento de este sistema. El producto que se obtiene es de bastante buena calidad, propio para la industria de la construcción, no así para la industria química que exige mayor pureza del producto. Otra desventaja de este tipo de hornos es que su capacidad es limitada.

Los hornos mas modernos actualmente son los continuos rotatorios, que aunque tienen una eficiencia térmica menor que los verticales, calcinan unas diez veces más de piedra caliza en el mismo tiempo. Este tipo de horno es propio para la industria del cemento y la industria química aunque actualmente ya se usan para la fabricación de cal hidratada gracias al uso de precalentadores que aumentan la eficiencia térmica del horno rotatorio.

CAPITULO IV

GENERALIDADES

A.- Materia Prima; Definición; Origen; Clasificación; Propiedades Físicas; Propiedades Químicas; Composición; Existencia de Recursos y Cuantificación; Condiciones de Manejo; Extracción, Preparación y Transporte; Preservación y Almacenamiento. B.- Costo de Materia Prima. C.- Localización de Planta. D.- Distribución Geográfica del Mercado y Vías Disponibles. E.- Balance de Materiales.

A.- Materia Prima.

1) Definición.- La piedra caliza es una roca compuesta por lo menos de 50 % de carbonato de calcio con porcentajes variables de impurezas. En su interpretación general, el término incluye cualquier material calcareo (conteniendo CaCO_3) tal como: mármol, tiza, corales y margas, cada uno poseyendo -- propiedades físicas distintas. En términos generales, la piedra caliza es considerada como una roca calcarea estratificada compuesta principalmente por el material calcita.

2) Origen.- La cantera que se halla formando parte o la totalidad del cerro(s) que se encuentra en Chignahuapan, Pue., formó en pasadas épocas geológicas, parte de los lechos del fondo de los mares, es decir, que [el origen de la piedra caliza es debido a restos fosilificados de animales que vivie-

ron en el mar en ese tiempo. Estos restos, junto con barro y conchas, fué enterrado bajo mas sedimento y compresión; al emerger los suelos marinos, se forman las canteras actuales. Ahora bien, dicho sedimento calcareo, se pudo llegar a contaminar durante su asentamiento con sales arcillosas, silicosas o ferruginosas, que afectan la composición química y naturaleza de la piedra caliza resultante.

3) Clasificación.- La piedra caliza se puede clasificar respecto a su origen, composición química, textura y formaciones geológicas. En nuestro caso, la mas útil es clasificar a la caliza de acuerdo a su composición química, en la cual la piedra es nombrada de acuerdo con las impurezas que contenga. La primera clasificación que se hace es en base a la cantidad de carbonato de Magnesio existente en la piedra caliza. Cuando está presente en cantidades menores de 5 % en peso, la caliza recibe el nombre de "alto contenido en calcio". Cuando hay entre el 5 y el 30 % se denomina a la caliza como "magnesiánica"; Una caliza que tenga entre 30 y 45 % de carbonato de magnesio se denomina "dolomítica" o "altamente magnesiánica". Si la caliza original presenta otras impurezas se clasificará como: arcillosa, silicea, ferruginosa o carbonosa.

4) Propiedades Físicas.- Las calizas varían considerablemente en sus propiedades físicas; en color, dureza, densidad, porosidad y estructura.

Color : Calizas de alto contenido de calcio y las dolomíticas son blancas cuando puras, pero generalmente se encuentran coloreadas de gris a negro por impurezas de carbón

presentan color amarillento por la presencia de óxido de hierro (también coloración roja o café). Otros materiales como la pirita también alteran el color en la superficie por oxidaciones que sufren en la intemperie.

Solidez: como material de construcción, la solidez de la piedra caliza es una propiedad importante; la resistencia a la compresión varía entre 98 y 375 Kg/cm² y excede por bastante el margen de seguridad que es de 25 Kg/cm².

Densidad: la densidad de la piedra caliza, es decir, el peso de un metro cúbico varía con el contenido de humedad, estructura y porosidad. Por lo general tiene un rango entre: 2.27 y 2.93 gr./c.c.

Porosidad: es muy variable en este tipo de piedras y está expresado como el porcentaje del espacio poroso respecto al volumen total de la roca. En calizas comerciales varía entre menos de 0.5 a 5 % . A mayor cantidad de poros habrá menor densidad.

Estructura: las diferentes piedras calizas presentan las siguientes formas: aragonita, calcita y dolomita. Las dos primeras se distinguen por sus diferentes propiedades cristalográficas y ópticas, mientras que la siguiente es una sal doble de calcio y magnesio.

5) **Propiedades Químicas.** La composición y las propiedades químicas de la caliza dependen de la naturaleza de las impurezas y, del grado de contaminación de la piedra original. La materia contaminante o fue depositada simultáneamente con la caliza o penetró en ella en épocas posteriores.

Alúmina en combinación con sílice está presente en la caliza principalmente en forma de arcilla, aunque pueden ser encontra

-se otros silicatos de aluminio en forma de micas, etc.

Quando se presenta la arcilla en la caliza en cantidades apreciables la piedra se clasifica como "marga" o piedra arcillosa, y que cuando es calcinada produce cales con propiedades hidráulicas.

Calizas con 5 a 10% de arcilla dan con la calcinación cales poco hidráulicas.

Si la cantidad de arcilla está entre 15 y 30% la cal que se produce es una cal altamente hidráulica.

Entre 30 y 45% de arcilla se produce el "Cemento" Romano.

Pequeñas cantidades de impurezas de materia silicosa (no en forma de arcilla) sino en forma de arena, fragmentos de cuarzo etc. o en estado combinado como micas, serpentina, etc. se pueden desprestigiar en la mayoría de los casos; aunque 5 % más de sílice influye en la eficiencia de la manufactura y en la calidad de la cal.

Los compuestos de fierro (pirita, magnetita, etc.) se descomponen en la calcinación lo mismo que la materia orgánica. Dichos compuestos de fierro se descomponen como óxidos de fierro, excepto los silicatos de fierro.

Compuestos de sodio y potasio son raros, pero también se descomponen en la calcinación.

Para evitar problemas, deben hacerse muestreos en la cantera disolviendolos en ácido clorhídrico (ya que los compuestos de sílice no se disuelven) porque en la misma cantera puede haber caliza rica en calcio, magnesiana o arcillosa, que nos bajan la eficiencia de la reacción e impurifican el producto.

Resumiendo, se puede decir que la cal hidratada que se emplea en la construcción debe ser obtenida de una caliza que cumpla

830

con las siguientes características en su composición química:

Fracción en peso de Arcilla	5% máximo.
" " " " Carbonato de Magnesio	3% máximo.
" " " " Insolubles	5% máximo.
" " " " Carbonato de calcio	87% mínimo.

Además, el producto de la calcinación debe de contener más de 80% en peso de óxido de calcio (CaO) ; este tipo de cal, al hidratarla, cumpliría con los requisitos para la construcción, sin embargo, la Secretaría de Industria y Comercio exige que las cales vivas comerciales tengan un mínimo de CaO en por ciento de 91.37; es decir, que la cal hidratada que se vende al público, debe de contener mínimo 91.37 % de Ca(OH)₂, un porcentaje de CaCO₃ que no pase del 5 % y un contenido máximo de impurezas de 3.64 % . Por lo general, las cales comerciales tienen un promedio de 95 % en peso de óxido de calcio .

La calcinación se lleva a cabo a una temperatura aproximada de 900°C y consiste en la siguiente reacción:



Esta reacción se efectúa suponiendo 100 % de pureza en la caliza (caso ideal) y es endotérmica.

La reacción en sí encierra las tres operaciones siguientes:

- a) La piedra caliza pierde primeramente su agua de cantera entre 120 y 150°C.
- b) Se provoca la disociación del carbonato de calcio en óxido de calcio y bioxido de carbono a una temperatura aproximada de 900°C.
- c) El bioxido de carbono (gas) se desprende a la atmósfera, quedando como producto aprovechable el óxido de calcio.

6) Composición Química.- Se tomaron varios muestreos de diferentes tipos de caliza en la cantera y se obtuvieron los siguientes resultados promedio:

CaCO ₃	97 %
MgCO ₃	1.55 %
Insolubles	<u>1.45 %</u>
Total:	100.00 %

Sometiendo a calcinación la piedra, el % en peso que perdió la caliza fué de 43.45 %, es decir, que lo que nos queda como cal viva (CaO) es el 56.55 %.

7) Existencia de Recursos y Cuantificación.- En realidad, no se puede cuantificar la cantidad exacta de piedra caliza existente en la cantera, pues para ésto se necesitaría un estudio geológico en forma que resultaría costoso e inoperante. En su lugar, se ha preferido hacer un estudio práctico y tomamos en cuenta las dimensiones conocidas de la cantera se obtuvieron los siguientes resultados :

LATOS : Superficie conocida de CaCO₃ = 4 Has. = 16 x 10⁴ m.²
 Profundidad conocida " " " " = 40 m.
 Densidad experimental " " " " = 2.5 Ton/m³ = d
 Extracción de CaCO₃ = 40 Ton/día.

SOLUCION : $V = S \cdot h$

Volumen existente conocido de CaCO₃ = Superficie por altura.

$$V = 16 \times 10^4 \text{ m}^2 (40 \text{ m}) = 6.4 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Usando la fórmula: Masa = Volumen x Densidad

$$M = 6.4 \times 10^6 \text{ m}^3 (2.5 \text{ Ton/m}^3) = 16 \times 10^6 \text{ Ton.}$$

Como el consumo diario de CaCO_3 es de 40 Ton. entonces:

$16 \times 10^6 \text{ Ton. (1 día/40 Ton.)} = 4 \times 10^5 \text{ días.}$

$4 \times 10^5 \text{ días (1 año/365 días)} = 1,100 \text{ años.}$

Por lo tanto se observa que con la producción que se ha fijado el tiempo mínimo de explotación de la cantera es de 1,100 años; Duplicando la producción, serían 550 años.

8) Condiciones de Manejo.- La piedra caliza no presenta ninguna dificultad para su manejo, ya que es sólida, no perjudica al contacto con la piel, no es cortante ni tampoco corrosiva. Todo lo anterior se presenta como una gran ventaja, pues disminuye los accidentes de trabajo así como gastos en equipo de protección al trabajador. Otras ventajas son que su disponibilidad es inmediata y a pié de planta.

9) Extracción, Preparación y Transporte.- La extracción de la piedra caliza debe hacerse a cielo abierto, para evitar un alto costo y se practica preferentemente por medio de explosiones (o voladuras) usando por lo general dinamita. Con este método se ahorra costo adicional para reducir la piedra a tamaños convenientes. No se puede dar un dato exacto del rendimiento del explosivo por tonelada de caliza obtenida, ya que muchas veces depende de las fisuras interiores que presente la cantera, de la experiencia del que maneja el explosivo y del tipo de detonante empleado. Datos obtenidos en otra cantera, nos dan un rendimiento aproximado 5 cartuchos de dinamita/40 toneladas de CaCO_3 obtenidas. El rendimiento de mecha es de metro/4 ton. de CaCO_3 obtenidos (datos aproximados). En la literatura especializada se encuentra un rendimiento de 90 gr. de pólvora/Ton. de CaCO_3 obtenidos.

