

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

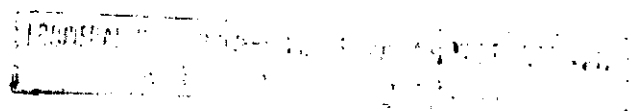
IMPLEMENTACION DE UNA FABRICA DE CAL
(PERFIL)

TESIS
PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
POR

CARLOS FRANCISCO AVILA RODRIGUEZ

AL CONFERIRSELE SU TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRUERO DE 1974



08

T(3632)

C-4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

IMPLEMENTACION DE UNA FABRICA DE CAL
(PERFIL)

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.



CARLOS FRANCISCO AVILA RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Julio Ismael González Podszueck
VOCAL PRIMERO: Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL SEGUNDO: Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL TERCERO: Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL CUARTO: Br. Fernando Waldemar de León Contreras
VOCAL QUINTO: Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
SECRETARIO: Ing. Francisco Javier González López

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO: Ing. Jorge Mario Morales González
EXAMINADOR: Ing. Sergio Rolando Perdomo Córdón
EXAMINADOR: Ing. Aura Estela Corona de León
EXAMINADOR: Ing. Julio Guillermo Fernandez Fuentes
SECRETARIO: Ing. Edgar José Aurelio Bravati Castro

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Adrián Byron Y. Moia Vidaurte
Ing. Mecánico-Industrial
M. Sc. Geología

Atentamente,

Atentamente me permito comunicarle que he tenido a la vista el informe final de la tesis de graduación del estudiante Carlos Francisco Avila Rodriguez, carnet No. 86-12729, titulado "Implementación de una fábrica de cal (perfil)" y, después de realizar las revisiones correspondientes, he encontrado que la misma es satisfactoria, procediendo por este medio a su aprobación final.

El autor de esta tesis y el suscrito asesor de la misma, nos responsabilizamos por el contenido y conclusiones que en ella se exponen.

Estimado Señor Director:

Ingeniero
Roberto Valle Gonzalez
Director Escuela de Ingeniería Mecánica-Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala

Guatemala, 4 de mayo de 1995



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del Área Administrativa de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, al contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado IMPLEMENTACION DE UNA FABRICA DE CAL (PERFIL) presentado por el estudiante universitario Carlos Francisco Ávila Rodríguez, recomienda la aprobación del presente trabajo.

ID Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Francisco Gómez Rivera
COORDINADOR

Ing. Francisco Gómez Rivera
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 1,995.

/emds

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



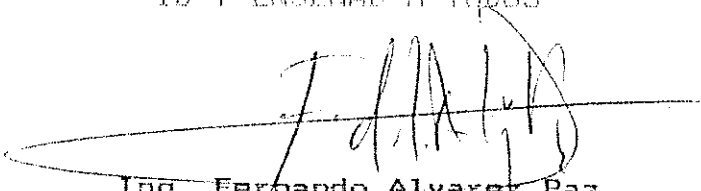
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador General de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y del Licenciado en Letras, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, así como el contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado **IMPLEMENTACION DE UNA FABRICA DE CAL (Perfil)**, presentado por el estudiante Carlos Francisco Avila Rodríguez, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Fernando Alvarez Paz
COORDINADOR GENERAL DE TESIS
INGENIERÍA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, noviembre de 1,995.

Biblioteca Central



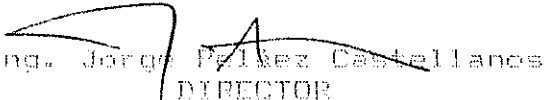
FACULTAD DE INGENIERIA

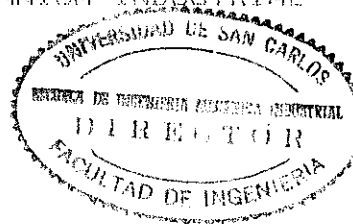
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Área y del Coordinador General de Revisión de Tesis, al trabajo de tesis titulado **IMPLEMENTACION DE UNA FABRICA DE CAL (Perfil)** presentado por el estudiante **Carlos Francisco Avila Rodriguez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

LEY Y VERDAD A TODOS


Ing. Jorge Pérez Castellanos
DIRECTOR
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, febrero de 1,976.

emc:

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **IMPLEMENTACION DE UNA FABRICA DE CAL (Perfil)** presentado por el estudiante **Carlos Francisco Avila Rodríguez**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO



Guatemala, febrero de 1,996

cmd/s

ACTO QUE DEDICO:

A: JESUCRISTO

Por su gracia y misericordia sobre mi vida y ser ahora mi pasado, mi presente y mi futuro. Porque hay un unico Dios y un solo mediador entre Dios y los hombres, Cristo Jesús hecho hombre.

MI FAMILIA

Nydia Eunice, Francisco Antonio, Pablo Daniel y Samuel Esteban Avila Sazo.

Por ser columna de apoyo moral y espiritual

MIS PADRES

Carlos Francisco Avila de León y Elsa Virginia Rodriguez de Avila

vasos de honra a quienes me debo

MIS ABUELOS

Justo Rufino Mejia Soto (Q.P.D)
Isabel Victoriana de León Solis
Eluvia Vda. de de León (Q.P.D)

Gratitud por su apoyo incondicional

MIS HERMANOS

Geovany Estuardo, Mynor Salvador,
Virginia Isabel y Fabiola del Carmen

Por sus bendiciones espirituales

MIS SUEGROS

Gabriel Quezada Dominguez
Graciela Escobar

Por su confianza y apoyo

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas personas que de una u otra manera cooperaron para que la realización de esta tesis llegara a su culminación y en especial al Ing. Adrián Byron Yuri Mota Vidaurre por su colaboración incondicional y profesional en el ramo.

IMPLEMENTACION DE UNA FABRICA DE CAL (PERFIL)

INDICE

<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
INTRODUCCION	
OBJETIVOS	
FASE I	
CAPITULO 1	
MARCO CONCEPTUAL DE LA CAL	
A. Historia y descripción del elemento	3
B. Usos y economía	5
C. Tipos de cal	7
D. Especificaciones	8
E. Componentes	11
F. Edad	12
G. Calidad en la conversión (calcinación)	13
H. Estudio geográfico y geológico (sector a ubicarnos para la obtención de la materia prima)	<u>14</u>
CAPITULO 2	
PROCESO PRODUCTIVO DE LA CAL	
A. Producción	21
a.1 Trituración	21
a.2 Alimentación	22
a.3 Calcinación	22
a.4 Hidratación	25

DESCRIPCION

PAGINA

b.4.7 Equipos complementarios	
b 4.7.1 Calderería general	
b 4.7.1.1 Fase de trituración	54
b 4.7.1.2 Fase de calcinación	54
b 4.7.1.3 Fase de hidratación	54
b 4.7.1.4 Fase de molienda de cal hidratada	55
b 4.7.1.5 Manejo de crudos	55
b 4.7.2 Suministro de agua a hidratación	55
b 4.7.3 Equipo eléctrico	55

CAPITULO 5

COSTO - BENEFICIO

ANTECEDENTES Y DESCRIPCION DEL PROYECTO

A. Información sobre el mercado	58
a.1 Demanda	59
a.2 Demanda futura	60
B. Plan de inversiones	62
C. Requerimientos financieros	63
D. Costos de Producción	64
E. Producción e ingresos	64
F. Análisis económico financiero	65
G. Estados financieros proyectados	67
H. Beneficios económicos y sociales del proyecto	68

<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73
APENDICES	75

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis, "Implementación de una fábrica de cal" (perfil), tiene su origen en la preocupación de requerimientos de materias primas que hasta el momento son escasas dentro de la industria guatemalteca.

El proyecto que se presenta es la respuesta a la necesidad de la cal en nuestro medio; la instalación y puesta en marcha de una fábrica de esta naturaleza es un reto, ya que involucra contar con un alto capital de inversión.

Este tema se presentará en dos fases importantes:

FASE I: historia, atributos y especificaciones de la cal.

FASE II: implementación y análisis industrial, estudio de mercado, estudio técnico, proceso de producción y estudio financiero.

OBJETIVOS

GENERAL:

Generar un documento técnico útil que sea utilizable como base o punto de partida en la implementación o evaluación económica de un proyecto práctico real.

ESPECÍFICOS:

- a) Describir el proceso industrial de la cal y sus productos complementarios.
- b) Establecer los parámetros para implementar un proyecto de esta naturaleza y cómo determinar el respaldo financiero necesario para este tipo de inversión.
- c) Proveer un documento de consulta para proyectos en los que se involucre la ingeniería industrial.

FASE I

CAPITULO 1

MARCO CONCEPTUAL DE LA CAL

A. HISTORIA Y DESCRIPCIÓN DE LA CAL

HISTORIA:

La fabricación de cal y sus aplicaciones pueden investigarse desde mucho antes de la civilización romana, griega y egipcia; la primera noticia escrita proviene de los romanos. En su libro "De architectura", Marcus Pollio, famoso ingeniero y arquitecto (27 a. de C. - 14 d. de C.), trata el empleo de la cal para morteros en la construcción de trabajos portuarios, pavimentos y edificios. En Guatemala en la época colonial, la calcinación tosca de la piedra caliza fue uno de los procesos iniciales de manufactura. Se empleaban hornos de "trinchera" contruidos con ladrillo en la ladera de una colina, con fuego de carbón o leña en el fondo, y tiempo de cocimiento de 72 horas. Estos hornos se pueden observar todavía en algunas regiones del país. No fue sino hasta hace unos pocos años que bajo la influencia de la investigación en la Ingeniería Química, la manufactura de la cal se desarrollo para formar una industria bajo control técnico exacto de la cual resultan productos uniformes a un costo más bajo. (1)

DESCRIPCIÓN DE LA CAL:

La cal viva es una sustancia blanca, cáustica, alcalina, muy ávida del agua con la que reacciona desprendiendo calor y formando hidróxido de calcio. Se obtiene calcinando a unos 1000°C el carbonato de calcio usualmente como caliza. La cal apagada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) es un polvo blanco, ligeramente soluble en agua, a la que comunica reacción alcalina y que reacciona lentamente con el anhídrido carbónico del aire para formar carbonato de calcio (CaCO_3). Cal es el nombre común dado a dos sustancias: cal viva

(1) W.H. Taylor. Manual de procesos quimicos en la industria. 2a. edición. Australia: edit. McGraw Hill
1.978. 160 pp

(óxido de calcio CaO) y cal apagada, o de acuerdo con los términos empleados en Guatemala, cal hidratada (hidróxido de calcio, Ca(OH)_2).

La cal se obtiene de la piedra caliza, la cual tiene que reunir algunas propiedades y componentes para que se pueda producir una cal de buena calidad. La piedra caliza es un componente de la corteza terrestre y se considera una roca de origen sedimentario que se forma en el fondo de los mares por acción química y orgánica. (2)

La cal obtenida por calcinación de calizas arcillosas se puede utilizar en construcción, mezclando la cal hidratada resultante con arena y agua para obtener mortero; éste se emplea en construcción y se endurece al contacto con el aire al perder agua y absorber anhídrido carbónico, con lo que la cal se convierte en carbonato de calcio (CaCO_3). La cal de calizas arcillosas tiene propiedades adicionales a la de una cal pura; generalmente se produce una reacción puzolánica entre la cal y la arcilla, que le da una mayor resistencia a edades mayores de 28 días. La trabajabilidad también es generalmente mejor.

El carbonato de calcio (o de calcio y magnesio) en la piedra caliza se puede encontrar en distintas formas por ejemplo, como dolomita, aragonito o calcita. La dolomita es un carbonato doble de calcio y magnesio. El aragonito y la calcita son dos formas cristalinas del carbonato de calcio. Se pueden diferenciar por medio de sus propiedades ópticas y cristalográficas; por ejemplo, la dolomita y la calcita cristalizan en forma hexagonal y romboédrica, mientras el aragonito cristaliza en forma prismática en macclas de 4 individuos del sistema rómbico. (3)

La cal se fabrica o procesa por medio de la calcinación de caliza en hornos de unos 40 pies de altura por 10 pies de

(2) DE LEON GREGORIO, Manuel. Estudio del Grado de Conversión de la caliza Dolomítica. (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos De Guatemala). Guatemala, Febrero de 1990. 120pp.

(3) W.H., Taylor. Manual de procesos químicos en la industria. 2a. edición. Australia: edit. McGraw Hill. 1978. 160 pp.

diámetro, a temperaturas que varían de 746 °C a 1079°C. Una composición química típica, en porcentajes es: óxido de calcio (CaO), 97%; óxido de hierro (Fe₂O₃), 1.3%; sílice (SiO₂), 1.0%; óxido de magnesio (MgO), 0.7%.

La cal viva reacciona rápidamente con agua con mucho desprendimiento de calor y forma hidrato de calcio (CaH₂O₂). Con una adición apropiada de agua, se vuelve plástica (capacidad de la masa de cal para cambiar su forma cuando se le somete a presión sin que se produzca la ruptura y para retener la forma alterada de la misma) y el volumen de pasta obtenido es igual a 2 o 3 veces el que ocupaba la cal suelta antes de apagarla; su peso es unas 2 ½ veces el peso de la cal inicial.

La cal plástica fragua por secado al aire, por cristalización del hidrato de calcio y por absorción del bióxido de carbono del aire.

El proceso de endurecimiento es sumamente lento. Si la cal no está bien hidratada al emplearse en construcción, es probable que se produzcan reventones del repello o cernido. Se puede asegurar que una cal no se "reviente" al aplicarla a una pared si se deja hidratar 3 o 4 días sumergida en agua. Usualmente, las rajaduras observables aducibles a la cal se deben a la presencia de óxidos no hidratados (generalmente de magnesio) que al hidratarse se expanden con el consiguiente aumento de volumen. La otra falla común de repellos son grietas de contracción (contrarias a las que causan los óxidos no hidratados) que no son atribuibles a la cal, sino a los agregados que pueden contener arcillas que al desecarse se contraen. Esto ocurre especialmente cuando se usa arena amarilla con alto contenido de arcillas.

Los morteros hechos sólo con cal no son satisfactorios para muros gruesos debido a su fraguado lento.

B. USOS Y ECONOMÍA

Ya sea en forma directa o indirecta, la piedra caliza y la cal se emplean en más industrias que ninguna otra sustancia natural.

La cal puede utilizarse como insecticida, como corrector de

ph y fuente de calcio y magnesio para las plantas y los animales, para la absorción de los gases en la precipitación, deshidratación, caustificación; reactivo en el proceso del sulfito para la fabricación de papel; también se emplea en curtiembre para eliminar el pelo de los cuerpos; en la manufactura del acero y del cemento de alto grado, en el ablandamiento de agua, en la recuperación de los subproductos del amoníaco; en el proceso del jabón, hule, barnices, refractarios, y ladrillos de arena-cal. (4)

En Guatemala, se usa extensamente para clarificar jugo de caña en los ingenios azucareros.

Para propósitos químicos, se requiere alto contenido de calcio, excepto para el proceso de sulfito para papel, en el que la cal magnesiana opera con mejores resultados.

La cal se vende por lo general como cal hidratada rica en calcio, que contiene no menos del 90% de Ca, entre 0 y 5% de magnesio y pequeños porcentajes de impurezas tales como : carbonato de calcio (CaCO_3), sílice (SiO_2), alúmina u óxido de aluminio (Al_2O_3), óxido férrico (Fe_2O_3), óxido de sodio (Na_2O), azufre en forma de sulfato (SO_4), fósforo en forma de fosfato (PO_4) y materia carbonácea. (5)

La producción de cal en Guatemala era de 19.3×10^6 t en 1972, con un valor de \$ 341.10 millones de dólares. La producción durante 1979 fue de 19×10^6 toneladas, para los años subsiguientes la producción de cal ha sufrido altibajos partiendo desde el año 1986, con una producción de 10.09×10^6 toneladas, 1987 con una producción de 10.92×10^6 toneladas; 1988 con una producción de 11.79×10^6 toneladas; 1989 con una producción de 13.33×10^6 toneladas, y 1990 con una producción de 13.39×10^6 toneladas; se observa que se ha venido recuperando la producción a una tasa del 7.1% anual. (6)

(4) W.H., Taylor. Manual de procesos químicos en la industria. 2a. edición. Australia: edit. McGraw Hill, 1.978. 160pp.

(5) W.H., Taylor. Manual de procesos químicos en la industria. 2a. edición. Australia: edit. McGraw Hill, 1.978. 160 pp.

(6) Fuente : Ministerio de Energía y minas. 1992.

C. TIPOS DE CAL

Existen varios tipos distintos de cales según su composición (norma ASTM C 51-71 reprobada en 1981); los tipos de cal más utilizados en Guatemala son la cal viva, la cal hidratada y en pequeños porcentajes la cal magnesiana (7). Entre los diferentes tipos de cal encontramos los siguientes: (8)

La cal de magnesio:

Ésta se fabrica de caliza dolomítica con un 5% a un 35% de carbonato de magnesio ($MgCO_3$). Se emplea para los mismos fines que la cal común o de alto contenido de calcio. Se hidrata con más lentitud, desprende menos calor, se dilata o se expande menos; fragua con más rapidez y produce morteros de resistencia más elevada que la cal de alto contenido de calcio.

La cal hidráulica apagada:

Es el producto hidratado de la caliza impura calcinada que contiene suficiente sílice (SiO_2) y alúmina para permitir la formación de silicatos de calcio.

Se usa para hacer mezclas con cemento Portland y como cemento para albañilería.

La cal refractaria:

Se presenta en calidad de dolomita completamente calcinada o dolomita cruda; se emplea como material refractario de parchado en hornos; se aplica entre calentamientos para reparar puntos marcados y lavados en el fondo del horno de acero. En Guatemala, la dolomita se vende como "cal dolomítica" y se usa para corregir el pH de suelos y como fuente de calcio y magnesio.