La preparación de la piedra, es decir, la trituración que hay que hacer de la misma para reduciría a tamaños convenientes, es uno de los pasos en los que hay que observar un mayor control para lograr una eficiencia térmica máxima durante la calcinación; es decir, que, las piedras de caliza que se alimentan al horno no deben ser muy grandes, pues en el tiempo que permanecen calcinándose, el calor que se transmite en la piedra no alcanzaría a llegar al centro de la misma, provocándose que la cal así obtenida presentara una gran cantidad de "crudos" (CaCO_3 sin calcinar), lo cual disminuiría nuestra eficiencia de reacción, originándose por consiguiente, un aumento en el gasto de combustible por tonelada de cal obtenida. Sin embargo, el tamaño de la piedra no debe de ser muy pequeño, pues se dificultaría el paso de los gases, lo que nos ocasiona un tiro deficiente y un aumento en el gasto de combustible.

Por lo tanto, para lograr una mayor eficiencia de reacción y un considerable ahorro de combustible, la alimentación del horno debe de ser con piedra caliza de tamaño uniforme. Este tamaño de la piedra deberá estar comprendido entre un rango de 12 a 15 cm. de longitud por lado de la piedra, siendo las dimensiones anteriores un caso ideal, pues en la práctica se calcinan piedras desde 10cm. por lado como límite inferior hasta 20 cm. por lado como límite superior.

El transporte de la piedra caliza desde el lugar de extracción hasta el horno, se llevará a cabo por medio de un camión que la llevará hasta el pie del mismo. Una vez que la caliza se encuentre ahí, será elevada a la boca del horno por

medio de un malacate, el cual elevará una vagoneta montada - sobre rieles que es la que elevará la piedra caliza para alimentar al horno. Para tal operación se usará un motor de aproximadamente 8 H.P. Y se utilizarán 2 operarios.

Se escogió el camión como medio de transporte por ser lo más práctico, además de que nos puede servir para la distribución de la cal hidratada en los mercados de consumo cercanos.

El uso de vagonetas para llevar la caliza a pie de horno es poco funcional, porque hay que desarmar las vías antes de las explosiones y armarlas después las mismas, perdiéndose mucho tiempo y aumentando la mano de obra.

El camión será operado por un chofer y ayudado por tres cargadores o "macheteros" (1 machetero puede cargar aproximadamente 2 Ton./Hr. = 16 Ton./turno), es decir que los tres cargadores podrán mover 48 Ton/turno; el camión será de los de tipo "volteo" para no perder tiempo en la descarga.

Nota : el movimiento diario de caliza será de 47 Ton. aprox.

10) Preservación y Almacenamiento. Se puede considerar que la piedra caliza se ve poco o casi nada afectada por las condiciones del medio ambiente, por lo que su preservación, prácticamente no requiere ningún cuidado.

De lo anterior se deduce que su almacenamiento puede ser a las condiciones atmosféricas. Este almacenamiento debe forzosamente de existir para tener siempre una reserva de alimentación al horno, principalmente para casos extremos en que - por condiciones meteorológicas o problemas laborales no se pudiera extraer la piedra caliza. Esta reserva de piedra caliza deberá tener capacidad para alimentar al horno mínimo du-

rante 30 días. Si el consumo de piedra caliza es de aproximadamente 40 Ton./día entonces deberos almacenar 1,200 Ton.

El volumen que ocuparán será de :

$$\begin{aligned} \text{Fórmula: } V &= M/d & V &= \text{Volumen en m}^3 \\ & & M &= \text{Masa en Ton.} \\ & & d &= \text{Densidad en Ton./m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Por lo tanto: } V = 1,200/2.5 = 480 \text{ m}^3$$

Este volumen es el que ocuparía la piedra caliza si fuera un bloque compacto, pero como para almacenarla debe ir triturada, el espacio de huecos que se deja entre piedra y piedra en un m^3 es aproximadamente el 33 % del volumen. Por lo tanto, el volumen "real" que ocupara el almacén de caliza será :

$$V \text{ real} = 1.33(V \text{ ideal}) = 1.33(480 \text{ m}^3) = 640 \text{ m}^3 .$$

La caliza que ocupará estos 640 m^3 será acomodada cerca del horno para facilitar su transporte en un momento dado.

B) Costo De Materia Prima.

El costo de la materia prima que se va a calcular debe entenderse mas bien como costo de materia prima "primaria", ya que también en el "apagado" de la cal viva se utilizará agua, que será considerada como nuestra materia prima "secundaria", debiéndose entender los términos de primaria y secundaria como el orden en que son utilizadas en el proceso las materias primas.

El costo unitario de la materia prima (CaCO_3) será calculado en base a los siguientes datos :

<u>Operación</u>	<u>Datos y Cálculos.</u>	<u>Resultados (\$/día)</u>
	1 poblador(dinamitero), 80 \$/día =	80.00 \$/día
EXTRACCION	Dinamita, : 5 $\frac{\text{cartuchos}}{\text{día}}$ x 10 $\frac{\$}{\text{cart.}}$ =	50.00 "
	Mecha, : 10 m/día x 1 \$/m =	10.00 "
	Detonante, : 5 $\frac{\text{deton.}}{\text{día}}$ x 0.8 $\frac{\$}{\text{deton.}}$ =	4.00 "
	<u>Costo de extracción total</u> =	<u>144.00 \$/día.</u>

	10 $\frac{\text{trabaj.}}{\text{día}}$ x 2.5 $\frac{\text{m}^3}{\text{trabaj.}}$ x 12 $\frac{\$}{\text{m}^3}$ =	300.00 \$/día.
MACHAQUEO	1 Recibidor de mat. prim. 50 $\frac{\$}{\text{día}}$ =	50.00 "
	<u>Costo de machaqueo total</u> =	<u>350.00 \$/día.</u>

	1 chofer, 45 $\frac{\$}{\text{día}}$ =	45.00 \$/día
TRANSPORTE	3 cargadores, 32 $\frac{\$}{\text{día}}$ =	99.00 "
	Gasolina y gastos varios =	30.00 "
	<u>Costo de transporte total</u> =	<u>174.00 \$/día.</u>

COSTO TOTAL DE MATERIA PRIMA = 678.00 \$/día.

La producción de CaCO_3 será : 25 $\frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ x 1.9 $\frac{\text{Ton.}}{\text{m}^3}$ = 47.5 $\frac{\text{Ton.}}{\text{día}}$

El costo unitario de la materia prima será por consiguiente:

Costo Unitario = Costo Total/Producción Total

$$\text{Costo Unitario} = \frac{678 \text{ \$/día}}{47,500 \text{ Kg/día}} = 0.0144 \frac{\$}{\text{Kg.}} = 1.44 \frac{\text{¢}}{\text{Kg.}}$$

$$\text{COSTO UNITARIO DE CaCO}_3 = 1.44 \frac{\text{¢}}{\text{Kg.}}$$

C) Localización De La Planta.

Para la instalación de cualquier industria, las razones básicas para su localización se pueden resumir en las siguientes :

Fuente de materia prima.

Mercado de consumo.

Costo mano de obra.

Comunicaciones.

Energía eléctrica.

Combustible.

Agua (cantidad, calidad, disponibilidad)

Legislación (impuestos, leyes, etc.)

En nuestro caso, es la fuente de materia prima lo que básicamente origina la localización de nuestra planta, aunque cabe hacer notar que todas las demás razones influyeron en una forma determinante para su instalación en Chignahuapan, Pue., pues en esta parte del Estado, el costo de mano de obra no es tan caro con respecto a otros lugares de la República y aún del mismo Estado de Puebla. Esta región se puede consi-

derar que está bien comunicada y además situada como la puerta de entrada hacia la Sierra Norte de Puebla. El agua que se tiene en la planta es de buena calidad, en cantidad suficiente y disponible todo el año. La legislación es bastante aceptable, pues los impuestos Municipales son relativamente bajos.

Merece mención aparte el aspecto de la energía eléctrica que es mucho más barata que en cualquier lugar de la República (dato a confirmación), ya que la planta hidroeléctrica pertenece a una Sociedad Cooperativa de los habitantes de Chignahuapan, haciéndose notar que es la "única planta productora de energía eléctrica en México que funciona como Sociedad Cooperativa. El precio del Kw/Hr. es aproximadamente la mitad del valor del Kw/Hr que en esta región vende la Comisión Federal de Electricidad.

El abastecimiento de combustible será efectuado por trailer-tanque con capacidad de 22,500 lt.; siendo la producción de la planta de 25 Ton/día y el consumo de combustible de aproximadamente 130 lt./Ton. de cal hidratada obtenida entonces el consumo diario de combustible será de aprox.:

$$25 \frac{\text{Ton.}}{\text{día}} \times 130 \frac{\text{lt.}}{\text{Ton.}} = 3,250 \frac{\text{lt.}}{\text{día}} = 97,500 \frac{\text{lt.}}{\text{mes}}$$

De los resultados anteriores se deduce que el abastecimiento será de un trailer-tanque cada 6 días, es decir 5 trailers mes.

También deberá construirse un tanque de almacenamiento de combustible con capacidad mínima para un mes de producción (aprox. 100,000 lt.) como medida de precaución para cuando llegara alguna época de escasez. Este tanque de almacenamiento

to estará situado a unos 20 metros del horno y a nivel superior (2m) de los quemadores. Tendrá además un sistema de calentamiento continuo con vapor (serpentín) para facilitar el transporte del combustible por las tuberías. Como equipo adicional, deberá existir una bomba y una compresora para inyectar el combustible a presión hacia los quemadores.

D) Distribución Geográfica Del Mercado Y Vías De Comunicación Disponibles.