(7) Fuente: norma (CAIT) 41019

(8) American Society For Testing and Materials, 4a. edición. México: Texto anual normas ASTM, 1986. 325 pp.

D. ESPECIFICACIONES

La Norma ICAITI 4101B contiene las especificaciones de la cal hidratada (Fuente: Normas ICAITI). Esta norma cubre cuatro tipos de cal hidratada para ser usados en la construcción. Los tipos normal y especial son apropiados para usarse en morteros, repello, enlucido, estuco y para la adición a concreto de cemento Portland. Los tipos normal con incorporador de aire y especial con incorporador de aire son también apropiados para cualquiera de los usos indicados anteriormente, cuando se desea tener propiedades inherentes a la incorporación de aire. Los tipos de cal que contiene incorporadores de aire (que usualmente no se producen en Guatemala) no deben ser usados para acabados finales por su alta plasticidad.

Cal viva:

Es la mezcla de óxido de calcio y magnesio obtenida por calcinación de la caliza, la cual consiste esencialmente de carbonato de calcio y una pequeña cantidad de carbonato de magnesio.

Cal hidratada:

Es el polvo seco obtenido al tratar la cal viva con suficiente agua para satisfacer su afinidad química por el agua, bajo las condiciones de hidratación. Consiste esencialmente de hidróxido de calcio o una mezcla de hidróxido de calcio, óxido de magnesio e hidróxido de magnesio.

Clasificación y designación:

La cal hidratada para ser usada en la construcción, se clasifica en los cuatro tipos siguientes:

1. Tipo normal
2. Tipo especial
3. Tipo normal con incorporador de aire
4. Tipo especial con incorporador de aire

Las cales hidratadas de los dos tipos especiales se diferencian de los dos tipos normales principalmente por su capacidad para desarrollar una alta plasticidad, superior retención de agua desde el principio, y por la limitación en su

contenido de óxido no hidratado.

La cal hidratada de los tipos normal y especial no deben contener aditivos para la incorporación de aire. El contenido de aire de los morteros hechos con cemento y cal hidratada tipos normal y especial no deben exceder a un 7% .

La cal hidratada de los tipos normal con incorporador de aire y especial con incorporador de aire, debe contener un aditivo incorporador de aire de la clase especificada (Fuente: Norma ICAITI 41 016.). El contenido de aire de los morteros hechos con cemento y cal hidratada de estos dos tipos deberá ser no menos de un 7% y no más del 14%, cuando se determine de acuerdo con el método de la norma ICAITI 41 019 h5. (Fuente: ICAITI)

Requisitos físicos y químicos

La cal hidratada para ser usada en la construcción debe cumplir con los requisitos físicos y químicos indicados en las tablas 1 y 2 del apéndice 1.

Muestreo:

El muestreo se debe realizar de acuerdo con la norma ICAITI 41 021. (Fuente: ICAITI)

Métodos de prueba:

Para determinar si la cal hidratada sometida a examen cumple con las especificaciones de la norma, se debe analizar de acuerdo con los métodos indicados en las normas ICAITI 41 019 y 41 020 (Fuente: ICAITI).

Bases de compra:

A requerimiento del comprador, el fabricante debe informar por escrito acerca de la naturaleza, cantidad e identidad del agente incorporador de aire usado y de cualquier aditivo que se haya empleado; asimismo, si se requiere, el fabricante debe proporcionar datos de análisis que prueben el cumplimiento de los aditivos empleados con las normas ICAITI 41 015 y 41 016 (Fuente: ICAITI).

Empaque:

Las bolsas para empaque del producto deberán cumplir como

mínimo con los siguientes requisitos:

1. Ser resistentes a la acción del producto.
2. Asegurar la protección del producto contra la acción de agentes externos que pueden alterar sus características físicas y/o químicas, cuando sea adecuadamente transportado y almacenado.
3. Poseer propiedades físicas y mecánicas que permitan los procesos de empaque manual o mecánico sin que haya pérdida de resistencia.
4. Resistir las condiciones de manejo, transporte y almacenamiento apropiados.

Rótulo o etiqueta:

Los rótulos deberán ser fácilmente legibles a simple vista, redactados en español y en otro idioma si las necesidades de algún país así lo dispusieran, y hechas en forma tal que no desaparezcan bajo condiciones de manejo normal. No podrán tener ninguna leyenda de significado ambiguo que pueda inducir a engaño ni descripción de características del producto que no se puedan comprobar. El rótulo deberá llevar como mínimo las siguientes indicaciones:

1. Las palabras "cal hidratada"
2. El tipo de cal
3. Si la cal hidratada es de algunos de los tipos incorporadores de aire, deberá llevar la expresión "con incorporador de aire".
4. El nombre y marca del fabricante
5. La masa neta en unidades del sistema Internacional, SI.
6. En los documentos de embarque que acompañe a cualquier envío se deberá proporcionar información similar a la indicada en el concepto Rótulo.

Almacenamiento y transporte:

El almacenamiento se deberá hacer en forma tal que permita un fácil acceso para inspección e identificación del producto, en un edificio a prueba de intemperie que proteja a la cal contra la humedad, y que reduzca al mínimo el deterioro de la misma.

El transporte deberá realizarse en vehículos debidamente

cubiertos que protejan al producto contra la lluvia.

E. COMPONENTES

Las propiedades de la cal varían de acuerdo a las propiedades de la caliza que se calcina, dependiendo de los componentes y de las impurezas que contenga la roca.

Las propiedades físicas más importantes de la caliza son:

Color:

Las calizas ricas en calcio y dolomíticas son blancas cuando son puras pero ordinariamente su color varía entre el gris y el negro debido a las impurezas orgánicas que contienen. El óxido férrico les da un color rojizo amarillo o pardo, producto de la oxidación de metales. Pueden tener bandas de distintos colores asociadas a las condiciones en las cuales se formó o modificó.

Densidad:

Esta varía según el contenido de humedad, textura y porosidad de la roca. A continuación se presentan algunos valores típicos:

DENSIDAD DE LA CALIZA

TIPO DE CALIZA	DENSIDAD (kg/m ³)
Comercialmente secada al aire	$1.922 \times 10^3 - 2.242 \times 10^3$
Comercialmente húmeda	$2.650 \times 10^3 - 2.883 \times 10^3$
Rica en calcio (d. real)	$2.650 \times 10^3 - 2.750 \times 10^3$
Dolomítica (d real)	$2.800 \times 10^3 - 2.900 \times 10^3$

(9)

Textura y dureza:

La textura se refiere al tamaño, uniformidad y disposición de los cristales de la roca. Mediante análisis de difracción de rayos X se ha determinado que todas las calizas tienen estructura cristalina. La dureza de la roca se ve afectada por la textura y dureza de los minerales que la componen. Casi todas las

(9) BENITEZ PACHECO, Ingrid Lorena. *Propiedades de la caliza*. (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala) Guatemala, 1977. pp 33.

calizas se rayan fácilmente con cuchillo (dureza entre 2 y 3 en la escala de Mohs). La dureza influye en la factibilidad para trabajarla, lo que es muy importante en el proceso de fabricación de la cal en la fase de trituración. Todas las calizas contienen sílice (SiO_2), a mayor contenido de sílice, mayor es la dureza.

F. EDAD

Origen e Influencia de la edad de la roca.

Como se mencionó anteriormente, la caliza es una roca de origen sedimentario que se forma generalmente en los mares por una acción química y orgánica. El componente calcio proviene de la desintegración de rocas ígneas y su posterior arrastre al mar.

Al llegar al océano, una parte del carbonato cálcico es precipitado por su menor solubilidad en el agua de mar, por la evaporación superficial y los cambios de temperatura, para formar

así la caliza que se conoce como caliza de origen químico. (10)

Además de las calizas de origen químico, existen calizas de origen orgánico que son las más comunes; formadas por arrecifes fósiles y en menor escala por conchas de moluscos cementados con calcita (coquinas).

Si una caliza es mecánicamente fraccionada y luego se redeposita y cementa, se le llama caliza de origen mecánico o brecha.

Debido a la forma en que se origina la caliza, los depósitos aparecen en capas horizontales o inclinadas, el espesor de cada capa varía enormemente y puede ser entrecortado por otros materiales. Entre una capa y otra pueden haber diferencias muy marcadas, según la época en que se formó cada una; algunas pueden ser de grano grueso y poroso, mientras que otras son muy densas.

La clasificación de las calizas según su formación geológica es de poca utilidad para la industria de la cal, la influencia de la edad en las propiedades de la roca tampoco es relevante porque el historial de presión, temperatura y adición o pérdida de componentes no es dependiente de la edad, sino de las condiciones

(10) American Society for Testing and Materials. Texto anual Normas ASTM, 1986.

en que la roca evoluciona.

G. CALIDAD EN LA CONVERSIÓN (CALCINACIÓN)

La caliza generalmente contiene carbonato de magnesio y según el porcentaje de este elemento que contenga, se puede clasificar con mayor facilidad. Si tiene un porcentaje inferior al 5%, la caliza es rica en calcio y se llama cálcica; si se encuentra en porcentajes mayores, la caliza es magnesiana. Cuando el carbonato de magnesio se encuentra en proporciones del 30% al 40% la caliza se conoce con el nombre de dolomita. A la roca compuesta principalmente de carbonato de magnesio se le llama magnesita. Una caliza con alto contenido de magnesio se calcina más rápido que una caliza de bajo contenido de magnesio. En Guatemala, las caleras tradicionales suelen calcinar caliza dolomítica o dolomita, dolomita, con lo cual se ahorra hasta un 20% de combustible. La cal resultante se hidrata lentamente con las consecuencias indicadas anteriormente.

La materia silícea presente en la caliza que no está en forma de arcillas puede presentarse en estado libre como arena, fragmentos de cuarzo y pedernal, en combinaciones con mica, feldespato, talco y serpentina. En la mayoría de las aplicaciones de la caliza, se desprecian las cantidades pequeñas de sílice, sin embargo, en cantidades mayores al 5% puede ser perjudicial para la calidad y el rendimiento en el procesamiento de la cal, pues al reaccionar con el óxido de calcio produce silicatos que se reúnen en la zona caliente del horno y obstaculizan el paso del material; además la sílice libre es muy dura y perjudicial para la cal.

Las calizas que contienen menos del 1% de alúmina (Al_2O_3) y menos del 2% de sílice (SiO_2), son las calizas metalúrgicas y químicas. Los compuestos de hierro son poco perjudiciales en el procesamiento de la cal, a menos que se necesite una cal muy pura. Generalmente el hierro se encuentra en forma de limonita o pirita.

Los compuestos de sodio y potasio están en pocas cantidades, y en algunos casos no se encuentran; estos compuestos no son

y en algunos casos no se encuentran; estos compuestos no son perjudiciales en el procesamiento de la cal porque se volatilizan en la calcinación al igual que la materia orgánica que se presenta en algunas ocasiones. Los compuestos de fósforo y azufre son impurezas muy perjudiciales en la cal; para que la cal sea aceptable, es necesario que estos componentes se encuentren en cantidades menores al 0.05% para el azufre y 0.02% para el fósforo. (11).

H. ESTUDIO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO.

Localización Industrial

Factores para la localización Industrial.

Una fábrica de esta naturaleza no puede ser ubicada dentro del perímetro urbano por lo que se puede hacer uso del Manual de Localización Industrial (11a). En vista de lo anterior, se debe determinar la porción del país que llena los requisitos mínimos de localización a través de los factores que afecten la región preliminar donde se ubicará la planta de producción de la fábrica que nos interesa instalar. Los factores que generalmente se consideran para una localización industrial fuera del área urbana de la ciudad de Guatemala, los cuales son como siguen:

REGIÓN:

- Materiales

Esto se refiere a la materia prima necesaria para producir o fabricar los productos de la planta procesadora. En la industria calera, es indispensable buscar regiones en donde existan yacimientos cercanos de caliza, ya que esta roca es la materia prima primordial de la fábrica; de lo contrario, los costos de transporte de materia prima serían muy elevados.

(11) DE LEON, Gregorio. Estudio del Grado de conversión de la Caliza dolomítica. (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala) Guatemala, 1,980. 170 pp.

(11a) MUNICIPALIDAD. Manual Proporcionado por la Municipalidad de Guatemala, para la localización e instalación de empresas industriales dentro del perímetro urbano. 2a. edición. Guatemala: S.P.A. 1985. 80 pp.

Partiendo de este factor, los lugares idóneos para la localización de la planta se sitúan en el oriente del país i.e., El Progreso, Izabal y lugares intermedios entre estos dos departamentos, ya que sus características geológicas indican la existencia de las materias primas requeridas en porcentajes superiores a cualquier otro lugar del país. Por lo tanto, esta región se ajusta a la calidad, homogeneidad y extensiones superficiales de terreno, requeridas para la explotación de caliza para producción de cal.

Mercado

Este factor no necesariamente tiende a influir en la localización de la planta, ya que generalmente los puntos de distribución suelen ubicarse cerca al mercado de consumo. Este tipo de fábrica, por otras características también aplicables a las de cemento, se ubican fuera del sector urbano, y distribuyen sus productos a través de locales ubicados en las ciudades.

Medios de transporte

Una región puede tener las materias primas en abundancia y el mercado de ventas cercano, pero si no existen en dicha región los medios necesarios par hacer funcionar toda la infraestructura de la planta, de nada servirá esta región, pues el sistema de transporte es la parte medular de la distribución y aprovisionamiento de la planta industrial en Guatemala. En este caso, el medio que se va a utilizar es el terrestre a través de camiones similar al usado por la industria cementera del país.

Combustibles

Este factor no es de relativa importancia, ya que los principales combustibles son Bunker y Diesel. La zona señalada para la ubicación de la planta como la más adecuada para este tipo de industria se encuentra dentro del recorrido por el cual ingresan al país algunos hidrocarburos combustibles.

Agua

Este es un líquido vital necesario en toda actividad humana; como factor industrial es de suma importancia, ya que se necesita agua para el proceso. Las zonas de Guatemala en que existen depósitos de caliza tienden a ser deficientes en fuentes de agua por la existencia de drenajes subterráneos (Karst).

No obstante lo anterior, en el oriente del país existen, por condiciones locales muy especiales, fuentes subterráneas que han sido evaluadas para distintos fines. Su existencia y aprovechamiento para la industria de la cal no implican un serio limitante para la implementación de este tipo de industria.

COMUNIDAD

Mano de obra

La calidad de la mano de obra disponible en toda comunidad se debe estudiar y si es posible se debe elaborar un perfil de los obreros existentes en las cercanías de la empresa que se evalúa. Así se puede dar una calificación adecuada a la comunidades, que depende de las necesidades que se tengan de mano de obra. Dicha calificación, finalmente, debe definir la mano de obra en calificada y no calificada. En el sector adecuado para este tipo de empresa, se encuentran operaciones industriales de gran envergadura, que podrían contribuir a que la mano de obra no fuera escasa. Empresas como Horcalsa, Coca-Cola, Pepsi Cola, y otras, contribuyen a que la mano de obra sea más calificada y proveen un buen indicativo para la contratación de la mano de obra necesaria, sin necesidad de recurrir a empleados que deban viajar grandes distancias para acudir a sus centros de trabajo.

Otras empresas existentes

Como se mencionó anteriormente, el sector descrito posee características idóneas de localización industrial para este caso, ya que existen muchas industrias que pueden proveer mano de obra adecuada y en algún momento, requerir del producto producido por la empresa estudiada.

Condiciones de nivel de vida

El nivel de vida del sector oscila en el rango de bajo-medio a bajo-alto entre otras cosas ya que no existen muchas operaciones agrícolas. La zona posee un alto grado de deseabilidad, ya que existen factores de accesibilidad muy positivos para un proyecto de tipo fabril.

Actitud de la comunidad

La actitud de la comunidad hacia instalaciones de tipo industrial es aceptable ya que genera fuentes de trabajo para la misma.

Bancos

Los servicios bancarios son necesarios para esta empresa, ya que los pagos de planilla requieren un flujo de efectivo alto; en el sector se encuentran varios bancos, entre ellos el Continental, Industrial, de la Construcción, Granai Townson, Del Café, De Occidente y otros, por lo que este servicio es bastante adecuado.

Protección Policiaca

El sector por estar cerca de algunas cabeceras departamentales y en una zona de alto tráfico vehicular, posee protección policiaca constante, pero este tipo de empresa debe contar con protección particular adicional.

Hospitales

Este factor se califica como adecuado ya que el sector también cuenta con servicios hospitalarios relativamente cercanos o de rápido acceso. Pese lo anterior, en este caso es necesario tener servicios médicos esenciales dentro de la empresa para atender accidentes de tipo industrial.

TERRENO

Es un factor muy importante debido al tipo de industria; para ello el tamaño de las instalaciones de la planta necesita de las dimensiones mínimas de área, considerando futuras expansiones de la planta. La topografía del sector denota que los terrenos poseen la materia prima dispuesta a explotarse según los estudios geológicos mencionados seguidamente. Las pendientes son adecuadas

para usar un sistema de gravedad, auxiliado por fajas transportadoras.

El factor costo es de suma importancia para la selección; se estima con base en valores de terrenos extraídos del lugar, que el valor unitario por metro cuadrado de terrenos asciende a Q 2.00/m². En la región, los terrenos poseen accesibilidad inmediata a la carretera CA-9 que conduce a la Ciudad de Guatemala vía El Progreso Guastatoya, por lo que se considera un factor satisfecho en su totalidad, y como se mencionó, es de suma importancia para la distribución y aprovisionamiento de la planta. Los terrenos cuentan con los servicios necesarios para la instalación de este tipo de plantas industriales, para lo cual sólo faltaría abastecer a los edificios industriales sus respectivos servicios. Las redes principales de distribución se sitúan a nivel de la carretera para los servicios más importantes. El servicio de drenajes es necesario diseñarlo por ser terrenos situados fuera del perímetro municipal.

METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE LA LOCALIZACIÓN

De acuerdo con los factores mencionados, el método de selección primaria más adecuado es el de centro de gravedad, por considerarse el de mejor aplicación para localizar el proyecto. En este método, se deben trazar coordenadas sobre un plano, específicamente sobre los mapas geográficos y geológicos (Sanarate 2160-II y el Progreso 2160-I, véase apéndice 2) del Instituto Geográfico Militar, calificando según su importancia relativa los factores. Finalmente, se obtiene el centro de gravedad de la siguiente forma:

Coordenada Horizontal (x)

Suma de los productos de la calificación de cada factor por su coordenada horizontal, dividida entre la suma de calificación de factores.

$$CH = \frac{\text{suma}(\text{calific. factor} \times \text{coord horiz.})}{\text{suma}(\text{calificación de factores})}$$

Coordenada vertical (y)

Suma de los productos de la calificación de cada factor por su coordenada vertical, dividida entre la suma de la calificación de factores.

$$CV = \frac{\text{sum(calific. factor x coord vertical)}}{\text{sum(calificación de factores)}}$$

La solución real será obtener un terreno lo más cercano al punto obtenido.

MÉTODOS PARA HACER LA SELECCIÓN FINAL

Análisis de costos

Este método implica fijar la producción esperada en cada sitio posible para la instalación y los costos de instalación y operación de cada uno de ellos. Estos datos se obtienen del estudio de mercado y de una planeación técnico-económica de la empresa. Debido a que la empresa necesita una extensión de terreno relativamente grande, un ensayo de aplicación del método de centro de gravedad arrojó el lugar denominado Jutiapilla, Agua Salóbrega, en el departamento de El Progreso.

Este método evalúa los factores siguientes:

Estudios previos, investigaciones, reportes, topografía diseño de la planta, estimaciones, distribución en planta, edificios, privilegios, derechos de vías, registro de títulos, permisos, materiales de construcción etc. Su descripción está fuera del alcance de esta tesis.

ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SECTOR

La evaluación geológica de una área puede comprender varios niveles y etapas; cuáles se ejecuten, depende de las características locales, el detalle que se desee y los recursos disponibles.

En el caso de caliza para una fabrica de cal, es recomendable realizar las siguientes:

1. Recopilación de información preexistente. Básicamente, mapas geológicos a escala 1:250,000 a 500,000; basándose en estos mapas

se delimitan las áreas en las cuales puede aflorar caliza en el sector del país en el cual se desea instalar la fábrica.

2. Reconocimiento geológico. Consiste en una visita al área de interés apoyada con mapas topográficos a gran escala, 1:50,000 por ejemplo. Sobre este mapa, se anotan los macro-tipos de roca y cualquier característica geológico-estructural sobresaliente. Se colectan muestras para análisis químico.

3. Mapeo geológico. Una vez se ha localizado un área con caliza, que es factible negociar para explotarla, se debe proceder a realizar un mapeo geológico tan detallado como sea posible; un mapeo a escala 1:500 es en la mayoría de los casos suficiente. Se colectan muestras para análisis químico.

4. Evaluación de reservas. Mediante la información proveída por el mapeo geológico y análisis de las muestras, se elabora un modelo químico-geológico de la cantera, con estimación de reservas geológicas, posibles y probadas.

5. Diseño de la explotación. Con la información interior, se diseña la forma en que se explotará la cantera, se definen límites de explotación, taludes finales, técnica de minado que se va a emplear, accesos, maquinaria y equipos necesarios. (11b)

CAPITULO 2.

PROCESO PRODUCTIVO DE LA CAL

A. PRODUCCIÓN

La cal se produce a partir de la piedra caliza, localizada cerca de los centros de consumo; en la ciudad de Guatemala, los centros de consumo se encuentran relativamente cerca, y una de las empresas que se dedica a procesar y distribuir dicho elemento es HORCALSA S.A., y es la que tiene abarcado un importante segmento del mercado.

Hornos de Cal S.A. es la única empresa en Guatemala que produce cal en hornos no tradicionales de relativa alta eficiencia. El combustible que emplea es búnker oil y diésel. Caleras San Miguel aunque ha tecnificado substancialmente su proceso, continúa empleando hornos tradicionales. El plano 1 del apéndice 4 presenta un ejemplo de una instalación típica de una fábrica de cal.

Anteriormente, casi toda la cal que se producía en los Estados Unidos se calcinaba en hornos rotatorios; actualmente ya existen sistemas más modernos de producción, como por ejemplo, hornos verticales.

Los hornos rotatorios suelen tener una capacidad hasta de 1500 t/día. En 1965; el horno rotatorio más grande producía sólo 600 t/día. Los diámetros son por lo general, alrededor de 5 mts. con longitudes de 45 a 60 mts. La relación de diámetro a radio es de 1:10 a 1:12. (13)

a.1 TRITURACIÓN

Esta fase es muy importante, ya que procesa la materia prima que va a alimentar el horno; para ello es necesario que toda la materia prima sea triturada y clasificada por tamaños adecuadamente para poder ser calcinada; esta fase debe contar con alimentadores de cerro oscilante, trituradoras, cintas transportadoras, zarandas; esta maquinaria se describe más adelante en el inciso B.4.1.

Previo a la trituración, la materia prima debe ser

13) Véase inciso A.4.1 Horno Rotatorio

explotada.

El plano No. 2 en el apéndice 4, describe cómo se ejecutan las etapas en el proceso de producción de cal.

a.2 ALIMENTACIÓN

Una vez triturada y clasificada la materia prima, tiene que ser transportada al horno para pasar a la fase de calcinación. Esta fase debe contar por lo menos con la maquinaria descrita en el inciso B.4.1.

a.3 CALCINACIÓN

Es la etapa más importante del proceso de producción, ya que es donde se lleva a cabo la transformación de la materia prima; es aquí donde está el corazón de la fábrica. Durante la calcinación ocurre la reacción química siguiente:



H $_{1200-1300^\circ\text{C}}$ = + 4Gj/t de cal
producida.

Aunque las técnicas de calcinación cambian de un modo de producción a otro, el principio de procesamiento de la cal es siempre el mismo, que es obtener la descomposición de las calizas bajo el efecto del calor.

Según el tipo de caliza, la temperatura de descomposición del carbonato de calcio varía entre 900 °C y 1200-1300 °C. El efecto del calor sobre la caliza, en forma general, es el siguiente:

TEMPERATURAS DE CALCINACIÓN

Temperatura	Acción
150 - 450 °C	Evapora agua higroscópica
450 - 800 °C	Se disocian los carbonatos
800 - 900 °C	Se descompone la arcilla
> 900 °C	Adecuada para dar punto.

(14)

(14) MANUEL DE LEON, Gregorio. Estudio del grado de conversión de la caliza dolomítica. (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos) Guatemala, febrero de 1990, 150 pp.

En principio, parece que el calor empleado en evaporar el agua de cantera o higroscópica, es el calor perdido, pero no es así, Gay Lussac demostró que la presencia de agua y de vapor por ella producido facilitan el proceso de disociación.

Por medio de trabajos de laboratorio, se ha demostrado que la temperatura media de disociación del carbonato de calcio, a presión atmosférica, es de 898 °C y la del carbonato de magnesio es de 756 °C.

Los requerimientos teóricos de calor por tonelada métrica de cal producida, si la roca se calienta sólo a una temperatura de calcinación de 900 °C, son, aproximadamente, de 1.4 GJ para el calor sensible, y de 2.7 GJ para el calor latente. Las operaciones reales de calcinación, debido a consideraciones prácticas, p. ej., el tamaño del grumo y el tiempo, requieren que la roca se caliente entre 1200 a 1300 °C aumentando los requerimientos de calor sensible alrededor de 370 kJ. Así, los requerimientos prácticos de calor son aproximadamente 46J/t de cal producida. En un horno vertical, cerca del 40% es calor sensible; el resto es calor latente de descomposición. (15)

Temperaturas necesarias para la calcinación

Durante la calcinación, el volumen se contrae, y durante la hidratación se expande. La reacción de calcinación es reversible. Por debajo de 650 °C, la presión del equilibrio de descomposición del CO₂ es bastante pequeña entre 650 y 900 °C; la presión de descomposición aumenta rápidamente y alcanza 101 Kpa a más a menos 900 °C.

En la mayoría de los hornos, la presión parcial del CO₂ en los gases en contacto directo con la parte exterior de los grumos es inferior a 101 Kpa; por lo tanto, la descomposición inicial puede tener lugar a temperaturas poco inferiores a 900 °C.

(15) W.H. Taylor. Manual de procesos químicos en la industria. 2a. edición. Australia: edit. McGraw Hill, 1.978. 160 pp.

La temperatura de descomposición en el centro del grupo está probablemente por encima de los 900°C, ya que ahí la presión parcial del CO₂ no sólo es igual o cercana de la presión total, sino también debe ser lo suficientemente elevada para hacer que el gas se salga del grupo, donde puede entrar en la corriente gaseosa. El calor total requerido para la calcinación, por tonelada de cal producida, puede dividirse en dos partes: el calor sensible para elevar la roca a la temperatura de descomposición, y el calor latente de disociación.

Análisis térmicos diferenciales de dolomitas revelan que la disociación del carbonato de magnesio; se produce, en su mayor parte, entre 700 - 770 °C, y en algunos casos se produce un porcentaje entre 500 - 700 °C. En calizas ricas en calcio, la disociación se produce casi siempre entre 830 - 905 °C. (16)

Hay diferencias en la actividad de las calces ricas en calcio; las que han sido calcinadas a baja temperatura se hidratan con una violencia explosiva, mientras que las calcinadas a temperaturas más altas (pero durante el mismo tiempo) se hacen más duras y se hidratan más lentamente. Una cal sobre-calcinada ya no reacciona con agua, especialmente si se deriva de magnesita o dolomita. A esta cal se le llama "cal muerta" o "Dead Burned" en inglés; sólo tiene usos refractarios. Por otra parte, la reacción química que se produce al calcinar la piedra es reversible, es decir, el óxido de calcio y el bióxido de carbono producidos al descomponerse el carbonato, pueden combinarse de nuevo y volver a formarlo. Esto ocurrirá si se deja que se acumule el gas, porque su presión puede hacer que se invierta el sentido de la reacción. (17)

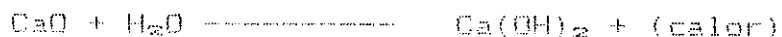
(16) W.H. Taylor. Manual de referencias químicas en la industria. 2ª. edición. Australia: edit. McGraw Hill, 1978. 160 pp.

(17) Entrevista personal con Ing. Byron Bola Vidaurra.

a.4 HIDRATACIÓN

La cal reacciona con el agua, y provoca un proceso exotérmico (produce calor); este proceso es llamado hidratación. El óxido de calcio se mezcla con el agua y da lugar al hidróxido de calcio, que genera calor y provoca un aumento de volumen, y se lleva a cabo la siguiente reacción:

cal de calcita:

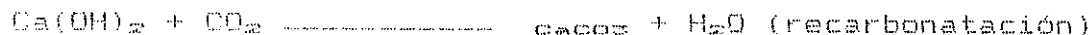
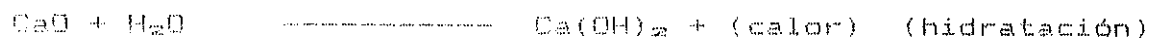


cal de dolomita:



La velocidad de reacción de la cal viva con el agua depende de las condiciones físicas, de la condición química y de la temperatura de cocción de la caliza.

La recarbonatación o el fraguado de la cal no se produce en condiciones anhidras. La humedad del aire cataliza la reacción entre el óxido de calcio y el bióxido de carbono del aire. La reacción general se produce mediante la formación del hidróxido, que después reacciona con el bióxido de carbono, que regenera el agua.



La recarbonatación atmosférica del óxido de magnesio es muy lenta, contraria a la del óxido de calcio que es relativamente rápida. A temperaturas ligeramente inferiores a las de disociación del carbonato de calcio, el óxido de calcio se recarbonata fácilmente en una atmósfera de bióxido de carbono.

El óxido de magnesio se recarbonata con gran dificultad, si es que llega a recarbonatarse a temperatura elevada cuando se expone al contacto de gas carbónico y precipitan los carbonatos; si continua el paso del gas, se redisuelven los precipitados de carbonatos con la formación de los bicarbonatos de calcio y magnesio.

La cal pueda ser apagada o hidratada por cualquiera de los métodos descritos a continuación:

a. Apagado espontáneo

La cal viva expuesta al aire absorbe humedad del ambiente y puede llegar a apagarse a través de un proceso muy lento teniendo el grave inconveniente de que al mismo tiempo del apagado, se verifica la recarbonatación por reacción con el anhídrido carbónico del ambiente según la ecuación:



b. Apagado por aspersion

Este método es muy primitivo, se realiza extendiendo la cal viva en capas de poco espesor sobre una superficie lisa y regándola con agua por cualquier procedimiento. De esta forma, se reduce por si misma de terrón a polvo de cal.

Para mejorar la eficiencia de este procedimiento es conveniente no remover la capa recién apagada ni esperar a que se apague completamente; sobre la misma se extiende una nueva capa que absorberá algo del exceso de humedad contenida en la primera capa; sobre ésta última se riega y se extiende otra capa y así sucesivamente, transmitiéndose la humedad contenida de una capa a otra. Este procedimiento tiene la ventaja de permitir que los vapores desprendidos que recorren la masa interna, lo hagan en forma ascendente completando el apagado del resto de la cal que no se hubiera apagado todavía.

c. Apagado por inmersión rápida

Para emplear este método es necesario reducir los trozos a tamaño de ± 2 cm, para evitar que el núcleo central de algún terrón grande no se apague completamente. La cal viva se coloca en recipientes de mimbre y se sumerge en el agua por 1 minuto aproximadamente para que se produzca un principio de efervescencia, se retira del agua y se deposita la cal en cajones de madera hasta que se reduzca a polvo. Este método es útil cuando existe escasez de agua.

d. Apagado por fusión

Por este método se obtiene la cal en pasta y consiste en adicionar a la cal una cantidad de agua de 2 a 3 veces el peso o volumen de cal, de modo que la cubra totalmente por un periodo aproximado de 8 horas.

Este método es el más apropiado para las cales con alto contenido de magnesio y para cales usadas en construcción para acabados finos como blanqueados y alisados.

La cal resultante es pastosa (lime putty en inglés); en algunos países, especialmente en Europa, se vende en bolsas plásticas selladas, y puede ser empleada directamente. Tiene el inconveniente del peso adicional por exceso de agua, pero esto garantiza una hidratación total. La cal no se recarbonata una vez la bolsa no sea abierta y expuesta al aire.

e. Apagado por autoclave

Este es un sistema muy utilizado en E.E.U.U.; varios autores afirman que las calizas dolomíticas no se apagan completamente por otros procesos y que en autoclave se apagan en su totalidad en un tiempo considerado rápido. La cal apagada en autoclave presenta, además, una plasticidad mucho más elevada que la de cal apagada a presión atmosférica.

Este método se realiza por medio de un aparato en forma de vasija cilíndrica similar a los empleados para la esterilización por vapor a presión y temperaturas elevadas.

f. Apagado en hidratadores mecánicos

Estos hidratadores mecánicos tienen como función principal obtener una dosificación perfecta de la mezcla de la cal viva y agua. El buen funcionamiento de estos hidratadores permite que se obtenga un material de muy buena calidad. Sin embargo, en este sistema de hidratación, se olvida a veces la necesidad de disipar la energía de hidratación. Cuando se hidrata una cal pura se genera suficiente vapor para evaporar una cantidad de agua de combinación; si este calor no se elimina, se elevará la

temperatura en el hidratador, y terminará la reacción antes de que se haya completado dicho proceso.

Para evitar esto, es necesario mezclar la cal viva con un exceso de agua para que por evaporación se elimine el calor sobrante. Estos aparatos deben ser alimentados con una cal uniforme, pues sólo de esta manera puede rendir un producto de calidad aceptable.

Se hace notar que los métodos más usados en Guatemala son:

- apagado espontáneo
- apagado por hidratadores mecánicos.
- apagado por fusión

a.5) PROCESO DE PRODUCCIÓN

a.5.1 Sistema para producir cal a partir de la piedra caliza pulverizada CaCO_3 .

La secuencia común para producir cal es: (18)

- 1) Extracción de la piedra caliza de la cantera.
- 2) Transporte de la roca al sitio en donde se encuentra el horno.
- 3) Selección de tipo de fabricación, ya sea en horno industrial o en horno tradicional.
- 4) Si se efectúa con horno industrial se tamiza para escoger entre varios tamaños (ejemplo: una piedra de 10 - 20 cm implica que todas las piezas que pasan una malla de 10 cm y que son retenidas en una malla de 20 cm, han sido separadas).
- 5) Se tritura y se clasifica, según el tamaño de la piedra, en trituradoras de quijada y zarandas.
- 6) Acarreo de las piedras grandes a la parte superior del horno industrial.
- 7) Transporte de los finos a un pulverizador por medio de fajas para hacer caliza pulverizada para utilidad agrícola y otros.
- 8) Hidratación de la cal
- 9) Empacado de la cal hidratada en bolsas de papel de 25 kg."
- 10) Si se escoge la producción en horno tradicional, se traslada la piedra al sitio del horno tradicional y se carga (ver capítulo 3, Hornos tradicionales).

(18) Véase gráfica No.2, apéndice 5. Sistema para producir cal a partir de la piedra caliza pulverizada CaCO_3

USOS INDUSTRIALES

Entre los más importantes empleos industriales de la cal en Guatemala, se encuentran los siguientes: para la construcción, para la producción de tortillas por medio del nixtamal (masa de maíz obtenido en Guatemala por medio de pequeños molinos que muelen el mismo), para el refinado de azúcar, para la producción de papel, para la purificación de gases, insecticidas, fungicidas, desinfectantes y pinturas.

En las fábricas de papel, el proceso del sulfito utiliza lechadas de cal, junto al anhídrido sulfuroso para obtener los disulfitos de calcio y magnesio del líquido ácido disolvente.

En las fábricas de vidrio, es el constituyente alcalino-terreo de la horneada que debe unirse con sílice.

La cal se emplea en la agricultura para corregir la acidez del suelo, granular los terrenos muy arcillosos y aportar nutrientes a los vegetales, asimismo, fomenta la digestión de otros fertilizantes, la descomposición de la materia vegetal para formar nitratos y contrarrestar ciertos venenos del suelo. Pocas plantas cultivables prefieren un terreno ácido; la mayoría prefiere una tierra que sea ligeramente alcalina o ácida sólo de manera moderada. Algunas como el trébol, la alfalfa y la remolacha prosperan más en terreno neutro. La acidez del suelo es un indicativo de la cantidad de cal que hay que añadirle.

Uno de los usos más comunes es el que tiene en la construcción, ya que la cal viene a aportar una participación directa de casi el 60%, pues se utiliza para blanqueados, cernidos, levantado de paredes de mampostería etc.

CAPITULO No. 3
CALERAS TRADICIONALES

A.1 La industria calera en Guatemala, desarrollo y procesos de producción utilizados.

En Guatemala, la industria calera aún se encuentra en su estado artesanal; la única Empresa que actualmente maneja tecnología industrial a gran escala para el procesamiento de la cal es "Hornos de cal S.A." -Horcalsa-, y tiene abarcado casi en su totalidad el mercado de la cal que cumple con las especificaciones dadas por ICAITI y Coguanor. La Calera San Miguel es otra empresa que produce cal de acuerdo con las normas de calidad, pero su proceso es aún muy rudimentario.

Hay múltiples caleras artesanales que trabajan la cal, la cual es utilizada en aplicaciones de bajo costo, tales como marcar cercos, decorar casas hechas en mampostería y en general cualquier otra aplicación.

La población de América Central depende en gran medida de los recursos forestales para satisfacer sus necesidades energéticas; en el año 1984, la biomasa, principalmente la leña, constituyó la fuente del 65 % de la energía total consumida en el istmo. Mientras tanto, según se estimó, la cubierta vegetal de bosque denso había quedado reducida al equivalente del 34 % del territorio total, debido a la continua destrucción a que ha estado sometida; esta destrucción es tal que, de continuar al mismo ritmo, la hará desaparecer totalmente hacia principios del siglo entrante.

Un 90 % de la leña es empleado para cocinar. El 10 % restante se emplea para la producción artesanal y tradicional de artículos como pan, ladrillos y tejas, cal, cerámica, sal, panela, y algunos procesos de secado. Muchas de estas actividades artesanales suelen estar concentradas en zonas geográficas reducidas (por causa de la disponibilidad de materia prima,

(19) Hornos de Leña para cal. ICAITI (1976)

mercados, etc.) y por su fuerte demanda de leña, son causa de una deforestación localizada.

Del 68 % de la población, más de 12 millones, dependen de la leña para cocinar; se estima que este sector se verá afectado por una aguda escasez del recurso forestal.

En la actualidad, las consecuencias de esta escasez pueden apreciarse en el surgimiento de zonas críticas, en las que una familia tiene que gastar más de la tercera parte de sus ingresos para adquirir la leña que necesita para cocinar.

Según las observaciones realizadas por el ICAITI, el proceso de producción de cal no cumple con las especificaciones mínimas requeridas para la fabricación y venta del producto; los métodos utilizados son tradicionales, los cuales han sufrido poco o ningún cambio desde años atrás. A pesar de ello, el uso de la cal es intenso y desmedido.

El tipo de hornos, tradicionales usados en la caleras de tipo artesanal, tienen muros hechos de ladrillo en algunos casos y piedra malpais (basalto) o piedra riolítica, especialmente la que se localiza a la altura de la planta 2-gas en la salida a la carretera al Atlántico, la cual da excelentes resultados y se ha transformado en la norma en todos los hornos de la periferia oriental de la capital.

A continuación, se describe el prototipo que desarrolló el ICAITI y que fue construido en San José Poaquil, Chimaltenango, Guatemala; los problemas que se afrontaron, y la solución dada a algunos de ellos.

Este documento menciona como en Guatemala se produce la cal en su forma artesanal calentada por leña; se sabe que la cal obtenida no siempre es de buena calidad.

La mayor parte de la cal producida en los países de Centroamérica se obtiene mediante un procedimiento artesanal y muy arraigado, y que consiste en calcinar la piedra caliza en hornos rústicos, abiertos por arriba, que se cargan y descargan por lotes. Estos hornos se calientan mediante la combustión de leña, aserrín, cascabillo de café o cáscara de arroz. El

procedimiento se sigue empleando a causa de la falta de opciones técnicas modernas que estén al alcance económico de los productores.

Se calcula que actualmente hay más de 700 productores de cal en Centroamérica, quienes consumen más de 200,000 mts³ de leña por año; este total de leña consumida es realmente excesivo, y se debe a la poca eficiencia de los hornos usados.

Una consecuencia inmediata de esta situación es que los productores afrontan una continua escasez de leña y se ven obligados a pagar precios cada vez más altos para adquirirla. A causa también del sistema primitivo que se emplea, la producción es escasa y no es de buena calidad.

En el apéndice 3, se muestran los cuadros de las cifras de producción de cal por año en Centroamérica, tal como se registraron en 1979; el cuadro que le precede presenta los costos de producción de la cal en Guatemala, en 1975. (20)

El horno tradicional es construido, en forma de un cilindro vertical, abierto por arriba. Las dimensiones varían de un horno a otro; el diámetro mide de 1.5 a 3 metros; la altura de 2 a 4 metros; el grueso de la pared es de ± 50 centímetros aproximadamente. Por lo general, el horno es construido en una excavación hecha en una ladera, y en su parte inferior se deja una apertura por la que se descarga la cal y se introduce la leña. (ver gráfica No. 3, apéndice 5).

Por la parte superior se llena el horno con la piedra caliza que se ha de calcinar formando al inicio una bóveda de combustión; luego se enciende y alimenta el fuego y se espera el tiempo necesario para que la piedra caliza se calcine.

Con el paso del tiempo, los productores han intentado hacer mejoras al horno tradicional para reducir sus inconvenientes, en especial la pérdida de calor (desperdicio de combustible), la dispareja calidad de la cal obtenida y la excesiva mano de obra que requiere su operación; desafortunadamente, no han tenido éxito.

(20) Cuadros No. 4 y No. 5 en apéndice 3. La producción artesanal de la cal. (ICAITI).

El problema de la producción de cal ha sido estudiado en diferentes ocasiones en Guatemala. En otros países, se han tenido experiencias que han sido calificadas como exitosas, tal como las reportadas en Honduras, Ghana, Botswana e Indonesia. (Ver cuadro No. 6 apéndice 3).

La producción de cal es una de las industrias cuya tecnología debe ser mejorada, ya que se caracteriza por un alto consumo de leña y por una baja eficiencia energética del proceso.

En Guatemala, el elevado consumo de leña en el horno tradicional se debe a varias causas, entre las que se destaca el hecho de que se opera por lotes, lo cual requiere calentarlo y dejarlo enfriar durante cada quema. Por ese motivo, una solución adecuada consistiría en el uso de un horno de funcionamiento continuo, similar a los que se usan en la industria de cemento; con el funcionamiento continuo, en primer lugar, se eliminan las interrupciones de la producción debidas a cargas y descargas; en segundo lugar, no se pierde calor como ocurre en los hornos tradicionales durante las interrupciones entre tanda y tanda; por eso es posible lograr una reducción considerable en el consumo de leña y una reducción en la mano de obra requerida por unidad de cal producida; esto implica mayor rentabilidad en beneficio del productor.

Adicionalmente se puede obtener una cal de mejor calidad controlando el flujo de caliza y el calor, para que la piedra se calcine a la temperatura más adecuada; además, se puede obtener una calidad uniforme cuando la temperatura se conserva constante en la zona de cocción por la que pasa toda la piedra.

La primera fase de investigación del ICAITI se hizo en 1979, y se tituló "Estimación del consumo de leña en la pequeña industria en Centroamericana"; la segunda fase se emprendió en 1983 como parte del proyecto "Leña y fuentes alternas de energía".

Se procedió a estudiar directamente los hornos tradicionales y la forma de evitar sus inconvenientes.

En el apéndice 5, se incluyen los planos de un horno de funcionamiento continuo diseñado por el ICAITI a partir de un modelo construido en chichibac, tecpán. (ver gráfica No. 4, apéndice 5).

Este horno es un prototipo construido en el sitio propuesto por una cooperativa a la cual el ICAITI ayudó para implementar un proceso de producción de cal más eficiente. Lamentablemente este prototipo no llegó nunca a operar pese a las interesantes variantes que tiene de un horno tradicional. (ver gráfica No. 5, apéndice 5).

Si se lograra diseñar y construir un modelo de horno de bajo costo y operación simple, que produzca cal en forma continua con un mejor aprovechamiento de la energía, se debe tomar en cuenta la opinión de los posibles usuarios y probarse que efectivamente funcionen antes de pretender introducirlo para sustituir los hornos tradicionales.

FASE II
CAPITULO No. 4
PRODUCCIÓN

EL HORNO ROTATIVO COMO ELEMENTO MAS IMPORTANTE
DENTRO DE LA INDUSTRIA CALERA.

A. HORNO ROTATIVO.

a.4.1 Elementos que le conforman.

Los hornos rotativos convencionales iniciales eran de corta longitud y tenían resultados deplorables, ya que no proporcionaban recuperación y tenían excesivas pérdidas de calor. Cuanto más largo se hacia el horno, se reducían las pérdidas de calor, pero en realidad, para lograr un diseño realmente funcional se requirió de la adición de equipos auxiliares colocados en las partes internas o externas al horno. Los elementos que conforman un horno rotativo típico se mencionan a continuación:

1. ENFRIADORES:

a) decalentadores: existen varias versiones en operación de enfriadores de contacto; algunos de ellos proveen una excelente recuperación de calor y funciones de enfriamiento de cal aceptables. Los enfriadores de este tipo llamados Niems tienen muchos partidarios en la industria.

b) Enfriadores rotativos: tienen muchas variantes de diseño, pero generalmente proveen resultados mediocres de recuperación térmica. Los enfriadores son muy empleados en hornos rotatorios de plantas de cemento Portland.

c) Enfriadores de parrilla: comúnmente empleado en plantas de cemento, requiere de grandes masas de aire, mucho más del que puede circular en el horno. Por esta razón, la recuperación de calor es incompleta, aunque el enfriamiento es altamente eficiente.

d) Tubos multienfriadores (tipo planetario o satélite)

Se instalan concéntricamente alrededor de la periferia del extremo de descarga del horno y reciben la cal a través de orificios en el casco del horno. En estos enfriadores, se

circula hacia el horno, en contracorriente con la cal, el aire de combustión secundario. Estos enfriadores difieren de los mencionados en los incisos a), b) y c) en que forman parte del horno, mientras que los otros enfriadores son unidades separadas.

2. INTERCAMBIADOR DE CALOR

Son diseñados para incrementar el área de la superficie del horno, para producir una transferencia de calor más completa entre los gases de combustión calientes y la roca alimentada al horno, reducir pérdidas por radiación, y aumentar el flujo de material. Se fabrican de material refractario o de aleaciones metálicas resistentes al calor que seccionan el interior del horno en cuadrantes. El número de estos cuadrantes o compartimientos depende de las dimensiones del horno y la experiencia previa. Los cuadrantes refractarios se instalan generalmente en el extremo más caliente del horno, tal como el área arriba de la zona de calcinación. Los cuadrantes metálicos se colocan en la entrada del enfriador del horno y no impiden el flujo de cal o roca a través del horno, pero absorben un calor considerable (que de otra forma se perdería), el cual mejora la eficiencia térmica y aumenta la capacidad hasta en un 30 %. Su eficiencia térmica se puede establecer mediante el decremento de temperatura de los gases de salida.

3) PRECALENTADORES

Los precalentadores comúnmente empleados son las torres de ciclones, los que se localizan separados del horno y actúan como la tolva de alimentación para el mismo. Una cantidad considerable de calor es aprovechada por los gases de escape al pasar a través de estos apilamientos de roca. De los precalentadores, los gases se dirigen a los colectores de polvo adyacentes, antes de ventilar por las chimeneas.

El tamaño de las partículas alimentadas a los hornos rotativos es invariablemente más pequeño que el de la alimentación para hornos verticales. En realidad, las rocas grandes no pueden ser eficientemente calcinadas en hornos rotativos. Generalmente 2 pulgadas es el tamaño máximo para

calcinar, aunque algunas plantas han extendido este rango hasta 2.5 pulgadas. Generalmente 0.25 pulgadas es la fracción más pequeña que es calcinada, ya que fragmentos más pequeños contribuyen a la formación de anillos en los hornos (taponamientos anulares cuya remoción requiere parar y enfriar el horno), falta de uniformidad de la combustión y problemas más serios de control de emisiones de polvo. Para minimizar los finos, la mayoría de las plantas zarandean la caliza a calcinar justo antes de que entre al horno o precalentador. Pese a lo anterior, la distribución de tamaño también es importante; mientras más se restringe la graduación, más uniforme es la calidad de la cal. Las plantas con varios hornos rotativos clasifican su roca en rangos similares de 0.25-0.50 pulgadas para un horno, 0.50-1.00 pulgadas para el siguiente, 1.00-1.75, 1.50-2.50 pulgadas para los siguientes hornos. Se obtiene una calidad superior si el rango de clasificación de la alimentación se cierra aún más, tal como 1.00-1.50 pulgadas, pero esta ventaja debe ser balanceada contra el incremento del costo de clasificación de la alimentación.

a.4.2 Medidas físicas

El horno rotativo varía grandemente en diámetro y longitud desde 5 x 60 pies a 13 x 450 pies.

El ancho del horno, el radio o la longitud del diámetro generalmente se extiende en un valor medio de 30-40 pies.

El horno rotatorio se instala a una inclinación de 3° a 5° sobre 4 ó 6 pilares fundidos y volteados sobre muñones en cada pilar. Cuanto más grande sea la longitud del horno, más se reduce la pérdida de gases.

A medida que la roca gravita lentamente a lo largo del horno inclinado, una suave acción de volteo, más que un deslizamiento o avance brusco, propicia una transferencia óptima de calor y una buena calidad y producción de cal. Para inducir este movimiento, generalmente se construyen presas y obstrucciones en el aislamiento del horno, comúnmente de material refractario. El mismo efecto se obtiene alternando el diámetro interno del horno

en unas 6 pulgadas. Los cuadrantes de refractario en el interior del horno tienden a promover esta acción, aunque se les instala principalmente para mejorar la transferencia de calor. Si la acción de volteo se torna demasiado turbulenta, se incrementa la degradación de la roca con la consecuente acumulación excesiva de finos de caliza y cal. Este polvo limita la efectividad del horno y provoca una carga muy grande sobre el sistema de recolección de polvo.

El Bureau de Minas (Estados Unidos) desarrolló la siguiente fórmula para calcular la velocidad con la cual la roca fluye a través de un horno rotativo:

$$t = \frac{1.77 (\phi)^{1/2} L}{SDN} \text{ FACTOR}$$

t = tiempo de la piedra en el horno (en minutos)

L = longitud del horno (pies)

D = diámetro interior del horno (pies)

S = pendiente del horno (en grados)

N = velocidad (revoluciones/minuto) del horno.

ϕ = ángulo de reposo de la roca

FACTOR = factor arbitrario para compensar por las obstrucciones internas, topes o cambios en el diámetro del horno, las cuales aceleran el movimiento de la alimentación del horno y aumentan la producción. Si no hay irregularidades, el factor es 1; con obstrucciones, puede ser 2,3, o 4, lo cual depende del número presente.

Producción

Se utilizan combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, pero en los Estados Unidos (lo cual no se aplica en Guatemala para hornos rotativos, ya que no existe ninguno en funcionamiento) el combustible más usado es carbón bituminoso. Este es introducido junto con el aire primario en el extremo de descarga del horno. No se puede emplear carbón en fragmentos, por lo que toda la planta que consume carbón mantiene su propio equipo de

pulverización contiguo al horno. ⁽²¹⁾

En Guatemala, no se han realizado pruebas con el carbón bituminoso local, pero sería conveniente desde todo punto de vista efectuar ensayos. La tabla 7 descrita en el apéndice 6 contiene análisis típicos del carbón de Izabal, proveniente del yacimiento denominado Carboneras. En la mayoría de plantas productoras de cal, se obtienen eficiencias térmicas superiores con cal en oposición al gas, no importando que éste sea derivado de carbón, petróleo o gas natural. La razón exacta para esta anomalía nunca ha sido adecuadamente explicada; puede ser debido a que la transferencia de calor a la roca es más eficiente, y que el carbón tiene un poder calorífico inherentemente superior. Por lo anterior, se conocen pocas plantas que prefieran comprar gas en vez de carbón, pese a que el gas ofrece una pequeña ventaja sobre el carbón con base en BTU equivalentes. ^(21a)

El carbón pulverizado ofrece una desventaja, ya que acentúa la formación de anillos mucho más que los combustibles gaseosos. Un problema crónico tradicional con muchos horno rotativos es la formación de anillos que gradualmente se acumulan en el interior del refractario del horno; el carbón pulverizado sin quemar tiende a adherirse a estos anillos junto con acumulaciones de roca, polvo de cal y cenizas de carbón; otra causa de este acumulamiento es la temperatura dispareja en el horno. Si la concentración de combustible es demasiado alta cerca del refractario del horno, algunas de las pequeñas partículas de cal tiende a fundirse y adherirse al refractario; la no eliminación de finos de la alimentación del horno y el uso de roca de un tamaño mayor con un mínimo de 1/2 y 1 pulgadas también es un factor que amplifica el problema. El uso de carbón con bajo contenido de ceniza y con un pulverizado más fino y uniforme tiende a aliviar este problema. La mayoría de los hornos que queman gas o petróleo no reportan ningún problema con anillos o

(21) SCOTCH, Roberts S. Chemistry and Technology of Lime and Limestone. Estados Unidos: S. I. I., S. F., 340 pp.