El lugar denominado como "La Galera", es el sitio donde se instalaría la planta, y se halla situado aproximadamente a 3 Kms. al sureste de Chignahuapan, unida a ésta, por una carretera de terracería que se encuentra en estado regular, necesitándose un bacheo general y ampliación en 2 curvas, para que puedan entrar trailers hasta la planta. El costo de tales mejoras tendrá un precio de 5,000 pesos Aprox. Corresponderá a Chignahuapan ser el centro de partida hacia los mercados de consumo. De acuerdo a la capacidad programada de la planta, se espera entrar en competencia con otras marcas de cal hidratada en las siguientes poblaciones: Hacia el sur, en el Estado de Tlaxcala, las ciudades de Tlaxco y Apizaco, con población urbana de 5,000 y 35,000 habitantes, distando 32 y 54 Kms. respectivamente de Chignahuapan, Y unidas a ésta por una carretera asfaltada en buen estado. También en el Estado de Tlaxcala, al sureste de Apizaco, se espera competir con el producto en Tuzantla (20,000 Hbs.) Hacia el oriente, en el Estado de Puebla, las ciudades de Teetela y Aquixtla, con una población urbana aproximada de 8,000

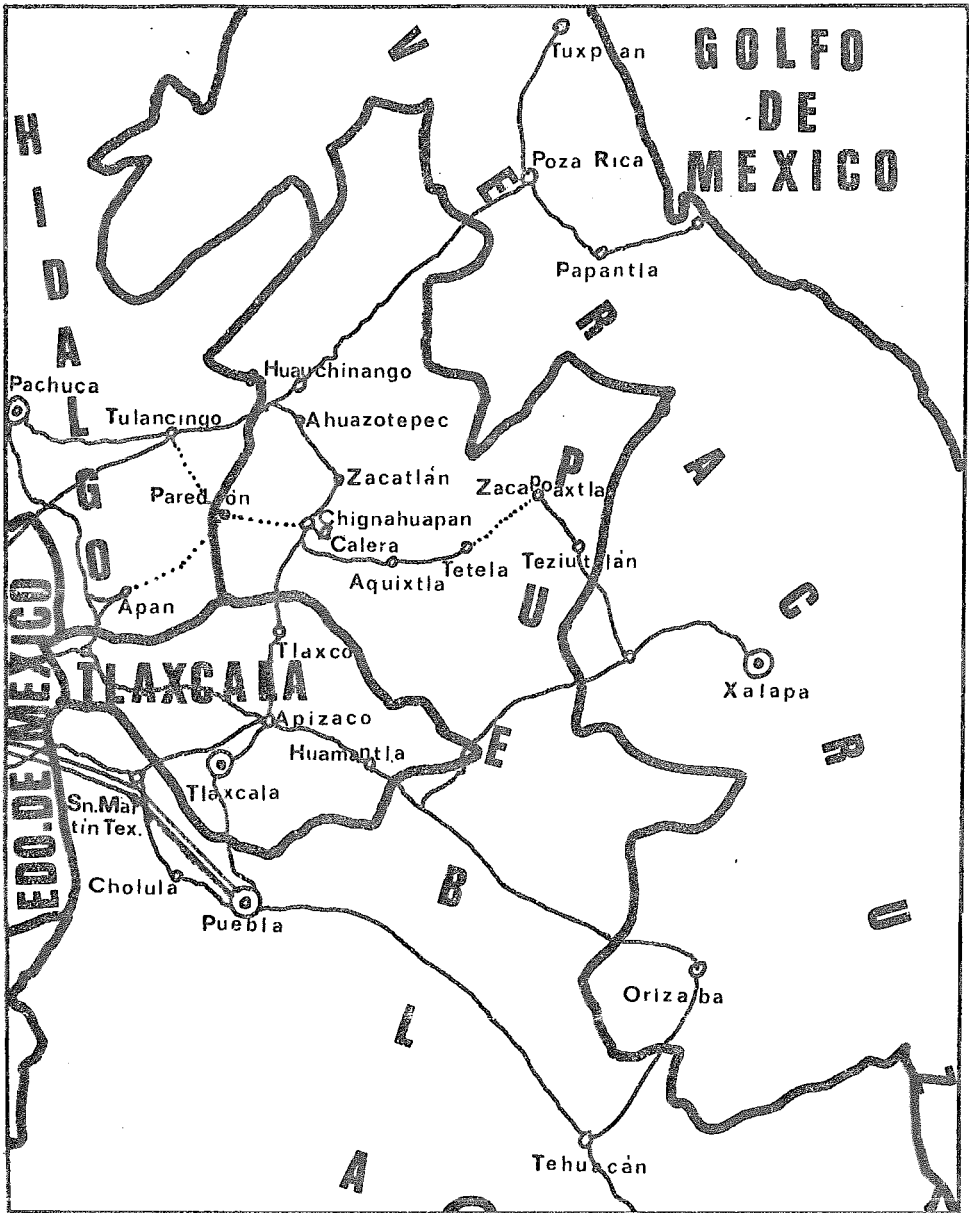
Habitantes y unidas a Chignahuapan por carretera asfaltada en buen estado. Aquixtla se encuentra a 30 kms aprox. y Tetzela a unos 50 Kms.

Hacia el Noreste, en el Edo. de Puebla, a 15 Kms. se halla Zacatlán, (12,000 Hbs. aprox) y 30 Kms más adelante Ahuazotepec (3,000 Hbs. aprox.). En el mismo Estado de Puebla, a unos 70 Kms. de Chignahuapan, se Encuentra Huauchinango (30,000 Hbs.) y mas adelante Villa Juárez.

Hacia el Noreste, pero ya en el Estado de Veracruz, encontramos la Ciudad de Poza Rica y al Sureste de la misma se halla Papantla. Estas dos ciudades, de gran potencial económico, son dos muy buenos mercados en los que el producto a vender se encuentra bastante acreditado, ya que estuvo funcionando hace varios años una fábrica que acreditó bastante el producto, principalmente en la ciudad de Poza Rica.

Todas las ciudades anteriores están unidas a Chignahuapan por carretera asfaltada en buen estado y con dos carriles de circulación.

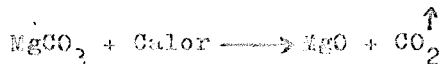
Para tener una idea mas clara de lo expresado en párrafos anteriores, se presenta un mapa a escala de la localización de los probables centros de consumo.



	CAPITAL DEL ESTADO
	LIMITES
	AUTOPISTA
	ASFALTO
	TERRACERIA

E.- Balance de Materiales. Se efectuará en dos partes del equipo; 1.- En el horno y 2.- En el hidratador.

1.- En el horno, suceden las siguientes reacciones:

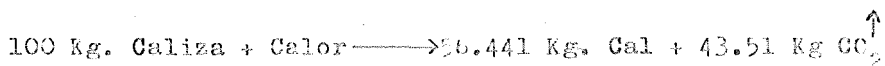


CALCULOS:

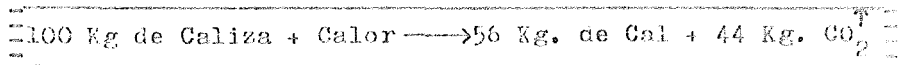
Se escoge como base: 100 Kg. de CaCO_3

	(a)	(b)	(c)	→	(d)			
Comp. Quim. de la caliza.	% peso	Peso Molec.	Frac- ción mol.		Comp. Quim. CAL	Peso Molec.	Kg. Obten. Cal	Kg. Obten. CO_2
			g/b				c.d	c.d
CaCO_3	97.0	100	0.97		CaO	56	54.25	42.7
MgCO_3	1.55	84.3	0.018		MgO	40.3	0.741	0.81
Insolubles	1.45	---	---		Ins.		1.450	---
TOTAL:	100.0		0.988		TOTAL:		56.441	43.51

RESULTADOS:



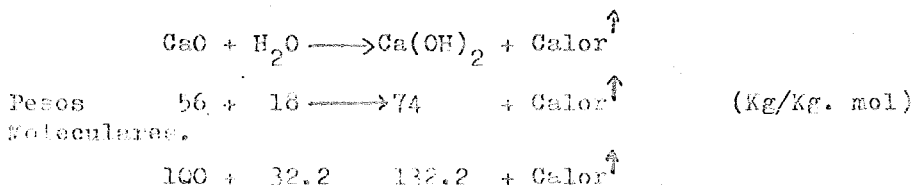
Para fines prácticos:



2.- En el hidratador, para simplificación de los cálculos se considerará únicamente la hidratación del óxido de calcio; la reacción es la siguiente:

Nota: La reacción es muy exotérmica.

BASE: 100 Kg. de CaO

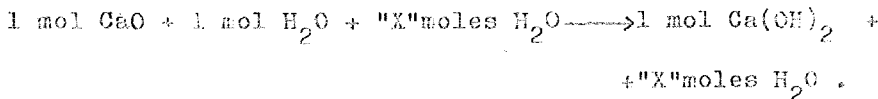


Ahora bien, a 100 Kgs. de CaO hay que agregar "X" Kgs de H₂O en exceso debido a lo exotérmico de la reacción.:

CALCULO DEL EXCESO DE AGUA :

Dato: Calor desprendido por la reacción = 15.6 K cal./gr. mol

Por lo tanto:



"X" = Moles de H₂O que se evaporan.

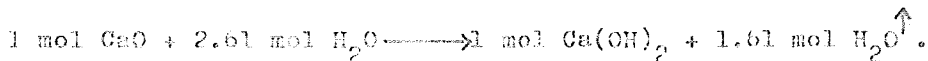
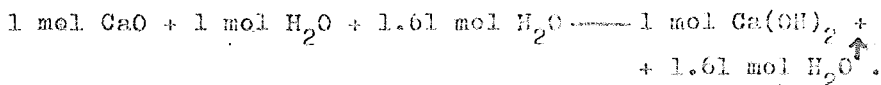
Yo se que :

$$\text{"X" moles H}_2\text{O} (\lambda: \text{K cal./gr.mol}) = 15.6 \text{ K cal.} \leftarrow$$

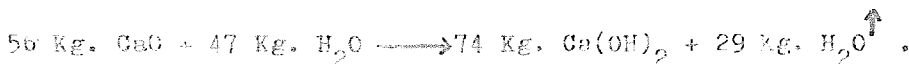
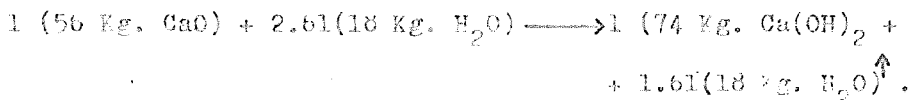
$$\lambda_{100^\circ\text{C}} = \text{Calor latente de vaporización H}_2\text{O} = 9.75 \frac{\text{Kcal.}}{\text{g.mol.}}$$

de donde :
$$"X" = \frac{15.6 \text{ K cal}}{9.75 \frac{\text{K cal}}{\text{g.mol}}} = 1.61 \text{ g. mol H}_2\text{O en exceso.}$$

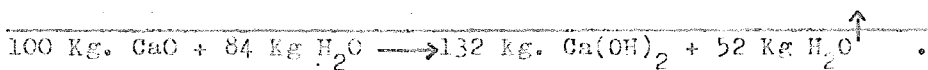
La reacción queda :



Hago mi nuevo balance:



Por lo tanto:



Sin embargo, en la práctica se ha visto que no se obtienen los resultados estequiométricos, sino que se :

$100 \text{ Kg. de caliza} \xrightarrow[\text{HIDRATACION}]{\text{CALINACION}} 70 \text{ Kg. de Ca(OH)}_2 \text{ (aprox.)}$

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA

A.- Comentario. B.- Demanda Regional Del Producto. C.- Oferta Regional Del Producto. D.- Historia Del Precio. E.- Historia De Las Ventas.