(21a) Entrevista personal Ing. Byron Mota Vidaurre.

problemas menores, particularmente porque no existe formación de anillos.

Cuando los anillos se vuelven demasiado gruesos el comportamiento general del horno, se ve seriamente afectado, por esta razón los hornos son enfriados lentamente y apagados luego. Los anillos son generalmente removidos enviando disparos con pistolas industriales especiales. Una considerable experimentación de prueba y error en prácticas de operación ha permitido a algunas plantas que queman carbón eliminar el problema de anillos; al menos evitan apagar el horno entre las operaciones necesarias para cambiar el refractario. Los anillos aumentan la atrición sobre los refractarios y reducen la capacidad; la máxima eficiencia de combustión en hornos rotativos depende en gran parte de las relaciones empíricas del diámetro del horno: la velocidad de transmisión de calor, la longitud y forma de la llama, el patrón de flujo de aire secundario que entra al horno, la cantidad de roca que es alimentada al horno, la distribución del tamaño de la roca, la carga de polvo en el aire de combustión, la localización y dirección de la fuente primaria de aire para el combustible en relación al eje del horno, la fricción, la velocidad y la proporción de la mezcla aire combustible.

La mayoría de los rotativos utilizan un único quemador que se extiende a través de la capota de quemado por lo menos hasta y generalmente más allá de la apertura del horno; una observación empírica es que cuando el quemador penetra más allá de la apertura del horno, por lo menos al punto en donde el aire precalentado del enfriador es introducido, la flama resultante es más suave y más estable; en promedio, los rotativos operan a temperaturas mayores que los hornos verticales pero no hay estándar de temperatura empleado; esta varía entre 2300 y 2650 grados Fahrenheit en la zona más caliente; los gases de combustible fluyen a través del horno con considerable turbulencia pero puede ocurrir estratificación de gases, lo cual retarda la eficiencia. Esto generalmente implica un mezclado

insuficiente del combustible y aire en la entrada hacia la zona de calcinación, que resulta en la disipación de combustibles no oxidados, que son las constricciones interiores del horno tales como cuadrantes, presas y anillos de escala afectan la turbulencia y flujo de gases en el interior del horno. Las reacciones en el horno, a menudo son impredecibles e inesperadas; por eso es que una instrumentación completa es esencial para obtener un buen funcionamiento, de tal forma que unas pocas de las muchas variables pueden ser ajustadas para obtener el resultado deseado. La innovación más moderna en el diseño de hornos rotativos es el sistema Parrilla-Horno que anteriormente había sido perfeccionado para la fabricación de Cemento Portland. Este consiste de un horno rotativo mucho más corto con un diámetro mucho más grande en proporción a otros rotativos de una capacidad de producción de cal comparable; esta innovación tiene una parrilla móvil que sirve para el propósito doble de precalentador y calcinador parcial; generalmente está rectangularmente enclavada en la entrada a la parte elevada del extremo de carga del horno. Esto permite acomodar una graduación de tamaño mucho más amplia. La roca gruesa es alimentada hacia la parrilla móvil; luego la roca fina es introducida sobre la roca gruesa proveyendo una capa de 6 a 10 pulgadas de profundidad; la roca fina es calcinada por los gases de escape transferido del horno corto y la roca gruesa es precalentada. La cal fina precalcinada es luego descargada hacia el horno rotativo en donde es sumergida debajo de la caliza gruesa precalentada previendo de esta forma que se sobrequeame, después de que la roca gruesa es calcinada, y la cal es descargada hacia un enfriador de flujo inverso. El calor de desperdicio junto con el aire primario es reintroducido en el extremo de descarga del horno. Eficiencias térmicas altas de 5 a 5.5 millones de BTU/ tonelada de caliza se han reportado con este método. Una planta compacta de muy alta capacidad es el resultante de esta combinación de horno-parrilla. Comparado con otros rotativos, este horno es relativamente muy corto y ancho, y se obtiene una capacidad igual o mayor de este

horno con un tercio de la longitud de otros hornos rotativos y el mismo diámetro. Una experiencia reducida indica que se produce una cal de buena calidad, pero estas plantas son muy difíciles de coordinar en la descarga que la mayoría de otros tipos de hornos, requieren un período mucho más largo de zarandeado. A medida que se adquiere más experiencia, esta desventaja puede eventualmente disminuir.

La capacidad de los hornos rotativos depende de sus dimensiones, pero ocurren variaciones aun entre hornos del mismo tamaño y equipo auxiliar; nuevamente las propiedades físicas variantes de la roca se manifiestan junto con diferencias en las habilidades de operación. Para los hornos más grandes, se han establecido velocidades de operación tan altas como 450 a 550 t/diarias. Generalmente un horno moderno de 9 pies de diámetro y 200 pies de largo totalmente equipado producirá de 200 a 250 toneladas de cal por día; sin embargo el sistema horno-parrilla tiene la mayor capacidad sobre la base de pies cúbicos de área de horno sobre tonelada de cal. Azbe encontró un amplio rango de capacidades en relación al volumen del horno aplicable exclusivamente al horno de parrilla; de 30 a 40 pies cúbicos de área de horno por producción de tonelada de cal parece ser el óptimo; la peor eficiencia encontrada es de 75 a 85 pies cúbicos de área de horno. Una última observación es que los hornos con las mayores capacidades proporcionales generalmente también tienen el menor valor unitario de consumo de combustible, la cual es una doble razón para intentar o pretender una eficiencia termal mejorada.

B. CARACTERÍSTICAS ESPECIFICAS DE LA MAQUINARIA

Y EQUIPO PARA UNA FABRICA DE CAL

b.4.1 FASE DE TRITURACIÓN Y CLASIFICACIÓN

DESCRIPCIÓN DE MAQUINARIA

VALOR

Alimentador de carro osci -
lante. (1U)

Posición 101. cantidad 10
pies modelo 800, Motor eléc

trico 7.5 H.P., R.P.M.1.800
A razón de Q 736.50 c/pie.,
.....Q. 7,365.00

Machacadora de mandíbula

(1U).posición 102. cantidad
180 ton/hr. Motor eléctrico
75 H.P. de 1,800 R.P.M. A -
razón de Q 869.488 c/ton/hr.,
.....Q. 156,508.80

Cinta transportadora (1U)

posición 103-A.Cantidad 119
pies. Longitud 36 mts. Ancho
de banda 0.50 mts. Motor e-
léctrico 5.5 H.P. R.P.M.:18
00. A razón de Q 672.00 c/-
pie.....Q. 79,968.00

Criba vibrante (1U)

Posición 104-A. Cantidad 32
.8 pies cuadrados.Tipo:FG-1
030-1.Motor Eléctrico 5.5 H
P. de 1800 R.P.M. A razón -
de Q 1744.377/pie cuadrado.
.....Q. 57,215.58

Machacadora gravilladora (1U)

Posición 105. Cantidad 40 -
ton/hr. Motor Eléctrico:40H
P. de 1,800 R.P.M. A razón -
de Q 1956.35 ton/hr.....Q. 78,253.95

Criba vibrante (1U)

Posición 106. Cantidad 19 -
pies cuadrados. Tipo FG-825-
1.Motor eléctrico:4 H.P. de
1,800 R.P.M. A razón de 1774
.3773/pie cuadrado.....Q. 33,143.17

Cinta transportadora (1U)

Posición 107-A. Cantidad 40-
pies. Longitud 12 mts. Ancho
0.5 mts. Motor eléctrico 4H
P. de 1,800 r.p.m. A razón-
de Q 670.00/pie.....Q. 26,800.00

Cinta transportadora (1U)

Posición 108-A. Cantidad 50
pies. Longitud 15 mts. Mo-
tor eléctrico 4 H.P. de 1,8
00 R.P.M. A razón de Q 994.
29/pie.....Q. 49,714.56

Alimentadores vibrantes (2U)

Posición 109. 2 unidades. A
razón de Q 8,108.80/unidad.
.....Q. 16,217.60

b.4.2 FASE DE CALCINACIÓN

Alimentador de disco (1U)

Posición 201. 1 unidad. Diá
metro 1,100 mm. Motor eléc
trico 2 H.P. de 1,800 R.P.
M. A razón de Q 16,486.40/
unidadQ. 16,486.40

Cinta transportadora (1U)

Posición 202-A. 142.70 pies
Longitud 43.5 mts. Ancho 0.
40 mts Motor eléctrico 4 H.
P. de 1,800 R.P.M. A razón-
de Q 475.386/pie.....Q. 67,837.57

Cinta transportadora (1U)

Posición 203. Cantidad 78.7
5 pies. Longitud 24 mts An-
cho 0.40 mts. Motor eléctri-
co 4 H.P. de 1,800 R.P.M. A
razón de Q 484.19/pie....Q. 38,105.94

Tolva de almacenamiento(1U)

Posición 204. Cantidad 19.70
pies. Diámetro 2.4 mts. Al-
tura 6 mts. A razón de Q
1,449.75/pie.....Q. 28,560.06

Elevador de cangilones (1U)

Posición 205. Cantidad 50 -
pies. Altura 15 mts. Motor -
reductor 5 H.P. A razón de
Q 1,008.00/pie.....Q. 50,400.00

Válvula de clapeta (1U)

Posición 301. Cantidad 1 uni-
dad. A razón de Q 7,840.00/
unidad.....Q. 7,840.00

Horno rotativo (1U)

Posición 302. Cantidad 170
pies. Longitud 52 mts. Diá-
metro exterior 2.75 mts Mo-
tor eléctrico 50 H.P. A ra-
zón de Q 20,160.00/pie...Q. 3,427,200.00

Equipo de combustión (1U)

Capacidad de 900 a 1,500 kg.
/hr, preparación de crudo Dú-
plex. Tipo: 1.500/400. Mo-
tor eléctrico 7.5 H.P. de -
1,800 R.F.M. recalentador -
Eléctrico 60 kw. Quemador -
tipo lanza. Motor-ventila-
dor de aire 25 H.P. de 1,800
R.F.M.....Q. Este valor esta 144,580.00
incluido en 302
(horno rotativo)

Equipo de captación de polvo

(1U). Posición 304. Cantidad
46,900 pies cúbicos/min. 4-

ciclones tipo VM-810/150,-
 Tipo: 320, Ventilador cen-
 trífugo Anivi-Sturtevant ti-
 po BVX-15, Motor eléctrico:
 100 H.P. de 1,800 R.P.M. A
 razón de 2.35 pie cúbico/min
Q. 110,308.80

Válvula FA (1U)

Posición 305. Cantidad 1/uni-
 dad. A razón de Q 2,016.00/
 unidad.....Q. 2,016.00

Enfriadora vertical (1U)

Posición 306. Cantidad 26,6
 50.00 pie cúbico/min. Venti-
 lador Centrífugo Anivi-Sturt-
 event: motor eléctrico 60 HP
 1,800 RPM. Descarga enfria -
 dora: motor eléctrico 3 HP -
 de 900 RPM. Equipo radiacti-
 vo: potencia 10 mci. A razón
 de Q 3.584 pie cúbico/min....
Q. 95,513.60

Válvula de clapeta (1U)

Posición 307. Cantidad 1 uni-
 dad. A razón de Q 9,408.00 -
 la unidad.....Q. 9,408.00

Transportador oscilante (1U)

Posición 308. Cantidad 20 pi-
 es. Motor eléctrico 2 HP de-
 1,800 RPM. A razón de Q 491.
 001/pie.....Q. 9,820.16

Elevador de cangilones (1U)

Posición 309. Cantidad 60,7
 pies. Modelo 160. Altura 18.
 50 mts. Motor eléctrico 5.5

HP . R.P.M. 1,800. A razón de-
 Q 1008.00/pie.....Q. 61,185.60

b.4.3 FASE DE MOLIENDA PREVIA A LA HIDRATACIÓN

Alimentador electromagnético
 (1U). Posición 401. Cantidad
 27.50 pies. Modelo F-212, Long
 gitud 0.70 mts, Banda 0.45 -
 mts. A razón de Q 407.2767/pie
Q. 11,200.11

Molino de martillos (1U)
 Posición 402. Cantidad 40 ton
 /hr. Modelo ROCC-65/27. Motor
 eléctrico 30 HP. R.P.M. 1,800. A
 razón de Q 1918.00c/ton/hr...
Q. 76,720.00

Elevador de cangilones (1U)
 Posición 403. Cantidad 60.35
 pies. Modelo 125. Altura 18.4
 0 mts. Motor eléctrico 5.5HP
 R.P.M. 1,800. A razón de Q
 1008.00 c/pie.....Q. 60,832.80

Equipo de captación de polvo
 (1U). Posición 404. Cantidad
 3,300 pies cúbicos/min. Ciclón
 válvula de cierre y ventila -
 dor: Modelo: BVX-4. Motor Eléc
 trico 7.5HP, R.P.M. 3,600. A -
 razón de Q 3.92c/pie cúbico/
 min.....Q. 12,936.00

b.4.4 FASE DE HIDRATACIÓN DE CAL (Producción 10 ton/hr de cal)

Alimentador-Dosificador de
Disco (1 U)
 Posición 501. Cantidad 1 uni
 dad. Modelo 800 de 31". Motor

eléctrico 2 HP. R.P.M. 900.
 A razón de Q 8,288.00/unidad
Q. 8,288.00

Mezclador previo (1U)

Posición 502. Cantidad 11.8
 pies cúbicos. Tipo: doble,
 Motor eléctrico: 10 HP. R.P.M.:
 1,800. A razón de Q 1,601.22
 c/pie cúbico.....Q. 18,894.40

Tromel hidratador principal

(1U). Posición 503. Cantidad 267,836.80*
 271 pies cúbicos. Motor eléc
 trico 25HP. RPM:1,800. A ra
 zón de Q 385.011c/pie cúbi
 co.....Q. 104,338.03

Lavador de gases Ducon-Anivi

(1U). Posición 504. Cantidad
 14,800 pies cúbicos/min. Mo
 delo UW-4. Tamaño 42. Contiene
 ventilador centrifugo. Mo
 tor eléctrico: 25 HP R.P.M.:
 1,800. A razón de Q 2.24 c/-
 pie cúbico/min.....Q. 33,152.00

Panel de instrumentos (1U)

Posición 505. Compuesto por:
 - 1 indicador de gasto de a-
 gua. Rotámetro de caudal -
 con escala.
 - 2 pirómetros hasta 200 gra
 dos centígrados
 - 2 indicadores de temperatu
 ra para registrar entre 0
 y 200 grados centígrados,
 las mediciones de los piró
 metros.