A.- Comentario.

Tanto a nivel nacional como regional, cabe hacer notar que la demanda de cal hidratada en los mercados, es bastante superior a la oferta y quizás una de las causas que ha contribuido a esta escasez de cal, es el incremento de usos que le ha dado la industria química como el álcali más barato. Actualmente, se puede decir que aproximadamente el 20 % del consumo de cal es para el uso de dicha industria, (en Estados Unidos, el 86 % de la producción de cal hidratada es para la industria química y solo un 7 % se utiliza en la construcción; el resto es para la Agricultura). Otro uso importante de la cal, es para la estabilización de suelos (para la construcción de carreteras).

B.- Demanda Regional.

Debido a la falta de datos, no se puso primero un estudio de la demanda (tampoco de oferta) a nivel nacional, y la investigación que se tuvo que llevar a cabo directamente con cada distribuidor, en siete poblaciones (las más representativas de la región) no nos rindieron los datos estadísticos de la demanda del producto año con año, sino que tuvimos que conformarnos con los cálculos aproximados que cada uno nos dió y sacar nuestras conclusiones.

En base a lo expuesto anteriormente, llegamos a las siguientes aproximaciones :

1969 : Demanda Regional = 40 Ton/año

1973 : Demanda Regional = 120 Ton/año

Para hacer el pronóstico, usaremos el Método Del Incremento Anual Promedio, el cual se basa en utilizar los datos de la serie estadística que a criterio del estimador sean los más representativos; No deben estar muy cercanos, se prefiere retirados uno de otro.

Fórmula a usar : $\log. t = \log. a + n \log. (1 + x)$

Donde : t = Término representativo más reciente.
 a = " " " menos reciente.
 n = Número de períodos considerado.
 x = Incremento unitario.

Para nuestro caso :

$$\begin{aligned}t &= 120 \\a &= 40 \\n &= 5\end{aligned}$$

CALCULOS :

$$\log. 120 = \log. 40 + 5 \log. (1 + X)$$

$$1.08 = 1.6021 + 5 \log. (1 + X)$$

$$\frac{0.4779}{5} = \log. (1 + X)$$

$$\log. (1 + X) = 0.0956$$

$$1 + X = \text{antilog. } 0.0956 = 1.251$$

$$X = 0.251 = 25.1 \%$$

$$X \approx 25 \%$$

Pronosticos:

	Ton	Año
120 x 1.25	= 150 1974
150 x 1.25	= 187.5 1975
187.5 x 1.25	= 234.4 1976
234.4 x 1.25	= 293 1977
293 x 1.25	= 366.25 1978

Los presentes cálculos se hacen acompañar de una gráfica para tener un resultado mas objetivo.

NOTA : Primero se verá la oferta regional y juntos los cálculos se graficarán.

C.- Oferta Regional.

Las aproximaciones de los datos que se obtuvieron, nos dan los siguientes resultados :

1969 : Oferta Regional = 30 Ton/día

1973 : Oferta Regional = 80 Ton/día

Haremos el pronóstico igual que en el caso anterior, es decir, usando el Método del Incremento Anual Promedio.

Fórmula a usar : $\log. t = \log. a + n \log.(1 + X)$

Para éste caso :

$$\begin{aligned}t &= 80 \\a &= 30 \\n &= 5\end{aligned}$$

CÁLCULOS :

$$\log. 80 = \log. 30 + 5 \log.(1 + X)$$

$$1.9031 = 1.4771 + 5 \log (1 + X)$$

$$\log.(1 + X) = \frac{0.426}{5} = 0.0852$$

$$1 + X = \text{antilog. } 0.0852 = 1.217$$

$$X = 0.217 = 21.7 \%$$

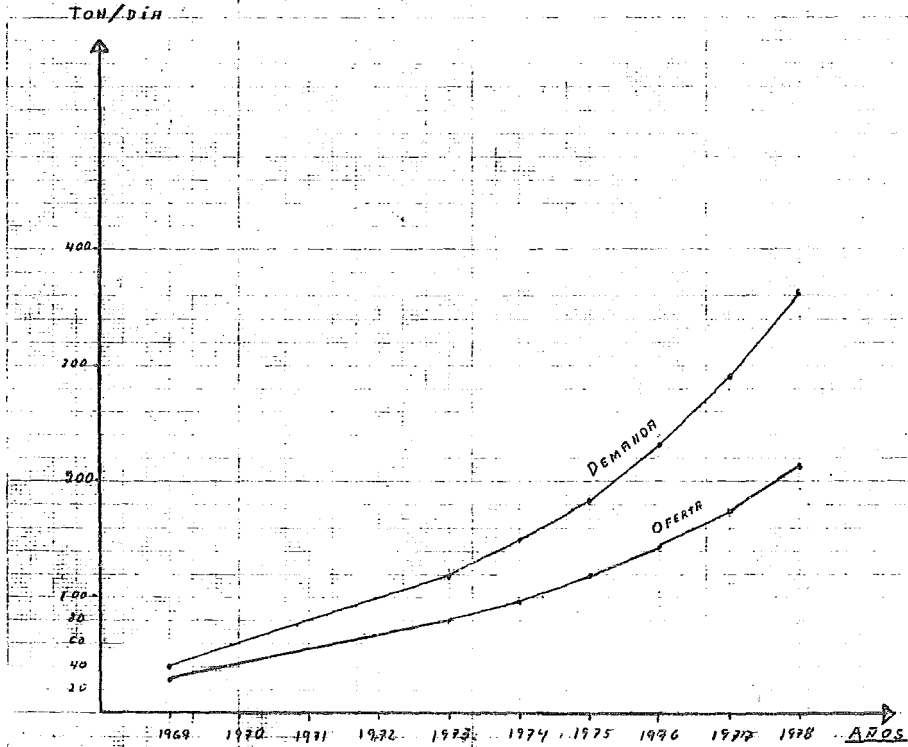
$$X \approx 22 \%$$

Pronósticos :

	Ton	Año
80 x 1.22	= 97.6	1974
97.6 x 1.22	= 119	1975
119 x 1.22	= 145.2	1976
145.2 x 1.22	= 177.1	1977
177.1 x 1.22	= 216	1978

NOTA : ver gráfica en la siguiente hoja.

GRAFICA DE LA OFERTA Y LA DEMANDA REGIONALES.



D.- Historia Del Precio.

La Secretaría De Industria y Comercio ha puesto precio tope a la cal hidratada desde hace muchos años. Actualmente, existe una petición oficial de muchos "caleros" para que se les aumente el precio a las calces. Se espera una respuesta afirmativa debido a que en los últimos 10 años se mantiene el precio tope de 160 \$/Ton. ; el aumento que se espera es del 10 al 15 %.

E.- Historia de las Ventas.

Debido en cuenta que la demanda de cal hidratada es bastante mayor que la oferta, se ha observado durante bastantes años un consumo mas o menos constante durante todos los meses del año; quizás si disminuye un poco el volumen de las ventas durante la época de lluvias y en el invierno.

En lo que si ha habido un movimiento considerable, es en los precios que dan los distribuidores al público, principalmente en los últimos 4 años y más que nunca en 1972 y 1973. El aumento ha sido aproximadamente de unos 10 pesos por año.

CAPITULO VI

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PROCESO

A.- Descripción: calcinación; hidratación; digestión; molienda y separación; envasado; almacenamiento. B.- Diagrama de Bloques. C.- Diagrama de Flujo. D.- Plano General de Localización

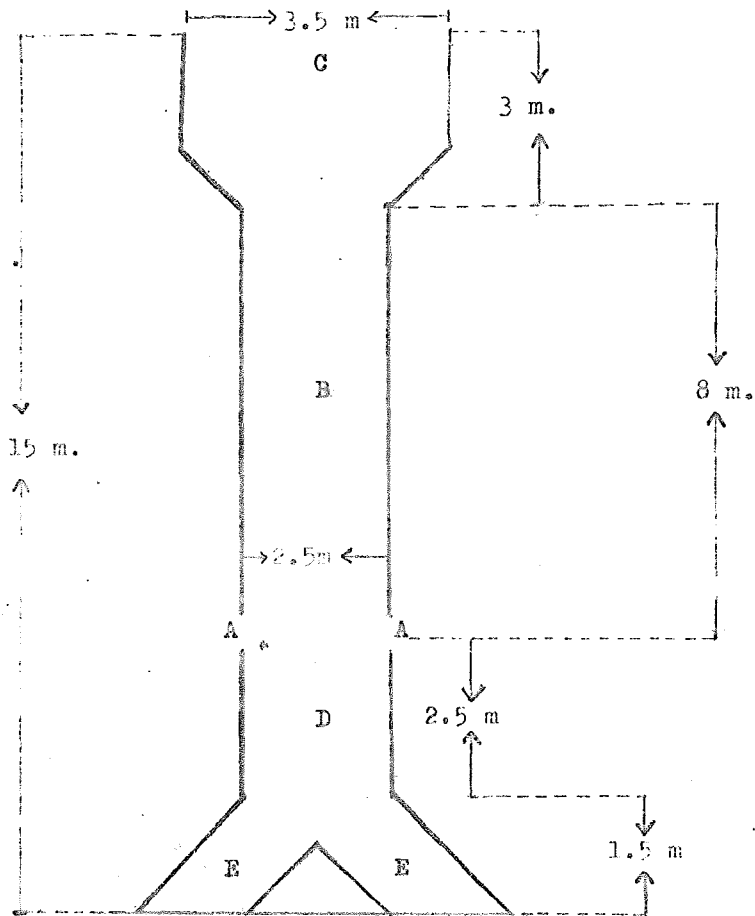
A.- Descripción. El proceso industrial para la obtención de cal hidratada se puede resumir en los siguientes pasos:

1.- Calcinación. Esta operación se efectuará en un horno continuo vertical que permitirá la alimentación de caliza por la parte superior y la descarga de cal viva (CaO) por la inferior, continuándose este proceso indefinidamente.

El horno usará un combustible líquido conocido comercialmente como "petroleo pesado", "petroleo crudo" o "combustoleo", ya -- que da un mayor rendimiento que el "petroleo ligero". El combustoleo, antes de llegar a los quemadores es calentado a una temperatura aproximada de 100°C para disminuir su viscosidad y de ésta manera facilitar su atomización y lograrse una combustión mas completa. Para hornos verticales, el gasto de combustoleo es de aproximadamente: 190 lt./Ton. de CaO Obt.

Para la cal hidratada, el rendimiento será: $130 \frac{\text{Lt. de comb.}}{\text{Ton. Ca(OH)}_2 \text{ Obt.}}$

El horno tendrá forma cilíndrica y las siguientes dimensiones:



Donde:

A,	representa	Boquillas de Quemado.
B,	"	Zona de Calcinación (Cubierta con material refractario.)
C,	"	Zona de Alimentación.
D,	"	Cámara de Descarga (Enfriamiento).
E,	"	Puertas de Descarga.