*Valor incluido en 302-503

Tanque de lechada (1U)

Posición 506. cantidad 1 uni
dad. Motor eléctrico 1.5 HP
R.P.M. 1,800. A razón de Q
16,867.20 c/unidad.....Q. 16,867.20

Bomba de lechada (1U)

Posición 507. Cantidad 1 uni
dad. Motor eléctrico 3 HP
R.P.M. 900. A razón de Q 7,1
68.00 c/unidad.....Q. 7,168.00

Transportador sin fin (1U)

Posición 508. Cantidad 15 pi
es. Diámetro 0.45 mts. Motor
reductor 5.5 HP. R.P.M. 1800
A razón de Q 1232.00 c/pie...
.....Q. 18,480.00

Elevador de cangilones (1U)

Posición 509. Cantidad 82 pi
es. Modelo 315, Motor eléc -
trico 7.5 HP, R.P.M. 1,800.
A razón de Q 1,344.00c/pie...
.....Q. 110,208.00

Transportador sin fin (1U)

Posición 510. Cantidad 12 pi
es. Diámetro 0.45 mts, Motor
reductor 5.5 HP, R.P.M. 1800
A razón de Q 1,232.00 c/pie...
.....Q. 14,784.00

Separador por aire primario

(1U). Posición 511. Cantidad
7,200 lbs/hr. Diámetro 16 pi
es, Motor eléctrico 60 HP. R
P.M. 900. A razón de Q 23,56
48c/lb/hr.....Q. 169,634.56

Separador por aire secundario
 (1U). Posición 512. Cantidad -
 4,800 lbs/hr. Diámetro 12 pi-
 es, Motor eléctrico 40 HP, R.
 P.M. 900. A razón de 0 22.40
 c/lb/hr.....0. 107,520.00

b.4.5 FASE DE ENSACADO DE CAL HIDRATADA

Aerodeslizadores (2U)

Posición 601. Cantidad 1 uni-
 dad. Contiene 1 "root-HR 80/
 OH" (ventilador) motor eléc-
 trico 7.5 HP. R.P.M. 3,600. A
 razón de 0 18,928.00 c/unidad.
0. 18,928.00

Válvulas de tajadera (2U)

Posición 602. Cantidad 2 uni-
 dades. A razón de 0 3,135.00-
 c/u.....0. 6,720.00

Ensacadora (1U)

Posición 603. Cantidad 20sac/
 min. Tipo: línea de 4 boquillas
 4 motores autofrenado 3HP c/u
 R.P.M.: 1,200. Pesaje y ensacado
 10-12 Ton/hr. de cal en sacos
 de 12 - 14 kg. A razón de
 0 12,152,448c/saco/min.....0. 243,048.96

Cinta transportadora (1U)

Posición 604. Cantidad 13 pi-
 es. Longitud 4mts. Ancho 0.80
 mts. Motor eléctrico 2 HP.
 RPM:1,800. A razón de 0 11,196.
 923c/pie.....0. 14,560.00

Transportador sin fin (1U)

Posición 605. Cantidad 16.5 pies. Diámetro 0.20 mts. Motor Reductor 2 HP. R.P.M.: 1,800
A razón de Q 1,075.20 c/pie. Q. 17,740.80

b.4.6 FASE DE MOLIENDA DE CAL HIDRATADA

Elevador de cangilones (1U)

Posición 701. Cantidad 74 pies. Tamaño 160. Altura 22.50 mts. Motor eléctrico 5.5 HP R.P.M.: 1,800. A razón de Q 1008.00c/pie.....Q. 74,592.00

Molino de bolas (1U)

posición 702. Cantidad 12 ton/hr. Tamaño 5x10. Cámara de molienda: 1.50 mts de diámetro 3 mts de longitud. Motor eléctrico: 100 HP y R.P.M. 1,800. A razón de Q 27,619.2c/ton/hr.....Q. 331,430.40

Aerodeslizador (1U)

Posición 703. Cantidad 1 unidad. Motor eléctrico 5.5 HP. A razón de Q 16,800 c/unidad..Q. 16,800.00

Válvulas de tajadera (2U)

Posición 704. Cantidad 2 unidades. A razón de Q 2,240.00 c/U.....Q. 4,480.00

Ensacadora (1U)

Posición 705. Cantidad 10 sacos/min. Tipo: línea doble bq quilla. 2 Helices de auto-impulsor: 3 HP. R.P.M.: 1,800. Precio

y ensacado: 5-6 ton/hr. De cal hidratada en sacos 12-14 kg..
 A razón de 0 12,355.082c/saco/min.....Q. 123,550.82

Cinta transportadora (1U)

Posición 706. Cantidad 11.50 pies. Longitud: 3.50 mts. Ancho : 0.80 mts. Motor eléctrico: 2 HP. R.P.M.: 1,800. A razón de 0 1,120.00c/pie.....Q. 12,880.00

Transportador sin fin (1U)

Posición 707. Cantidad 16.50 pies. Diámetro 0.20 mts. Motor eléctrico: 2 HP. R.P.M.: 1,800. A razón de 0 1,075.20 c/pie.....Q. 17,740.80

Equipo de captación de polvo

(1U). Posición 708. Compuesto por:

A. Filtro de mangas tipo 2
 AC 72/24

- Transportador sin fin:

Diámetro 0.20 mts

Motor Eléctrico: 2HP

R.P.M.: 1,800

Cantidad: 25,000 pies cúbicos/min. A razón de 07.3696c/pie cúbico/min

.....Q. 184,240.00

- Válvula alveolar:

Motor reductor: 1.5 HP

R.P.M.: 1,800

E. Compresor modelo BSH-10

Motor eléctrico: 10 HP

R.P.M.: 1,800

C. Ventilador exhaustor

Motor eléctrico 30 HP

R.P.M.: 1,800

Posición 709.

D. Transportador sin fin

Diámetro: 0.30 mts

Longitud: 3.50 mts.

Motor reductor: 3 HP

Cantidad: 8 pies

A razón de Q 1,075.20c/

pie.....Q. 8,601.60

E. Válvula de desvío manual

F. Válvula de accionamiento manual.

b.4.7 EQUIPOS COMPLEMENTARIOS

b.4.7.1. CALDERERÍA GENERAL

b.4.7.1.1. FASE DE TRITURACION

Canaletas, vertederos, -
estructuras con barandillas de protección y escaleras de acceso.

b.4.7.1.2. FASE DE CALCINACIÓN

Canaletas, conducto de gases, pasarelas de visita a horno con sus correspondientes barandillas de protección entre las fundiciones del horno, - escaleras de acceso, etc.

b.4.7.1.3. FASE DE HIDRATACIÓN

Vertederos y conductos de conexión entre máquinas, estructura soporte del lavador de gases y tolva

de alimentación de cal mo-
lida a la instalación de-
hidratación.

b.1.4.7.4. FASE DE MOLIENDA DE CAL HIDRATADA

Conductos de conexión ne-
cesarios, así como las -
tuberías de captación. D. 600,311.04

b.4.1.7.5. EQUIPO DE MANEJO DE CRUDOS

A. Grupo de descarga de -
crudo de camiones que in-
cluye:

- Grupo dúplex de motobom-
bas.
- Válvulas y filtros
- Motores de 25 HP. 1,800 R.F.M.

B. Grupo de trasiego

- Grupo dúplex de motobom-
bas.
- Válvulas y filtros
- Recalentador salida fuel
oil 60kw.
- Motor eléctrico 2 HP.
R.F.M.: 1,800

.....0 340,596.48

b.4.7.2. SUMINISTRO DE AGUA A HIDRATACIÓN

1. Grupo dúplex de motobombas

1 unidad

tubería de conexión

2. Motores eléctricos 3 HP

2 unidades

3,600 RPH.0. 74,527.76

b.4.7.3. EQUIPO ELÉCTRICO

MOTORES ELÉCTRICOS

Características:

- Tensión 440 v.
- Frecuencia 60 ciclos
- Protección IP-44

.....Q. 283,530.24

CUADRO DE CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS

3 Cuadros principales de maniobra y control de motores para las fases:

- Trituración
- Calcinación
- Hidratación y molienda

.....Q. 273,732.48

2 cuadros auxiliares o secundarios para el control de las ensacadoras incluidas en el equipo de ensacado.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Centro de transformación 800 kva. Comprende:

- Transformador
- Seccionadores
- Interruptores
- Cuadro de distribución

.....Q. 358,767.36

MONTAJE ELECTRICO Y ALAMBRADO DE NAVES Y EDIFICIO

Total Q 8,435,619.18

Seguro marítimo

Transporte marítimo

España - Guatemala Q 2,042,248.30

TOTAL PUESTO CIF EN

GUATEMALA.....Q 10,477,867.48

MONTO TOTALQ. 10,477,867.48

CONSULTORIA, PLANIFICACIÓN Y GASTOS GENERALES

La Instalación, Gastos Generales (Over Head), Asesoría, Consultoría y Adquisición de Tecnología (Know-How), necesarios para el desarrollo del proyecto y posterior operación de la planta; se estiman actualmente en un 20% según base del arancel, sobre el valor físico total, que incluyen en la estimación los gastos de pruebas (en vacío y producción piloto), adaptaciones y puesta en marcha, hasta alcanzar el estado de régimen.

VALOR.....Q. 3,035,485.23

MONTO TOTAL INSTALACIÓN

UNIDAD ECONÓMICA.....Q. 13,513,352.71

Los datos de maquinaria y equipo, costo y características se derivan de un estudio realizado para montar una planta de este mismo tipo. (22)

(22) PAIZ VASQUEZ, ROLANDO. Servicios y Consultorias Profesionales (SERCOP). Estudio Industrial. Guatemala: a.p.i., 1992. 60 pp.

CAPITULO 5

COSTO - BENEFICIO

ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Basado en el estudio de localización industrial mencionado en el capítulo 1, inciso 8, respecto al punto geográfico para ubicar la planta; se determinó que hay que colocar la planta en la vecindad de un depósito de caliza de buena calidad y de no menos de 23×10^6 toneladas métricas de reserva para explotar alrededor de 10×10^6 toneladas métricas de roca útil. Con ello se puede lograr una producción media de 176 toneladas métricas/hora, una vida útil del yacimiento de aproximadamente 22 años de operación, considerando una producción de 2,816 toneladas métricas por día, para dos turnos de 8 horas, durante los 360 días del año en producción y operación continua con una eficiencia del 80%.

En esta zona de Guatemala además de piedra caliza, se encuentran otros minerales tales como, mármol blanco, mármol gris, mármol amarillo, dolomita y otros que también pueden ser aprovechados pues incrementan el potencial de rendimiento económico de la operación.

El proceso comprende la trituración de 176 toneladas por hora y el ensacado de 12 toneladas por hora, para generar inicialmente 8,448 bolsas de 50 libras cada una diariamente, aunque por norma, la cal se debiese empacar en bolsas de 25 kilos. La mano de obra necesaria para la operación de la planta se calcula en aproximadamente 150 empleados. En la forma que está diseñado el proceso, se requiere algún personal calificado y adiestramiento específico para todos los empleados.

El insumo principal para la operación de la calera es el búnker oil o fuel oil para operar el horno de calcinación.

A. INFORMACIÓN SOBRE EL MERCADO

La mayor producción nacional de la cal se concentra en nueve empresas, de las cuales Horcalsa y Calera San Miguel en el Progreso y otra fábrica situada en Cabricán, Quetzaltenango, suministran alrededor del 70% de la producción nacional; no obstante, la producción de esta última ha tendido a decrecer como consecuencia de la deforestación. De las nueve empresas existentes, tres producen cal viva, cuatro cal hidratada y únicamente dos producen las dos modalidades.

La producción conjunta de cal viva e hidratada en los últimos años se indica a continuación, (no existen datos actualizados):

PRODUCCIÓN DE CAL VIVA E HIDRATADA

AÑOS	MILES DE QUINTALES
1,990	1,019
1,991	1,092
1,992	1,179
1,993	1,333
1,994	1,339

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

De acuerdo con las cifras anteriores, la producción ha crecido en los últimos cinco años a una tasa del 7.1% anual.

a.1 DEMANDA

Un alto porcentaje de la demanda de cal se concentra en la construcción (edificios, viviendas), hechura de nixtamal (tortillas), en la industria del azúcar y la industria del papel. Esta versatilidad le da a la cal una amplia demanda en los diversos sectores de la actividad productiva del país.

El volumen de la producción nacional se destina básicamente a satisfacer el consumo interno. Una pequeña fracción de la producción se exporta principalmente a El Salvador. Las

importaciones son de poca cuantía, habiéndose registrado únicamente en los años 1,992 y 1,993.

La demanda o consumo aparente ha crecido en los últimos años a razón de un 6%, como se refleja en el cuadro siguiente:

DEMANDA APARENTE DE CAL
(EN MILES DE QUINTALES)

ANOS	PRODUCCIÓN	IMPORTACIONES	EXPORTACIONES	DEMANDA APARENTE
1,990	1,019	- . -	23	996
1,991	1,092	- . -	13	1,079
1,992	1,179	15	22	1,172
1,993	1,333	4	28	1,309
1,994	1,339	- . -	84	1,255

FUENTES: INE Y BANCO DE GUATEMALA.

a.2 Demanda futura:

Para estimar el crecimiento futuro de la demanda se proyectó en primer lugar, el área de construcción privada para el sector metropolitano (Municipios de Guatemala, Villa Nueva y Mixco), la cual ha crecido en los últimos años a una tasa del 8.8% anual. No se tiene información sobre el crecimiento del resto de la república. Bajo estos supuestos y considerando que por cada metro cuadrado de construcción se consumen 2.5 quintales de cal, la demanda esperada y la demanda insatisfecha se presentan en el siguiente cuadro:

C. REQUERIMIENTOS FINANCIEROS

Para complementar el equipo que se tomó como ya existente, es necesario para poner en marcha el proyecto se requerirá adquirir el equipo que se describe a continuación, junto con su respectivo costo:

CONCEPTO	VALOR EN US\$	VALOR EN MILES DE Q. (US\$ 1.00 X Q 5.05)
8 camiones a US\$ 100 miles c/u	800,000	4,040.00
2 Cargadores frontales a US\$ 105 miles c/u	210,000	1,060.50
1 Bulldozer	159,000	696.90
2 tractores D65A	180,000	909.00
		<hr/>
		6,706.40
Más: Impuestos y gastos de internación al país y seguros		1,810.00
Construcciones; bodega industrial		1,277.70
		<hr/>
	COSTO TOTAL	9,794.10

Para cubrir este costo, se requiere de un aporte de capital por esta suma, o bien financiamiento a 8 años plazo con un interés calculado a razón del 24% anual. (ver Apéndice 6, Tabla No. 2 Amortizaciones).

Asimismo, para cubrir la etapa de arranque del proyecto se requiere de un financiamiento adicional por Q 5.0 millones a un año plazo, y a la misma tasa de interés con lo cual se financiaría el capital de trabajo para los primeros tres meses de operación.

D. COSTOS DE PRODUCCIÓN

Los costos directos de producción en que incurrirá el proyecto para la explotación de la cantera se limitan a mano de obra directa, Bunker Oil para el funcionamiento del horno, diésel así como otros costos de funcionamiento, entre ellos: sacos y materiales. Se estima que la planta requerirá un total de 150 empleados para cuatro turnos. Los costos indirectos comprenden gastos de venta, energía, depreciaciones y amortizaciones de la planta, administrativos. En la Tabla 3, apéndice 6, se describen pormenorizadamente los costos anuales durante 8 años.

E. PRODUCCIÓN E INGRESOS

Los ingresos provendrán de la venta de cal hidratada, piedrín y cal dolomítica. Se ha estimado un uso bastante conservador de la capacidad instalada del 30, 40, 50, 70 y 90 por ciento para los años 1, 2, 3, 4, 5 y más del proyecto respectivamente. La producción estimada y los respectivos ingresos se estiman así:

PLAN DE PRODUCCIÓN Y VENTAS

Producción:	Unidad medida	Años				
		1	2	3	4	5 y más
Cal hidratada	Miles bolsas (50 lbs)	2,400	3,200	4,800	5,600	7,600
Cal dolomítica	Miles qq	42	58	75	75	75
Piedrín	Miles libras	200	280	360	360	360

Ingresos:	Unidad medida	Miles de quetzales				
Cal hidratada	Bolsa					
	Q 8.00	19,200	25,600	38,400	44,800	57,600
Cal dolomítica	Tonelada					
	(qq Q 4.65)	195	269	348	348	348
Piedrín	Metro cúbico	333	466	600	600	600
	(Q 50.00)					
		19,728	26,335	39,348	45,748	58,548

Tanto el volumen de producción como los precios de venta, se han estimado conservadoramente. Por ejemplo: los precios actuales de estos productos son: Q 15.00 el saco de cal hidratada, Q 5.00 el saco de cal dolomítica y Q 63.00 el metro cúbico de piedrín. No obstante, los resultados económicos son bastante favorables como podrá observarse en el estado de Pérdidas y Ganancias Proyectado (Tabla No. 3, apéndice 6).

F. ANALISIS ECONÓMICO-FINANCIERO

Balance General y Estado de Pérdidas y Ganancias

A) Balance General: se acompaña el Balance General de la firma. (24)

De acuerdo con dicho balance, se tiene un capital en giro de Q 83.5 millones, de los cuales Q 79.7 miles corresponden a Activo Circulante; Q 83,460 a Activo Fijo y Q 0.5 miles a Activo Diferido. El Activo Circulante corresponde: Caja Chica, Bancos y Exigible. El Activo Fijo incluye maquinaria por Q 2,750,000; Q 80,234,000 al valor comercial de la calera (terreno y cantera) y el resto Q 463,000 a Mobiliario y Equipo, Vehículos y Herramientas.

(24) Información proporcionada por fuentes comerciales, cotizadas hasta 1994. véase tabla 3, apéndice 6.

El pasivo asciende a Q 3,535,000, de los cuales Q 2,787,600 corresponden a obligaciones a largo plazo y Q 738,000 a préstamos de los socios.

El capital y reserva suman Q 80,005,000.

De las cifras anteriores, se pueden deducir los siguientes coeficientes financieros:

$$\text{Liquidez} = \frac{\text{Activo circulante } Q 79,693}{\text{Pasivo circulante } 0} = \text{Absoluta}$$

$$\text{Solvencia} = \frac{\text{Activos totales } Q 83,540}{\text{Pasivos } Q 3,595} = 23.2$$

$$\text{Propiedad de capital} = \frac{\text{Capital y reservas } Q 80,005}{\text{Pasivo y capital } Q 83,540} = 95.8 \%$$

$$\text{Endeudamiento} = \frac{\text{Pasivos } Q 3,535}{\text{Pasivo y capital } Q 83,540} = 4.2 \%$$

Los coeficientes anteriores demuestran que esta empresa hipotética goza de un alto grado de liquidez (absoluta, pues no reporta obligaciones a corto plazo) y que dispone de Q 23.20 por cada quetzal de obligación, lo que determina un alto grado de solidez.

También se manifiesta que la empresa tiene un índice de endeudamiento bajo (4.2 %); ello sin considerar que parte de las obligaciones corresponden a pasivos a favor de los propietarios de la empresa, que no constituyen una exigibilidad potencial.

Esta situación coloca a la empresa en una posición financiera altamente favorable para contraer obligaciones de la

cuantía de la planteada en este documento, sin que esto afecte su estructura financiera.

G ESTADOS FINANCIEROS PROYECTADOS

En el Tabla No. 3, apéndice 6, se presenta el estado de Pérdidas y Ganancias Proyectado, y en el mismo se observa que los ingresos serán suficientes para cubrir el servicio de la deuda en el plazo previsto. Reportará ganancias desde el segundo año del proyecto; Únicamente en el primer año habrá una diferencia negativa por Q 3,158,000, que la empresa podrá absorber sin problemas, pues no incidirá en la liquidez de la misma.