El horno presenta 4 bocanillas de quemado con atomizadores y se encuentran diametralmente opuestas; la penetración de la flama es de aproximadamente 1 m. La salida de los gases de la combustión y de la calcinación se lleva a cabo por medio de un sistema de tiro forzado (ventilador en la parte inferior.). En la zona de calcinación (B) es donde el carbonato de calcio se disocia en bixido de carbono y oxido de calcio a una temperatura entre 860 y 930°C; Hay que tener especial cuidado en que la temperatura de flama no supere los 1,100°C, pues los silicatos y aluminatos presentes en la caliza se pueden combinar con el óxido de calcio dando origen a impurezas en la cal y consecuentemente en el producto a obtener.

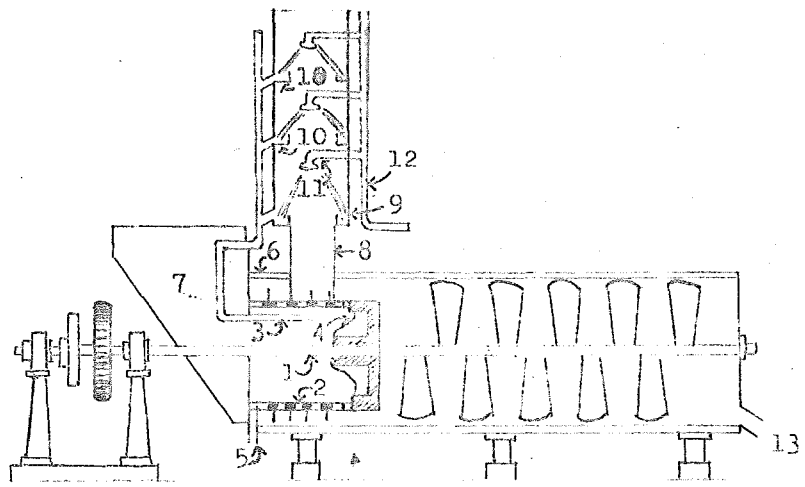
Una forma de saber cuándo se debe efectuar la descarga es al observar una disminución de la masa de piedra caliza de 1/5 parte de la masa total. Otra manera mas usual, es al observar un cambio de coloración en la flama de rojo a un azulado muy tenue; lo anterior solo lo puede lograr un hornero experimentado, por lo que se recomienda su contratación.

La descarga del horno se efectúa cada 3 ó 4 horas, dando un promedio aproximado de 2.5 Ton. CaO/3.5 Hrs.

El Oxido de Calcio así obtenido sale a una Temperatura de unos 800°C y pasa a la Cámara de Descarga o Enfriamiento donde permanece unas 2.5 horas hasta alcanzar una temperatura de 200°C y después todavía tiene una hora de reposo hasta alcanzar una temperatura en que pueda ser manejable para llevarla a hidratación.

2.- Hidratación. Esta operación tambien es conocida co-

-mo "apagado" de la cal y consiste en agregar agua al óxido de calcio para obtener hidróxido de calcio; la reacción es su mamente exotérmica pues llega a alcanzar de 160 a 170^oC. La hidratación se llevará a cabo en un hidratador de cilindro horizontal como el que se muestra en la siguiente figura:



Consiste este aparato en un largo cilindro metálico(6) con árbol axial rotatorio(1).Lleva este eje un tamiz(2) de maila no mayor de 1/4" y aspas de mezcla y transporte.El cilindro presenta en su extremo el embudo de carga(7) y al otro extremo la disposición de descarga(13).La cal en fragmentos proveniente de los hornos, sin necesidad de desmenuzarla previamente, se pesa y se echa en el embudo(7) poniéndose el árbol en rotación.Por el tubo(3) se hace llegar la cantidad de agua ne-

cesaria para apagar la cal. La cal viva se convierte con gran desarrollo de calor y desprendimiento de vapores, en una mezcla de polvo de cal y pequeños fragmentos, que solo después de ser suficientemente apagados pasan por el tamiz o criba(2) al recipiente cilíndrico, donde por el contacto de vapor de agua son completamente apagados y convertidos en fino polvo de hidróxido de calcio. Este es lentamente empujado hacia la salida por las aspas de transporte y mezclado, mientras que los cuerpos extraños como escorias, no cocidos, etc., quedan en su mayor parte en la criba. El polvo de cal que se desprende, junto con los vapores, por (8) es conducido al tubo(9) que está provisto de los rociadores de agua(11), de donde el polvo de cal es completamente precipitado y el calor que contiene pasa a la lechada de cal formada. Esta lechada, a la temperatura de 80 a 90^oC, pasa por (10) a una cañería que conduce al tubo (3) que sirve para apagar la cal. De esta manera, el agua se calienta automáticamente y en forma continua, hasta cerca del punto de ebullición, con lo que la operación de apagado se acelera.

La cantidad de agua requerida para la hidratación es aproximadamente de 75 litros de agua por 100 Kg. de cal, aunque cabe hacer notar la necesidad de poner un ligero exceso de agua de reacción con el objeto de evitar que la cal hidratada se quemé y forme partículas granulosas que perjudiquen la calidad del producto. El exceso de agua se convierte en vapor debido al calor de la reacción y se desaloja por la chimenea de los hidratadores.

3.- Digestión. Como la cal hidratada que sale de un hidratador está a una temperatura superior a la del ambiente, y como puede contener aún partículas de CaO que no han sido hidratadas, no conviene llevarlas directamente al proceso de molienda y separación, sino que deberá almacenarse previamente en silos llamados de digestión, durante un tiempo no menor de 24 horas. Esto se hace con objeto de continuar la hidratación y de que disminuyan la humedad y la temperatura. De esta manera se obtiene menor óxido de calcio en el producto, y la molienda y separación es mas perfecta.

La elevación de la cal hidratada a los silos se efectuará -- por medio de un elevador de cangilones "forrado" por una coraza de lámina para evitar pérdidas del producto durante el transporte.

Será de dos el número de silos, con un volumen suficiente para almacenar 25 Ton. Ca(OH)₂ / día .

Las dimensiones de los silos serán:

DATOS : Producción Ca(OH)₂ = 25 Ton./día
 densidad Ca(OH)₂ = 2.2 Ton./ m³

$$\frac{25 \text{ Ton.}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{2.2 \text{ Ton.}} = \frac{11.4 \text{ m}^3}{\text{día}} \approx 12 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Los silos de forma cilíndrica medirán :

$$V = \pi r^2 h ; \quad h = \frac{V}{\pi r^2} = \frac{12 \text{ m}^3}{3.14 (1\text{m})^2} \approx 4 \text{ m.}$$

Por lo tanto, será un cilindro de r= 1 m y h= 4 m.

Nota: Conviene dar un margen a la capacidad, por lo que h=6 m.

4.- Molienda y separación. Una vez que la cal hidratada ha permanecido como mínimo 24 horas en los silos de digestión, pasará a un molino de finos, el cual estará conectado a un ventilador que, por la corriente de aire que produce, transportará la cal hidratada en polvo a un ciclón, que separará el material finamente molido del menos fino, el cual regresará nuevamente al molino para seguir triturándose, continuándose la operación indefinidamente.

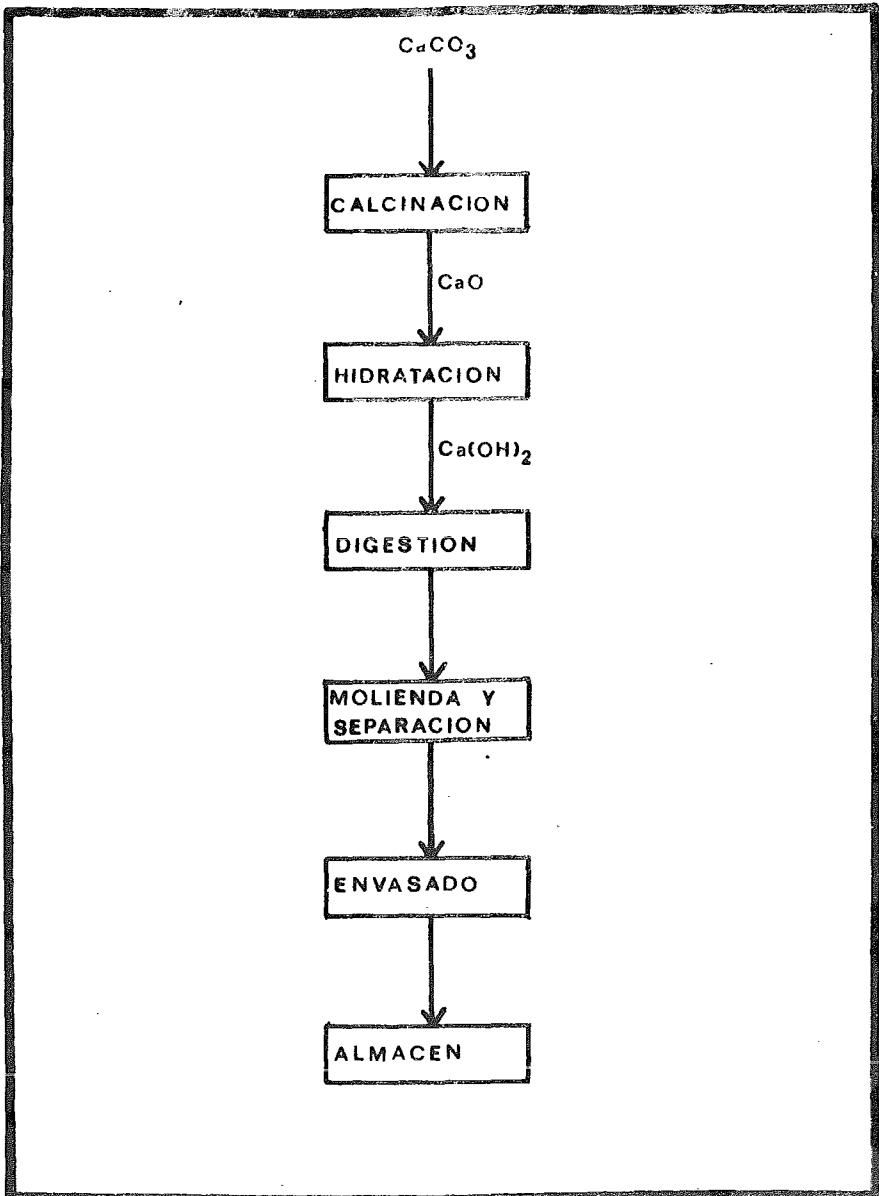
5.- Envasado. A la salida de finos del ciclón, estará conectada una envasadora para sacos de cierre tipo válvula, los cuales, al llenarse, quedan sellados automáticamente. La envasadora será de dos bocas y podrá ser manejada por un solo operario. Se podrá envasar en sacos de 25 y 40 Kgs., siendo los primeros los más comunes. Si la producción es de 25 Ton./día se necesitarán 1,000 $\frac{\text{sacos}}{\text{día}}$.

6.- Almacenamiento. Los sacos de cal hidratada, serán llevados al almacén de producto terminado por dos obreros; la capacidad mínima del almacén deberá ser para guardar la producción de un mes. El cálculo del volumen del almacén será:

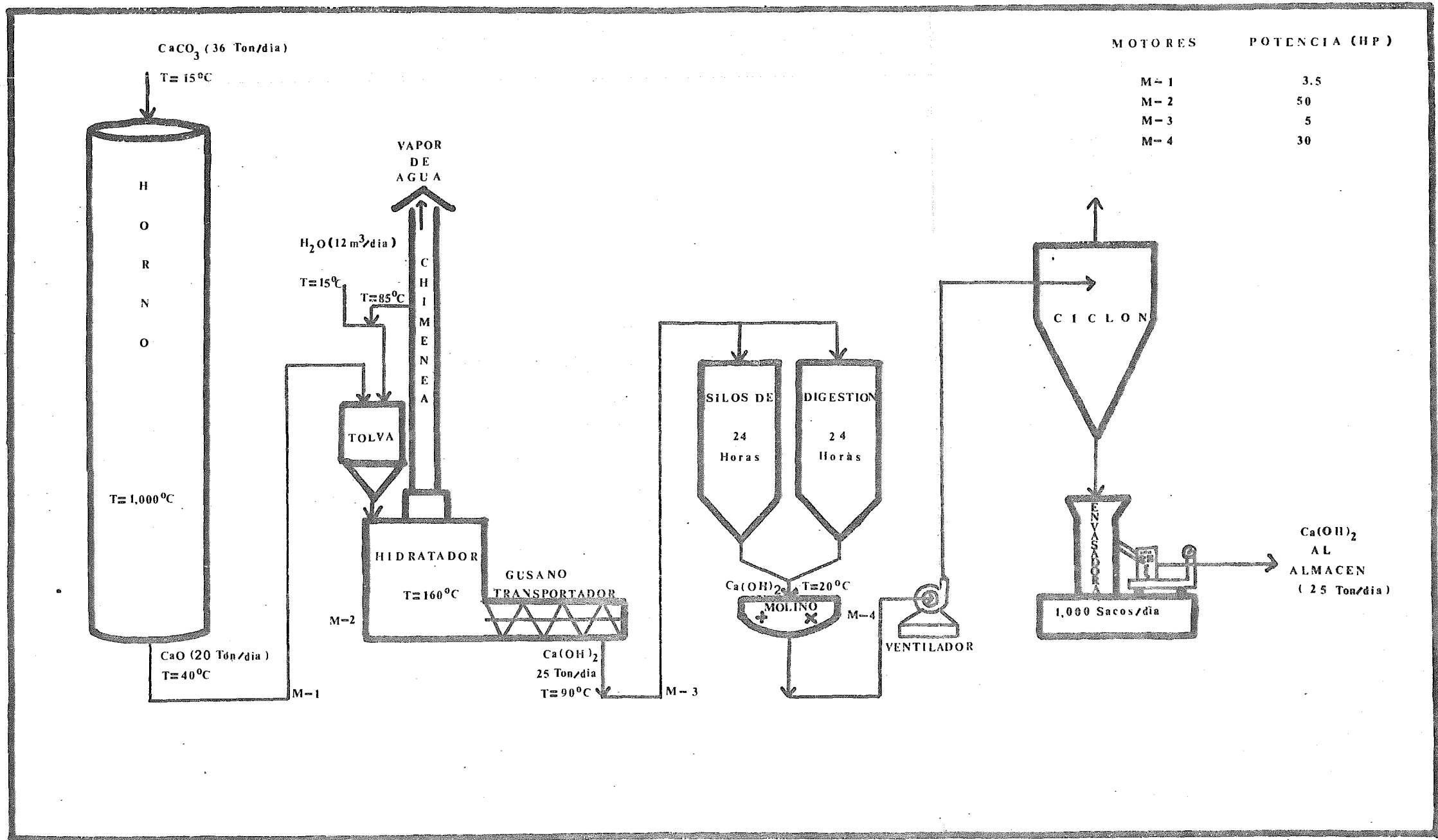
$$25 \frac{\text{Ton.}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{2.2 \text{ Ton.}} \times \frac{31 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 350 \text{ m}^3.$$

Tomando en cuenta pasillos y espacios huecos entre sacos, se debe aumentar el volumen a unos 525 m³; este volumen, se puede lograr con las siguientes dimensiones: largo: 14 m. ; ancho: 7.5 m ; alto: 5 m .

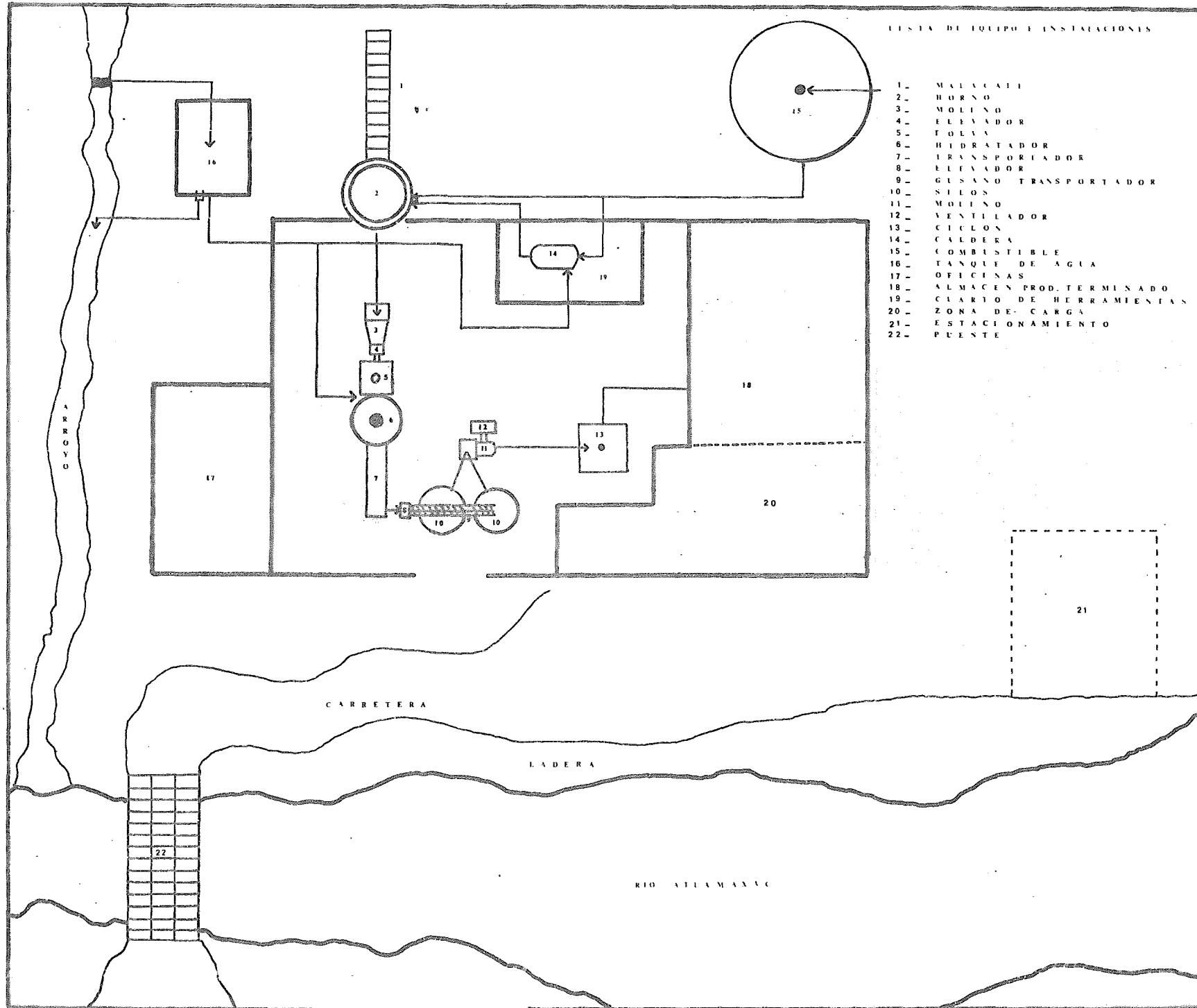
B) DIAGRAMA DE BLOQUES



C) D I A G R A M A D E F L U J O



DIPLANO GENERAL DE LOCALIZACION



LISTA DE EQUIPO E INSTALACIONES

- 1- MALACATE
- 2- HORNO
- 3- MOLINO
- 4- ELEVADOR
- 5- TOLVA
- 6- HIDRATADOR
- 7- TRANSPORTADOR
- 8- ELEVADOR
- 9- GUSANO TRANSPORTADOR
- 10- SILOS
- 11- MOLINO
- 12- VENTILADOR
- 13- CICLON
- 14- CALDERA
- 15- COMBUSTIBLE
- 16- TANQUE DE AGUA
- 17- OFICINAS
- 18- ALMACEN PROD. TERMINADO
- 19- CUARTO DE HERRAMIENTAS
- 20- ZONA DE CARGA
- 21- ESTACIONAMIENTO
- 22- PUENTE

CAPITULO VII

EVALUACION ECONOMICA

A.- Inversión Total: Inversión fija; Capital de Arranque. **B.- Costo De Producción:** Costo de Materia Prima Directa; Costo de Mano de Obra Directa; Cargos Indirectos de Producción. **C.- Costo Total:** -- Gastos de Operación; Costo Total Unitario. **D.- Precio de Venta.** **E.- Punto De Equilibrio:** Ventas Anuales; Gastos Anuales. **F.- Resultados.**

A.- Inversión Total.

La inversión total es el capital necesario para la construcción y operación de una planta. Está formada por :

- 1) Inversión Fija y
- 2) Capital de Arranque

Inversión Total = Inversión fija + Capital de Arranque .