Flujo de fondos

En el Tabla No. 4, apéndice 6, se presenta el flujo de fondos proyectado para el período del préstamo y en el mismo se observa que la empresa podrá hacer frente a los compromisos financieros que se deriven de la contratación del financiamiento propuesto. La empresa tendrá que cubrir con fondos de contrapartida por Q 1,000,000 en el año 1, con aportes propios, sin ningún contratiempo, pues se requerirán hasta el final del año 1, cuando la misma puede autogenerar ingresos.

Balance general proyectado

El Balance General Proyectado evidencia que la Empresa al final del 8avo año habrá cubierto las obligaciones vigentes y los que se deriven del préstamo en estudio. Al final del período habrá utilidades acumuladas por Q 57,000,000 que sumados al capital por 78,000,000 arroja un total de Q 135,000,000 que constituirá el capital y superávit acumulado. (Tabla No. 1, apéndice 6).

Tasa interna de retorno y sensibilidad del proyecto.

Conforme a las premisas técnicas y financieras expuestas, la Rentabilidad interna media del dinero que va a utilizarse en el proyecto ha sido estimada en la siguiente forma:

Flujo de costos = Inversión + Costos de Ejecución (sin incluir depreciación) + Impuesto sobre la renta.

Flujo de beneficios = Ingreso Bruto de Operación.

Bajo estas bases, se presenta en el Tabla No. 5, apéndice 6, el cálculo del ingreso neto y en el Tabla No. 6, apéndice 6, el cálculo de la Tasa Interna de Retorno Financiera (TIRF), del proyecto, la cual es de 53.91% y el valor Actual Neto, a una tasa de descuento del 24 % (Tasa activa bancaria mínima) es de Q 21,200,000. Estos resultados no dan lugar a duda sobre la factibilidad técnico-financiera del proyecto.

Para determinar la sensibilidad, el proyecto se amplió este ejercicio considerando, por un lado, un incremento de costos en 10 %; y por el otro, reduciendo ingresos en la misma proporción. En ambos casos, la TIRF siempre es altamente favorable en 41.32 % y 38.25 %, respectivamente, lo que confirma que desde el punto de vista económico-financiero, éste es un proyecto totalmente válido.

H. BENEFICIOS ECONÓMICOS Y SOCIALES DEL PROYECTO.

Si el proyecto se implementa, representará beneficios económicos y sociales para el país, de diferente orden, de los cuales se pueden mencionar:

- 1) Mejoramiento de las condiciones socio-económicas de la población mediante la creación de fuentes de trabajo, tanto en el área donde estarán ubicadas la calera y la planta, como en la ciudad donde estarán las oficinas administrativas. Se ha indicado que sólo la planta requerirá de 150 nuevos empleados.
- 2) Beneficios fiscales por el pago de impuestos, no sólo sobre las transacciones, sino también por la generación de utilidades.
- 3) Generación de divisas derivadas del proceso de exportación del producto y por consiguiente participación en el mejoramiento de la balanza de pagos del país.
- 4) Contribución al desarrollo de las áreas rurales principalmente de las comunidades circunvecinas a la planta, al incrementarse los ingresos de los pobladores de las mismas.
- 5) Participación en el incremento del Producto Nacional Bruto (PNB), resultado del incremento en la elaboración de productos para la construcción.
- 6) Dinamización de la oferta y la demanda en el mercado de la

cal. debido a que habrá diversidad en la oferta del producto y se desarrollará mayor competencia.

7) La proyección social de la empresa, no sólo mediante el lanzamiento del producto al mercado, sino también por la existencia de una unidad económica más en el concierto de las fuerzas activas del país.

8) Contribuir al mejoramiento de la imagen de Guatemala, como país exportador, al lanzar al mercado un nuevo producto de exportación no tradicional.

9) Contribuir al proceso de integración de las áreas marginadas del país al establecer industrias que generarán comercio regional.

10) Contribución en la Retención del Valor Agregado, ya que dada la naturaleza del proyecto, habrá mayor participación en el componente del valor agregado en vista de que los insumos importados son mínimos.

CONCLUSIONES

1.- A través del presente trabajo de tesis, se logró desarrollar y describir el proceso industrial de la cal, sus aplicaciones y algunos de sus productos complementarios, que permite proveer un documento útil para la implementación de un proyecto práctico real.

2.- Los parámetros económicos del proyecto, establecidos y encontrados dentro del desarrollo del tema, sugieren que el proyecto a nivel de perfil es aceptable.

3.- La cal es una materia prima que se deriva de una roca relativamente fácil de localizar en la corteza terrestre. En la realidad, el proceso para producirla eficientemente es complicado, ya que implica una serie de gastos iniciales cuantiosos; controlar el proceso para producir un producto que llene los requisitos de calidad, y producirla en la cantidad necesaria para que el proyecto sea rentable, requiere de un control estricto y concurso de personal calificado.

4.- Establecer una fábrica de cal térmica y económicamente eficiente requiere de la participación de profesionales en la materia y la adquisición de equipo que actualmente no se cuenta en Guatemala. En general, el equipo principal tiene que ser importado directamente, ya que por su alto costo, peso, y especialización, no se encuentra en el mercado local.

5.- Las caleras tradicionales son térmica y económicamente ineficientes. También producen una contaminación ambiental mucho mayor que la asociada a un horno rotativo, ya que se emplean en muchos casos combustibles de desecho que no se queman o aprovechan totalmente.

6.- El campo de la industria de la cal es complicado. Los sistemas de producción son generalmente mucho más avanzados en otros países; la

instalación de una fábrica de cal con horno rotativo en nuestro medio puede resultar muy costosa, ya que se tendría que capacitar al personal con una tecnología muy diferente de la tradicional.

RECOMENDACIONES

1.- El trabajo de tesis fue desarrollado a nivel de perfil, por lo que para proseguir la evaluación del proyecto, se debería continuar con el mismo a nivel prefactibilidad, cuyo tema está fuera de los límites de esta tesis.

2.- Si se desea instalar una fábrica de este tipo, es necesario poseer los conocimientos necesarios del producto y contar con profesionales con experiencia en la materia.

3.- Se deben considerar seriamente los efectos que sobre el mercado nacional tendría una nueva marca. En cualquier momento, una baja en el precio, por un exceso de oferta cuando no se cuenta con suficiente capital de trabajo, se puede traducir en una quiebra definitiva, por lo cual se debe hacer un estudio minucioso de la competencia.

4.- Los factores que se deben considerar para la localización industrial también son de gran interés, y se les debe dar una alta prioridad. Su correcta evaluación se puede traducir en un efecto de apoyo para el desenvolvimiento normal de la planta; una evaluación defectuosa puede complicar o inutilizar la nueva planta.

5.- Es necesario evaluar el proyecto al punto de demostrar la posibilidad de realizar ventas por un volumen similar al máximo que puede producir la planta, ya que este tipo de planta debe ser operado continuamente tanto tiempo como sea posible, ya que las paradas del horno son sumamente caras.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- A MACLEAN, Hunter Publication, Rock Products, Forecast 1993,
Publication 1992, E.E.U.U.: s.p.i, 1992. 1234 pp.
- 2.- ANTONIO TORRES, Sergio, Manual de Ingenieria de Plantas,
Universidad San Carlos de Guatemala 1994. 39 pp.
- 3.- BOYTON, Roberts S., Quimica y tecnologia de la cal y la
piedra caliza, 2da edición, E.E.U.U.: s.p.i, 1989.
980 pp.
- 4.- LOPEZ REVOLORIO, Luis R., Evaluación del diseño de un horno
de cal, (Tesis:Facultad de ingenieria, Universidad
San Carlos de Guatemala) Guatemala 1985, 95 pp.
- 5.- MANUEL DE LEON, Gregorio, Estudio del Grado de Conversión de
la Caliza Dolomítica, (Tesis: facultad de ingenieria,
Universidad San Carlos de Guatemala) Guatemala,
febrero 1990, 160 pp.
- 6.- MORALES, Rene, Entrevista personal. Gerente General Productos
Superiores, Fábrica de cal por implementar, 1994,
Guatemala.
- 7.- PAIZ VASQUEZ, Rolando de Jesús. Estudio Industrial
implementación Fábrica de Cal, Sercop 1992. Archivo
Avalúos Industriales.
- 8.- W.H., Taylor. Manual de Procesos quimicos en la industria,
2da edición, Australia: edit. McGraw Hill, Australia,
1978, 180 pp.
- 9.- ASTM, Annual Book of ASTM Standards, Construction, volumen
4.01, E.E.U.U.: Editorial Staff, 1990. 1090 pp.

- 10.- Banco de Guatemala, Estudio Económico y Memoria de Labores 1992, 3a. edición, Igado, S.A. Publicaciones Banco de Guatemala por Honorable Junta Monetaria, 120 pp.
- 11.- CAMARA GUATEMALTECA DE LA CONSTRUCCION, Folletos estadísticos, Guatemala: s.p.i., 1994. 4 pp.
- 12.- ENTREVISTA Y VISITAS, Cemento Progreso, Horcalsa.
- 13.- FOLLETOS MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, Estadísticas de producción de cal., Guatemala: s.p.i., 1994. 29 pp
- 14.- ICAITI, Normas Icaiti, publicación 1990. Guatemala: s.p.i. 1990. 8 pp.
- 15.- ICAITI, Lime Industry. Horno de leña para cal. Guatemala: Proyecto de leña y fuentes alternas de energía, 1987. 45 pp.
- 16.- INE, Instituto Nacional de Estadística, Folletos estadísticos demanda de cal. Guatemala: s.p.i., 1990. 19 pp.
- 17.- MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA, Manual de Localización Industrial, Guatemala: Sección urbanismo, 1990. 69 pp

APPENDICE 1

CUADRO No. 1 REQUISITOS QUÍMICOS

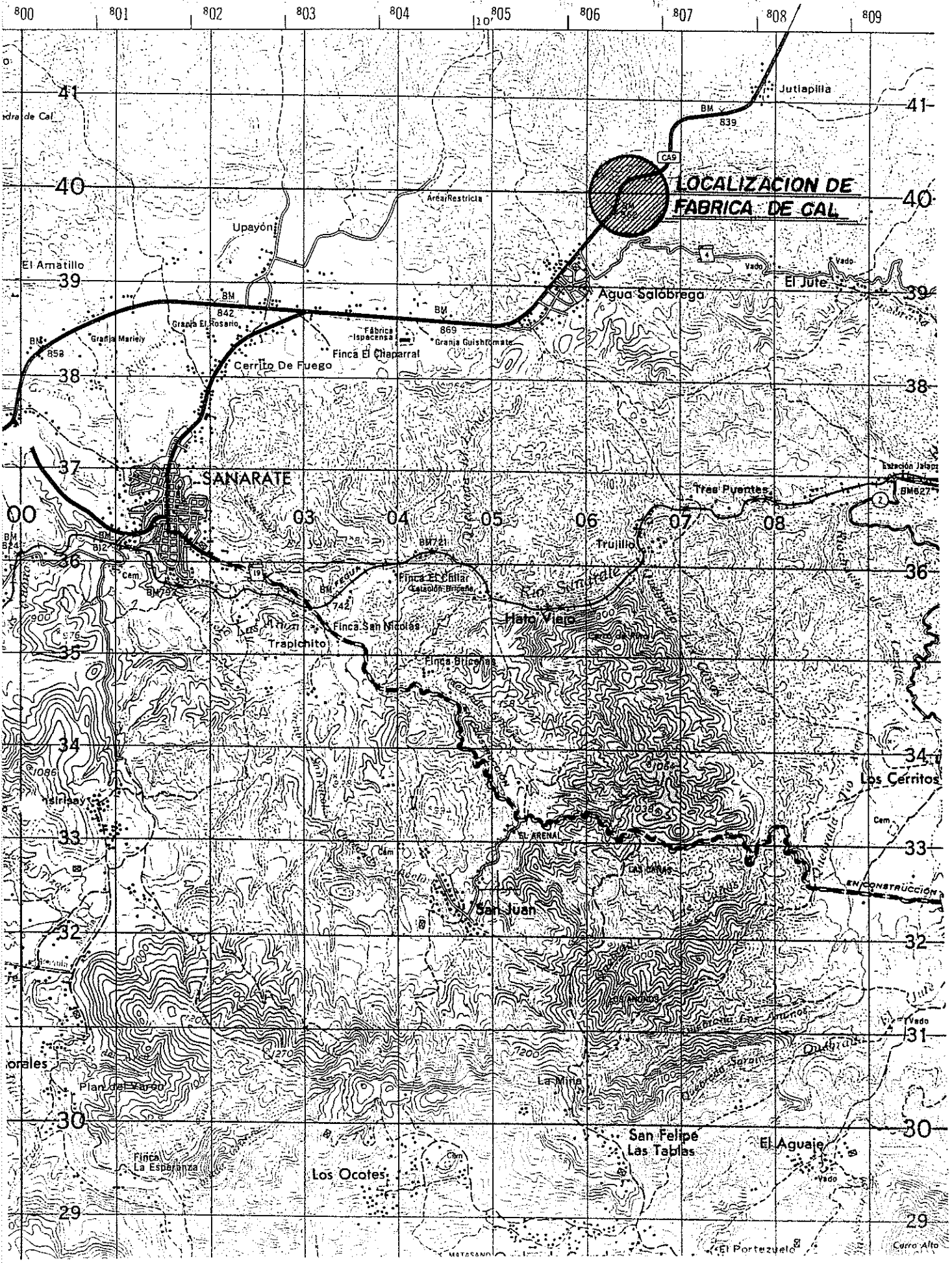
REQUISITOS	NORMAL	NORMAL CON INCORPORADOR DE AIRE	ESPECIAL	ESPECIAL CON INCORPORADOR DE AIRE
Óxidos de calcio y magnesio (en base no volátil), en % mínimo:	90	90	90	90
Dióxido de carbono (en base tal como se recibe), en % máximo:				
Óxidos no hidratados (en base tal como se recibe, en % máximo):	sin limite	sin limite	8	8

MEMORIA ICALITI 41018

CUADRO No. 2 REQUISITOS ESPECIOS

REQUISITOS	NORMAL	NORMAL CON INCORPORADOR DE AIRE	ESPECIAL	ESPECIAL CON INCORPORADOR DE AIRE
Residuo retenido en tamiz No. 200 (75 μ m), en % máximo	15	15	15	15
Residuo retenido en tamiz No. 30 (600 μ m), en % máximo	0.5	0.5	0.5	0.5
Empolladuras y picaduras, si el residuo en tamiz No. 30 (600 μ m) es mayor que 0.5 %	0	0	0	0
Retención de agua del mortero después de succión durante 60 seg, en % mínimo:	75	75	75	75
Plasticidad:				
a) Dentro de los 30 min después de mezclada la pasta con agua mínimo:	-----	-----	200	200
b) Dentro de un período no menor de 16 hrs ni mayor de 24 hrs después de mezclada la pasta con agua, mínimo:	200	-----	-----	-----

APPENDICE 2



APENDICE 3

ENCUESTO No. 4. PRODUCCION ARTESANAL DE CAL EN CENTROAMERICA

PAIS	NUMERO HORNOES QUE EXISTEN	PRODUCCION DE CAL (MILLONES DE LIBRAS)	CONSUMO DE LEÑA (M3)	NUMERO DE OPERARIOS
Guatemala	474	52.5	130,000	948
El Salvador	33	1.8	17,000	198
Honduras	174	18.6	49,000	480
Costa Rica	21	20.1	28,000	252
	702 (*)	93.00	224,000	1,878

(*) Según las consultas hechas, el número de nuevos productores que puede esperarse por año, es 25

FUENTE: PROYECTO DE LEÑA Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA
ICAITI (1976)

FUNDO No. 5 COSTO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES DE CAL. SUBTERANEO 1975

Lena (incluido el transporte)	35.00
Materia prima	45.00
Impuesto Municipal	3.00
Mano de obra	<u>20.00</u>
Total (Pesos centroamericanos)	103.00

FUENTE: PROYECTO DE LENA Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA
ICAITI (1976)

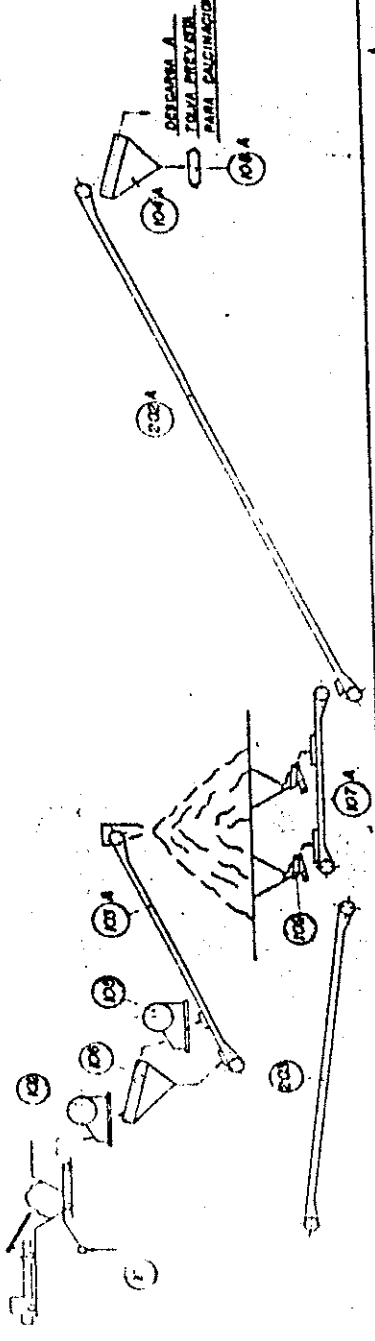
CUADRO No. 6 LISTA DE INFORMES TECNICOS Y OTRAS PUBLICACIONES
 DEL ICATI CORRESPONDIENTES AL PROYECTO LEÑA Y FUENTES
 ALTERNAS DE ENERGIA. PERIODO 1980-1987

TITULO	AÑO	PRECIO (US\$)	NOTAS
1. Leña y fuentes alternas de energía Estudio sobre leyes y políticas en America Central	1983	3.00	
2. Manual de Construcción y Operación Planta de Biogas	1983	2.00	
3. Manual de Construcción y Operación Planta económica de Biogas	1983	2.00	
4. Biogas: información general	1983	2.00	
5. Informe técnico de biogas (ensayos de sustrato)	1984	2.00	
6. Aplicaciones de biogas y bioabono	1985	2.00	
7. Digestor para biogás	1984	0.50	
8. Digestor para biogás. Construcción de bajo costo (hoja de datos técnicos)	1985	0.50	
9. Estudio sobre la introducción y adopción de estufas de leña en cinco comunidades de Guatemala.	1983	3.00	*
10. Manual de construcción y operación Estufa Chulah	1983	2.00	*

(*) Publicación agotada, disponible solo en fotocopia.