1) Inversión Fija.- Se define como el costo total del equipo e instalaciones de proceso, obra civil, servicios auxiliares, ingeniería de diseño y honorarios del contratista. Se debe tomar en cuenta un % para imprevistos (variación de precios, errores de estimación, etc.; aprox. 7 % del Costo Directo)

Calculo de la Inversión Fija:

Costo del Terreno y Concesión	= \$	200,000.00
Costo de Tuberías	= \$	30,000.00
Costo del Equipo	= \$	600,000.00
Costo de Instalación	= \$	&
Costo Obra Civil (Edificios)	= \$	150,000.00
Carretera y Puente	= \$	50,000.00
Tanque almacenamiento de Combustible	= \$	80,000.00
Carrilón	= \$	40,000.00
Subestación Eléctrica	= \$	15,000.00
<hr/>		
Costo Físico de la Planta	= \$	1,165,000.00
<hr/>		
Costo Físico de la Planta	= \$	1,165,000.00
Honorarios del Contratista (6 % del Costo de Obra Civil)	= \$	12,000.00
Costo Ing. de Diseño	= \$	&
<hr/>		
Costo Directo	= \$	1,177,000.00
<hr/>		
Costo Directo	= \$	1,177,000.00
Imprevistos (7 %)	= \$	82,390.00
<hr/>		
<u>INVERSIÓN FIJA</u>	= \$	<u>1,259,390.00</u>

& = Incluidos en Costo Físico.

2) Capital de Arranque.- Se define como el Capital mínimo necesario para iniciar la fabricación. Se estima un mes de Inventario de materia prima y gastos indirectos de fabricación (productos de servicio), además de una cierta cantidad de efectivo en caja para cualquier circunstancia no prevista. En Nuestro caso, como deseamos tener un almacenamiento "extra" de materia prima, entonces la calcularemos para dos meses.

Cálculo del Capital de Arranque:

Materia Prima: producción diaria: 48 Ton/día

$$48 \text{ Ton/día} \times 30 \text{ días/mes} = 1,440 \text{ Ton/mes} \quad \times 2 = 2,880 \frac{\text{Ton.}}{2 \text{ meses.}}$$

$$2880 \text{ Ton/2 meses} \times 14.40 \text{ \$/Ton.} = \$ 41,470.00 \$$$

Gastos Por Materia Prima Para El Arranque: = 41,470.00 (al mes)

Gastos Indirectos de Fabricación:

Combustoleo (0.205 \$/lt. x 97,500 lt/mes) = \$ 19,987.00

Energía Eléctrica (0.33 \$/Kwh) = \$ 330.00

Útiles y uniformes de trabajo = \$ 300.00

Mantenimiento = \$ 1,100.00

Materiales primas Auxiliares = \$ 1,000.00

Varios = \$ 1,000.00

Reservas = \$ 30,000.00

Gastos Indirectos de Fabricación (al mes) = \$ 53,717.00

Por lo tanto, el Capital de Arranque de la planta será :

Materia Prima(mensual)	= \$ 41,470.00
Gastos Indirectos de Fabricación	= \$ 53,717.00
<hr/>	
CAPITAL DE ARRANQUE	= <u>\$ 95,187.00</u>

Teniendo los anteriores datos, se puede calcular la Inversión Total :

INVERSION FIJA	= \$ 1,259,390.00
CAPITAL DE ARRANQUE	= \$ 95,187.00
<hr/>	
INVERSION TOTAL	= \$ 1,354,577.00

Redondeando :

INVERSION TOTAL = \$ 1,355,000.00

B.- Costo de Producción.

El costo de producción se estima de la siguiente manera :

Costo de Materia Prima Directa + Costo de Mano de Obra Directa + Cargos Indirectos de Producción = COSTO DE PRODUCCION.

Calcularemos el Costo de Producción Anual y el Costo de Producción Unitario, por lo que debemos hacer los mismos cálculos para los tres elementos que lo forman.

1) Costo de Materia Prima Directa.

Consumo diario de CaCO_3 = 40 Ton/día = 14,600 Ton/año

Costo unitario de CaCO_3 = 14.4 \$/Ton

Costo de CaCO_3 = $40 \frac{\text{Ton}}{\text{día}} \times 14.4 \frac{\$}{\text{Ton}} = 576 \frac{\$}{\text{día}} = 210,240 \frac{\$}{\text{año}}$

Costo Unitario de Materia Prima = $\frac{\text{Costo } \text{CaCO}_3}{\text{Prod. } \text{Ca}(\text{OH})_2} = \frac{576 \text{ \$/día}}{25 \text{ Ton/día}} =$

= 23.04 \$/Ton .

COSTO UNITARIO DE MATERIA PRIMA DIRECTA = 23.04 \$/Ton.

2) Costo de la Mano de Obra Directa.--Está formado por la mano de obra que interviene directamente en el proceso de producción.

Cálculos

No. Empleados y Función	No. Turnos Trabajados	($\$$) Sueldo Diario	($\$$) Total Diario	($\$$) Total Anual
2 Malacateros	3	33.00	198.00	72,270.00
1 hornero	3	50.00	150.00	54,750.00
2 acarreadores (CaO)	2	33.00	132.00	48,180.00
1 molinero(CaO)	1	40.00	40.00	14,600.00
1 hidratador	1	50.00	50.00	18,250.00
1 molinero de $\text{Ca}(\text{OH})_2$	1	40.00	40.00	14,600.00
2 acarreadores " "	1	33.00	66.00	24,090.00
TOTAL			676.00	246,740.00

Producción Diaria de $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 25 \text{ Ton.}$

Costo Unitario de Mano Obra = $\frac{676.00 \text{ \$/día}}{25 \text{ Ton./día}} = 27.04 \text{ \$/Ton.}$

COSTO UNITARIO DE LA MANO DE OBRA DIRECTA = 27.04 \\$/Ton.

3) Cargos Indirectos de Producción. Este tipo de gastos, está forrado por los siguientes componentes:

Componentes	Turnos	Total diario	Total anual
Mano de Obra Supervisor de Prod.(1) Indirecta		60.00	21,900.00
Gastos Indirectos de Fabricación (Ver "Capital de Arranque")		1,790.00	653,554.40
Depreciación del Equipo (a 10 años)		164.30	60,000.00
Impuesto Prcial		0.66	240.00
TOTAL		2,014.96	735,694.40

Costo Indirecto de Producción Unitario = $\frac{2,014.96 \text{ \$/día}}{25 \text{ Ton./día}} =$

= 80.6 \\$/Tón.

COSTO INDIRECTO DE PRODUCCION UNITARIO = 80.6 \\$/Ton.

Por lo tanto, nuestro Costo de Producción será :

$$\text{Costo De Producción Unitario} = 23.04 + 27.04 + 80.60 = 130.68$$

$$\text{COSTO DE PRODUCCION UNITARIO} = 130.68 \text{ \$/Ton.}$$

El Costo de Producción Anual será :

$$130.68 \frac{\$}{\text{Ton}} \times 9,125 \frac{\text{Ton}}{\text{año}} = 1,192,455.00 \text{ \$/año}$$

$$\text{COSTO DE PRODUCCION ANUAL} = 1,192,455.00 \text{ \$/año}$$

C.- Costo Total.

El costo total es la suma del costo de producción, más los gastos de operación. Como el costo de producción ya está calculado, nos vamos a calcular los gastos de operación, los cuales están formados por :

		(\$)	(\$)
		Total diario	Total anual
Gastos de	1 almacenista	33.00	12,045.00
Ventas	1 Secretaria	40.00	14,600.00
	1 Vendedor (mas viajes)	50.00	18,250.00
Gastos de	Gerente General	136.85	50,000.00
Administración	1 Contador	55.00	20,075.00
	Varios	100.00	36,500.00
TOTAL :		414.85	151,470.00

Por lo tanto el Costo Unitario de Operación será:

$$C.U.O. = \frac{414.85 \text{ \$/día}}{25 \text{ Ton./día}} = 16.60 \text{ \$/Ton.}$$

$$\text{COSTO UNITARIO DE OPERACION} = 16.60 \text{ \$/Ton.}$$

EL COSTO TOTAL UNITARIO SERA :

$$\begin{aligned} C.T.U. &= \text{Costo Unitario de Producción} + \text{Costo Unitario de Op.} \\ &= 130.68 + 16.60 = 147.28 \text{ \$/Ton.} \end{aligned}$$

$$\text{COSTO TOTAL UNITARIO} = 147.28 \text{ \$/Ton.}$$

El costo total el año será :

Costo Total Anual = Costo Total Unitario x Producción anual.

$$\text{Costo Total Anual} = 147.28 \frac{\$}{\text{Ton}} \times 9,125 \frac{\text{Ton}}{\text{Año}} = 1,343,930.00$$

COSTOS TOTALES = 1,343,930.00 \$/año

E.- Precio de Venta.

El Precio de Venta de la cal hidratada, no se puede fijar para obtener una determinada utilidad, sino que está fijado por la Secretaría de Industria y Comercio con un precio tope de 180.00 \$/Ton.

En, oase a lo anterior, calcularemos la Utilidad de Ventas:

Costo Total + Utilidad de Ventas = Precio de Venta

$$147.28 \text{ \$/Ton.} + \text{Ut. de Ventas} = 180.00 \text{ \$/Ton.}$$

$$\text{Utilidad de Ventas} = 180.00 - 147.28$$

$$\text{UTILIDAD DE VENTAS} = 32.72 \text{ \$/Ton.}$$

NOTA: Los cálculos de Costos de Producción y Gastos de Operación están hechos en base al salario mínimo existente en el Estado, es decir a los que regirán en 1974; Haciendo notar este hecho, porque ya existe una petición formal de los caleros ante Industria y Comercio para poder elevar el precio del producto, ya que han aumentado sus costos y no les han dejado elevar el precio de la cal hidratada. Por consiguiente, se espera obtener una mayor Utilidad a la calculada si la fábrica se instala en el próximo año (1974)

E.- Punto de Equilibrio.

El punto de equilibrio económico de una empresa, es cuando sus ventas absorben los gastos y por lo tanto no existe utilidad en ese instante, aunque tampoco pérdida. Por consiguiente, el equilibrio económico se alcanza cuando :

Gastos Fijos + Gastos Variables = Ventas Totales.

Si relacionamos los gastos fijos con las ventas, en base al resultado que se obtiene, encontraremos el volumen mínimo de ventas que necesita la empresa para no perder, entendiéndose que el volumen de ventas que se logren superando ese punto, llevará un porcentaje de utilidad.

La fórmula a usar es : $Q = \frac{F}{P-V}$

Donde : Q = Cantidad de Unidades en el Punto de Equilibrio.

F = Costos Fijos

P = Precio de Venta

V = Costos Variables por Unidad

Otra forma : $E = \frac{X}{1 - Y}$

donde : E = Punto de Equilibrio

X = Gastos Fijos

Y = Gastos Variables/ Ventas Totales.

Por consiguiente, para calcular el punto de equilibrio de nuestra empresa, necesitaremos los siguientes valores :

- 1) Ventas Anuales
- 2) Costos Fijos y
- 3) Costos Variables.

1) Ventas Anuales.- En base al análisis de oferta-demanda(Capítulo IV) podemos suponer que toda nuestra producción se venderá y por lo tanto:

Ventas Anuales = Producción Anual x Precio de Venta Unitario.

$$9,125 \frac{\text{Ton.}}{\text{año}} \times 180.00 \frac{\$}{\text{Ton.}} = 1,642,500 \frac{\$}{\text{año}}$$

$$\text{VENTAS ANUALES} = 1,642,500.00 \frac{\$}{\text{año}}$$

2) Costos Fijos.- Son aquellos que permanecen constantes en su magnitud, independientemente de los cambios registrados en el volumen de producción o ventas. Dentro de este tipo de costos se hallan :

Mano de Obra Indirecta	= \$ 21,900.00
Mantenimiento y Varios	= \$ 25,200.00
Depreciación	= \$ 60,000.00
Impuesto Predial	= \$ 240.00
Gastos de Anon. y Ventas	= \$ 151,470.00

COSTOS FIJOS (anuales)..... = \$ 259,810.00

3) Costos Variables.

Son aquellos cuyo magnitud cambia en razón directa del volumen de producción o ventas. Dentro de este tipo de costos se hallan (para nuestro caso) :

Costo de Materia Prima Directa	= \$ 210,240.00
Costo de Mano de Obra Directa	= \$ 246,740.00
Gastos Indirectos de Producción (Servicios, empaques, útiles de trabajo, materias primas Aux.)	= \$ 628,354.00
<u>COSTOS VARIABLES</u>	<u>= \$ 1,085,334.00</u>

Ya con los datos anteriores, podemos calcular el punto de equilibrio.:

$$E = \frac{X}{1 - Y} = \frac{259,810.00}{1 - \frac{1,085,334.00}{1,642,500.00}} = \frac{259,810.00}{0.334} = 777,874.2$$

$$\underline{\underline{E = \$ 777,874.2}}$$

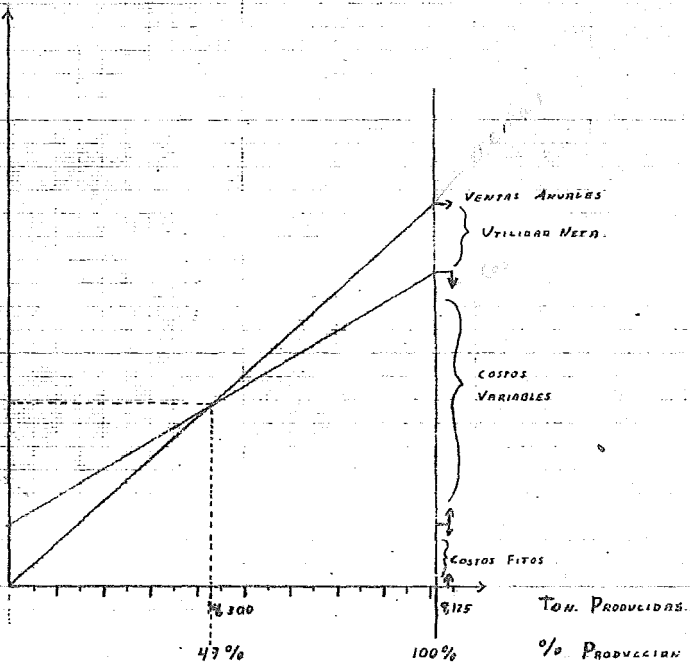
En la siguiente gráfica, se observa que el punto de equilibrio corresponde para una producción equivalente al 47 % de la producción estimada.

PERÍODO: 1 año.

Miles de \$

2

1



F.- RESULTADOS. Todos los cálculos y resultados son anuales;
 La unidad usada es la tonelada.

PRODUCCION ANUAL		=	9,125 Ton.
INVERSION TOTAL		=	\$ 1,355,000.00
PRECIO UNITARIO DE CAL HIDRATA DA		=	\$ 180.00
PUNTO DE EQUILIBRIO (ventas)		=	\$ 777,874.20
	(% producción)	=	47 %
- Ventas Brutas	= \$ 1,642,500.00		
- Descuentos, etc(1%)	= \$ 16,425.00		
	<hr/>		
- VENTAS NETAS	= \$ 1,626,075.00	=	\$ 1,626,075.00
- Costos de Prod.	= \$ 1,192,455.00		
	<hr/>		
- UTILIDAD BRUTA	= \$ 433,620.00	=	\$ 433,620.00
- Gastos de Op.	= \$ 151,470.00		
	<hr/>		
- UTILIDAD DE OP.	= \$ 282,150.00	=	\$ 282,150.00
- Otros gastos	= \$ 5,000.00		
	<hr/>		
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	= \$ 277,150.00	=	\$ 277,150.00
- Impuestos(30 %)	= \$ 83,145.00		
	<hr/>		
UTILIDAD NETA	= \$ 194,005.00	=	\$ 194,005.00

UTILIDAD NETA = \$ 194,000

RENDIMIENTO SOBRE LA INVERSIÓN ;

$$\% \text{ Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad Neta} \times 100}{\text{Inversión Total}} = \frac{194,005 \times 100}{1,355,000} =$$

$$\underline{\underline{\% \text{ RENTABILIDAD} = 14.3}}$$

Tiempo de Recuperación.: Para el cálculo del tiempo en que se recupera la inversión se utiliza la siguiente fórmula :

$$D = \frac{It.}{U_{net.} + 0.05 It.}$$

donde:

It. = Inversión Total.

U net. = Utilidad neta.

0.05 = Devaluación de la
Moneda en un 5 %

D = Años en Recuperar.

$$D = \frac{1,355,000.00}{194,005.00 + 0.05(1,355,000.00)}$$

$$\underline{\underline{D = 5.18 \text{ años}}}$$

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se dan para un mejor funcionamiento de la planta y disminución de accidentes de trabajo son las siguientes :

1.- La contratación de un hombre de confianza para que vigile y reciba la piedra caliza con los requisitos que se exigen de tamaño(10 a 20 cm.) y producción diaria para el funcionamiento de la planta; así mismo deberá tener especial cuidado en que la cantidad de piedra caliza que cubique, - presente la menor cantidad posible de "huecos" para evitar nos aumente el costo de la extracción.

2.- Tener siempre en almacén una cantidad suficiente de caliza por cualquier circunstancia imprevista(mínimo para que la planta trabaje durante un mes con dichas reservas). La misma recomendación se hace para el combustible, principalmente en la época de la "zafra", (Noviembre a Marzo) durante la cual , el combustible tardan en surtirlo un poco más de lo normal(llega a tardar hasta 21 días).

3.- En la operación de la calcinación debe de existir un hornero de gran experiencia, ya que es bastante difícil predecir cuándo debe hacerse la descarga del horno o que tiempo hay que esperar; también, sin necesidad de aparatos nos podrá decir si el horno está muy caliente o demasiado frío. Lo mismo se recomienda para la Hidratación, es decir, un obrero hidratador que sin necesidad de aparatos podrá saber si le falta o le sobra agua a la cal que estará hidratando.

4.- Después de la hidratación, es importante dejar reposar la cal hidratada por lo menos durante 24 horas para que se pueda seguir hidratando y de ésta manera, lograr un producto final de mayor calidad y mucho más homogéneo.

5.- Siendo la reacción de óxido de calcio + agua muy exotérmica, deben tomarse las debidas precauciones (guantes y mascarilla) por los obreros que la manejan y los que estén cerca de donde se pueda efectuar la reacción, pues ésta alcanza temperaturas entre 150 y 160°C.

6.- Como última recomendación, propongo la creación de una escuela de capacitación obrera, la cual daría ayuda a la atracción de nuevas industrias a la región, creándose nuevas fuentes de trabajo y un nivel de vida superior para todos los habitantes de la ciudad de Chignahuapan y sus alrededores.

CAPITULO IX

CONCLUSIONES

- 1.- De acuerdo a los resultados económicos (rentabilidad, tiempo de recuperación, etc.), si es factible la instalación de la fábrica en Chignahuapan, Pue.
- 2.- Debido a que la demanda de cal hidratada es bastante mayor que la oferta, uno de los fines de la empresa ya constituida deberá ser el de incrementar la producción (al coble como mínimo), para aumentar las utilidades de la empresa, ya que si, por ejemplo, se duplicara la producción, los costos totales no variarían en esa proporción, sino en una mucho menor.
- 3.- Si se logra obtener el aumento de precio a \$20 \$/Ton., la rentabilidad del capital invertido en la empresa, se elevará del 14 % calculado para el precio actual a un 20 % .

- 4.- Se logrará una disminución en el precio de venta al público, lo que repercutirá en beneficio de la localidad al reducirse los costos en las construcciones.
- 5.- Se ofrecerá empleo a 40 personas de la localidad y se tendrá una derrama de sueldos y salarios por \$ 570,000.00 anuales.
- 6.- Instalándose la fábrica, se ayudará en una pequeñísima proporción a la descentralización de la industria en nuestro país.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Prontuario del Cemento.
Labahn-Kaminsky.
4a. Edición.
Editorial; E.T.A.S.A.
Barcelona, España.
1970.
- 2.- Tratado de Construcción.
Antonio Miguel Saad.
Editorial; C.E.C.S.A.
2a. Edición.
México, D.F.
1961.
- 3.- Chemical Engineers' Handbook
Perry J.F.
Fourth Edition.
Mc. Graw-Hill Book Co.
New York, U.S.A.
1963.
- 4.- Contabilidad de Costos.
Pérez de León Ortega Armando.
1a. Edición.
Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana.
México, D.F.
1963.

- 5.- Operaciones Básicas de Ingeniería Química.
Mc. Cabe-Smith.
1^a. Edición.
Editorial Reverté, S.A.
Barcelona, España.
1969.
- 6.- Termodinámica Para Químicos.
S. Glasstone.
5^a. Edición.
Aguilar, S.A. de Ediciones.
Madrid, España.
1966.
- 7.- Principios y Cálculos Básicos en la Ingeniería Química.
David M. Himmelblau.
1^a. Edición.
Editorial C.E.C.S.A.
México, L.F.
1970.
- 8.- Principios de los Procesos Químicos.
Volumen II. Termodinámica.
Hougen-Watson-Ragatz.
Editorial Reverté.
Barcelona, España.
1964.
- 9.- Book of A.S.T.M. Standards.
Volumen 9.
Cement, Lime, Gypsum.
Editado por A.S.T.M.
Philadelphia, U.S.A.
1964.
- 10.- Physical and Chemical Characteristics of Limestone.
N. Rockwood.
Rock Products.
Abril, 1951.
- 11.- Fuel Economy.
V. Azbe.
Rock Products.
April-December, 1951.

12.- Lime Manufacture.

V. Azbe.

Rock Products.

February-December, 1953.

13.- Production of Kiln Stone.

V. Azbe.

Rock Products.

September, 1950.

14.- Design Pointers Facilitate Lime Plant Planning.

David F. Drinkhouse.

Rock Products.

July, 1973.

15.- The Markets for Lime.

Sionev Levine.

Rock Products.

July, 1973.

16.- Anuario de Precios.

Cámara Nacional de la Industria de la Construcción

1973.