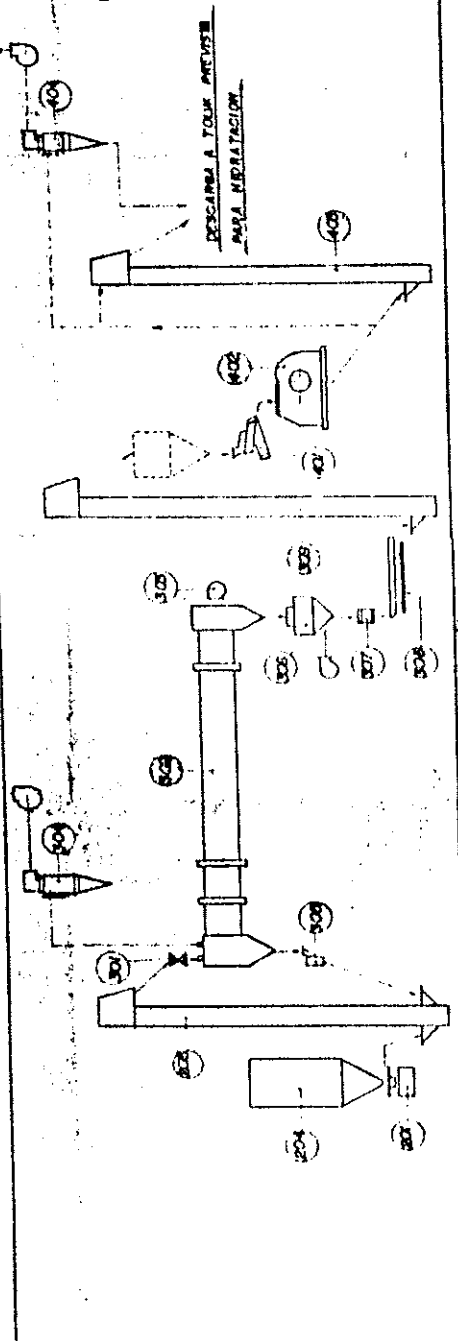
APENDICE 4

ZONA DE TRITURACION Y CLASIFICACION



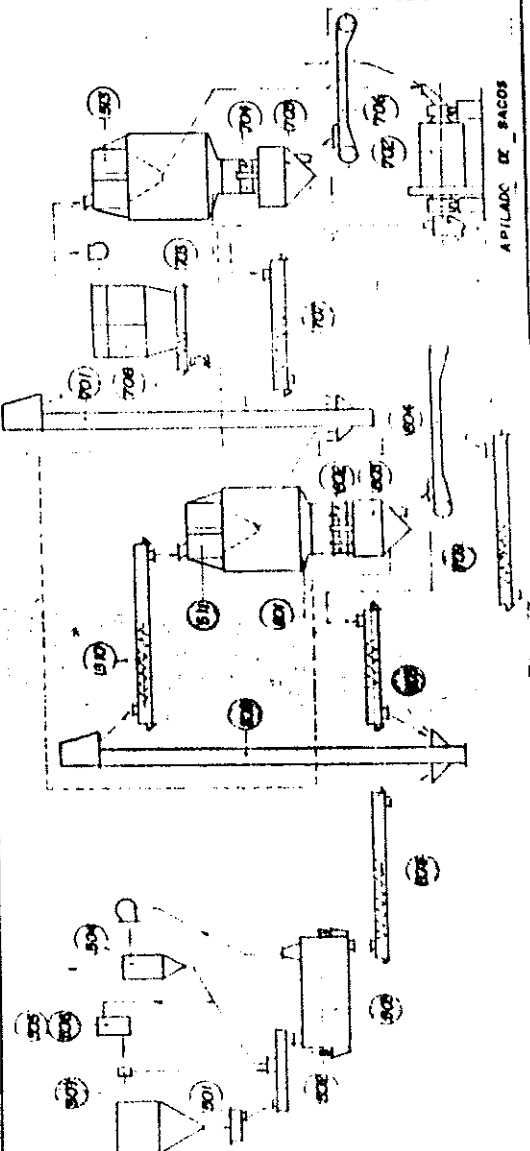
No. Pie	DENOMINACION
1	CINTA TRANSPORTADORA
2	CINTA TRANSPORTADORA
3	ALIMENTADOR VIBRANTE CON TOLVA
4	CINTA TRANSPORTADORA
5	CINTA TRANSPORTADORA
6	BRANDEADOR
7	CINTA TRANSPORTADORA
8	CINTA TRANSPORTADORA
9	BRANDEADOR
10	CINTA TRANSPORTADORA
11	BRANDEADOR
12	BRANDEADOR
13	BRANDEADOR
14	BRANDEADOR
15	BRANDEADOR
16	BRANDEADOR
17	BRANDEADOR
18	BRANDEADOR
19	BRANDEADOR
20	BRANDEADOR
21	BRANDEADOR
22	BRANDEADOR
23	BRANDEADOR
24	BRANDEADOR
25	BRANDEADOR
26	BRANDEADOR
27	BRANDEADOR
28	BRANDEADOR
29	BRANDEADOR
30	BRANDEADOR
31	BRANDEADOR
32	BRANDEADOR
33	BRANDEADOR
34	BRANDEADOR
35	BRANDEADOR
36	BRANDEADOR
37	BRANDEADOR
38	BRANDEADOR
39	BRANDEADOR
40	BRANDEADOR
41	BRANDEADOR
42	BRANDEADOR
43	BRANDEADOR
44	BRANDEADOR
45	BRANDEADOR
46	BRANDEADOR
47	BRANDEADOR
48	BRANDEADOR
49	BRANDEADOR
50	BRANDEADOR
51	BRANDEADOR
52	BRANDEADOR
53	BRANDEADOR
54	BRANDEADOR
55	BRANDEADOR
56	BRANDEADOR
57	BRANDEADOR
58	BRANDEADOR
59	BRANDEADOR
60	BRANDEADOR
61	BRANDEADOR
62	BRANDEADOR
63	BRANDEADOR
64	BRANDEADOR
65	BRANDEADOR
66	BRANDEADOR
67	BRANDEADOR
68	BRANDEADOR
69	BRANDEADOR
70	BRANDEADOR
71	BRANDEADOR
72	BRANDEADOR
73	BRANDEADOR
74	BRANDEADOR
75	BRANDEADOR
76	BRANDEADOR
77	BRANDEADOR
78	BRANDEADOR
79	BRANDEADOR
80	BRANDEADOR
81	BRANDEADOR
82	BRANDEADOR
83	BRANDEADOR
84	BRANDEADOR
85	BRANDEADOR
86	BRANDEADOR
87	BRANDEADOR
88	BRANDEADOR
89	BRANDEADOR
90	BRANDEADOR
91	BRANDEADOR
92	BRANDEADOR
93	BRANDEADOR
94	BRANDEADOR
95	BRANDEADOR
96	BRANDEADOR
97	BRANDEADOR
98	BRANDEADOR
99	BRANDEADOR
100	BRANDEADOR

ZONA DE CALCINACION



No. Pie	DENOMINACION
1	EQUIPO DE AIRE
2	ELEVADOR DE CABLES
3	ROLLO DE PARTIDAS
4	ALIMENTADOR VIBRANTE
5	ELEVADOR DE CABLES
6	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
7	VALVULA
8	VALVULA
9	EQUIPO DE AIRE
10	EQUIPO DE COMBUSTION
11	COMP. ROTATIVO
12	VALVULA
13	ELEVADOR DE CABLES
14	TOLVA
15	ALIMENTADOR DE DESC.

ZONA DE HIDRATACION Y ENSACADO



No. Pie	DENOMINACION
1	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
2	FILTRO
3	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
4	CINTA TRANSPORTADORA
5	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
6	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
7	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
8	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
9	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
10	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
11	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
12	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
13	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
14	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
15	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
16	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
17	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
18	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
19	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
20	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
21	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
22	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
23	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
24	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
25	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
26	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
27	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
28	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
29	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
30	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
31	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
32	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
33	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
34	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
35	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
36	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
37	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
38	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
39	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
40	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
41	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
42	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
43	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
44	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
45	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
46	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
47	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
48	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
49	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
50	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
51	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
52	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
53	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
54	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
55	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
56	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
57	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
58	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
59	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
60	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
61	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
62	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
63	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
64	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
65	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
66	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
67	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
68	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
69	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
70	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
71	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
72	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
73	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
74	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
75	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
76	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
77	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
78	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
79	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
80	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
81	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
82	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
83	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
84	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
85	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
86	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
87	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
88	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
89	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
90	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
91	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
92	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
93	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
94	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
95	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
96	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
97	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
98	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
99	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.
100	TR. ALIMENTADOR OSC. INT.

ESQUEMA DE PLANTA TIPICA
CALCINACION E HIDRATACION DE CA.

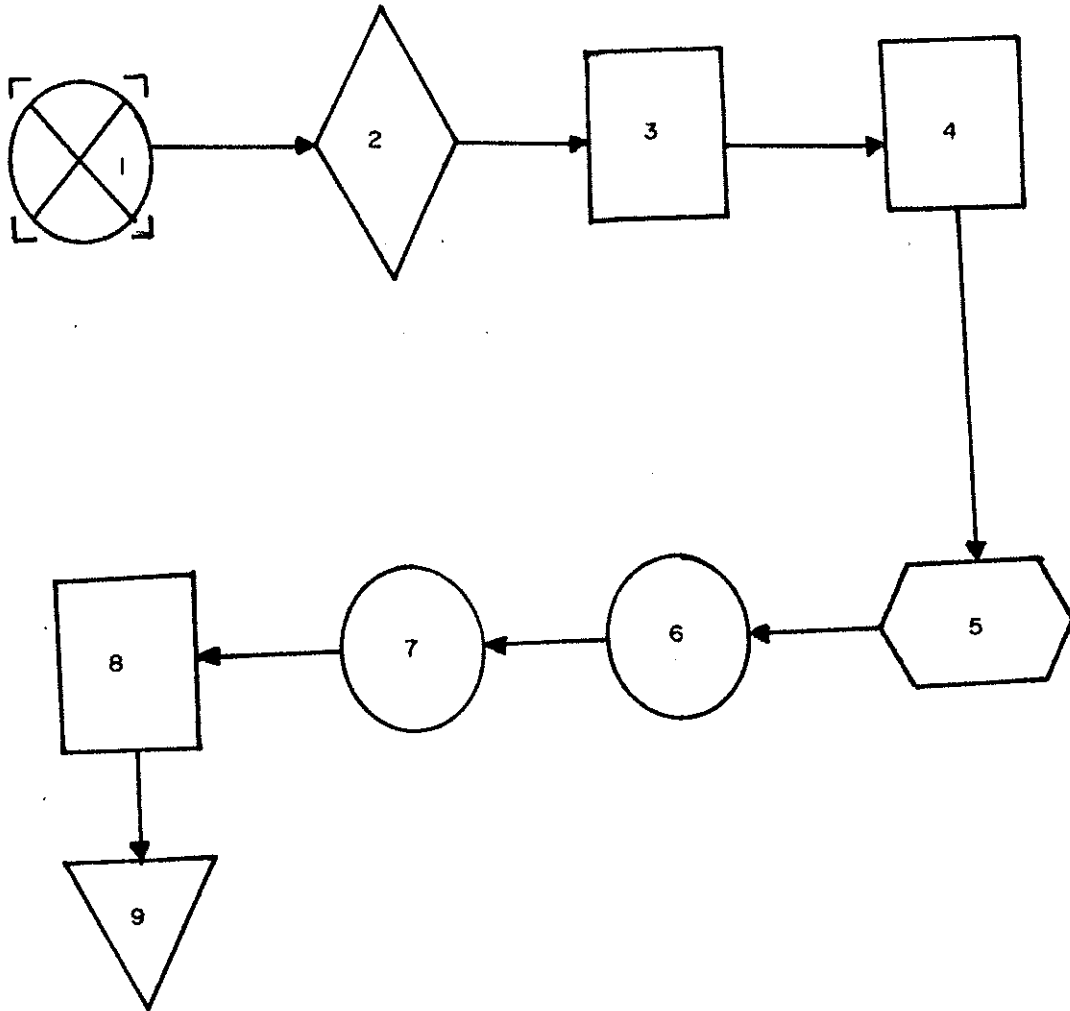
PLAN

APILADO DE SACOS

PLANO No.2

ETAPAS EN EL PROCESO DE PRODUCCION

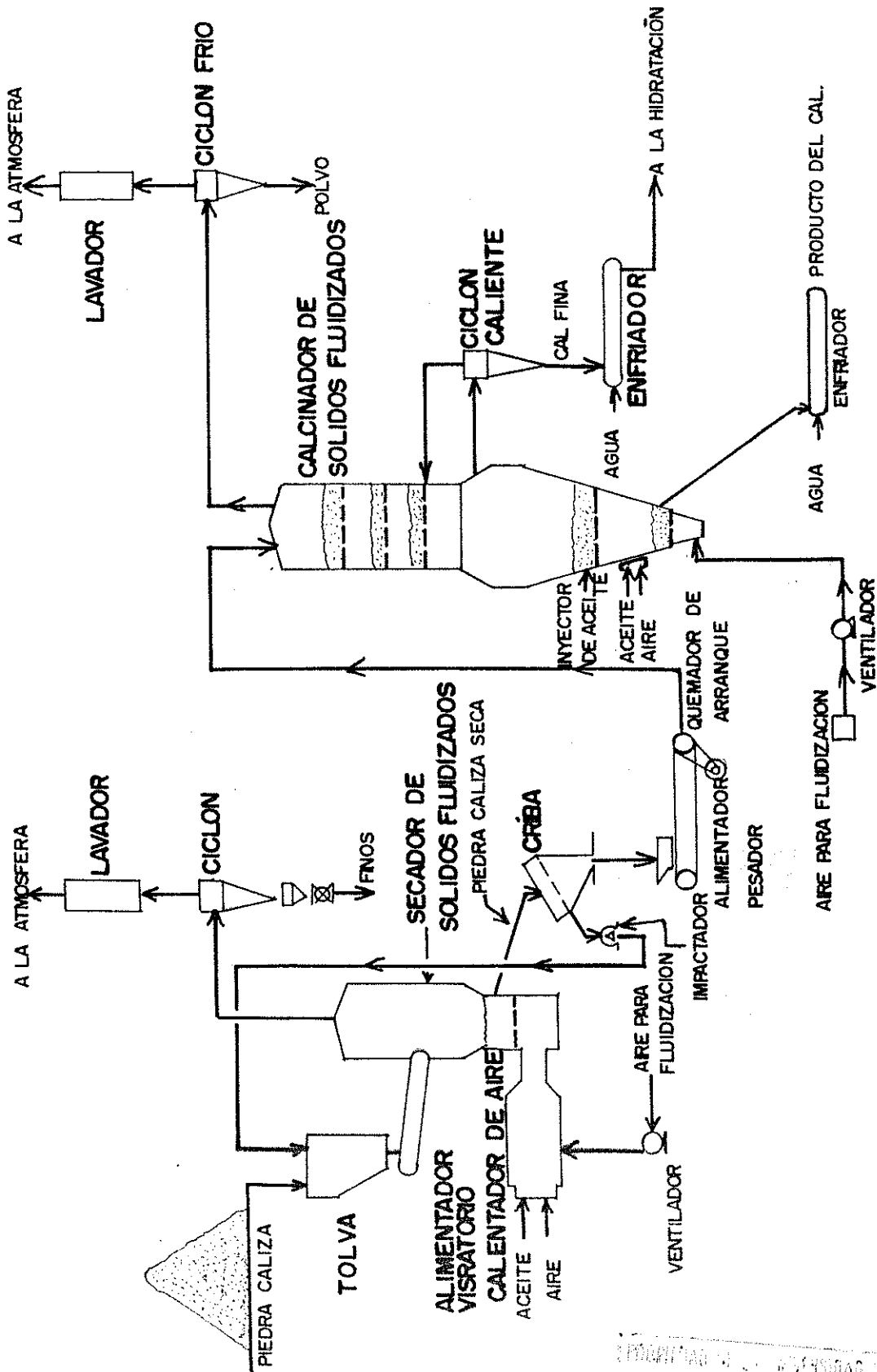
DE CAL



1. DINAMITADO.
2. TRITURACION Y CLASIFICACION.
3. CALCINACION.
4. MOLIENDA PREVIA A LA HIDRATACION.
5. HIDRATACION DE CAL.
6. ENSACADO DE CAL HIDRATADA.
7. MOLIENDA DE CAL HIDRATADA.
8. ENSACADO DE CAL HIDRATADA.
9. ALMACENAJE.

5

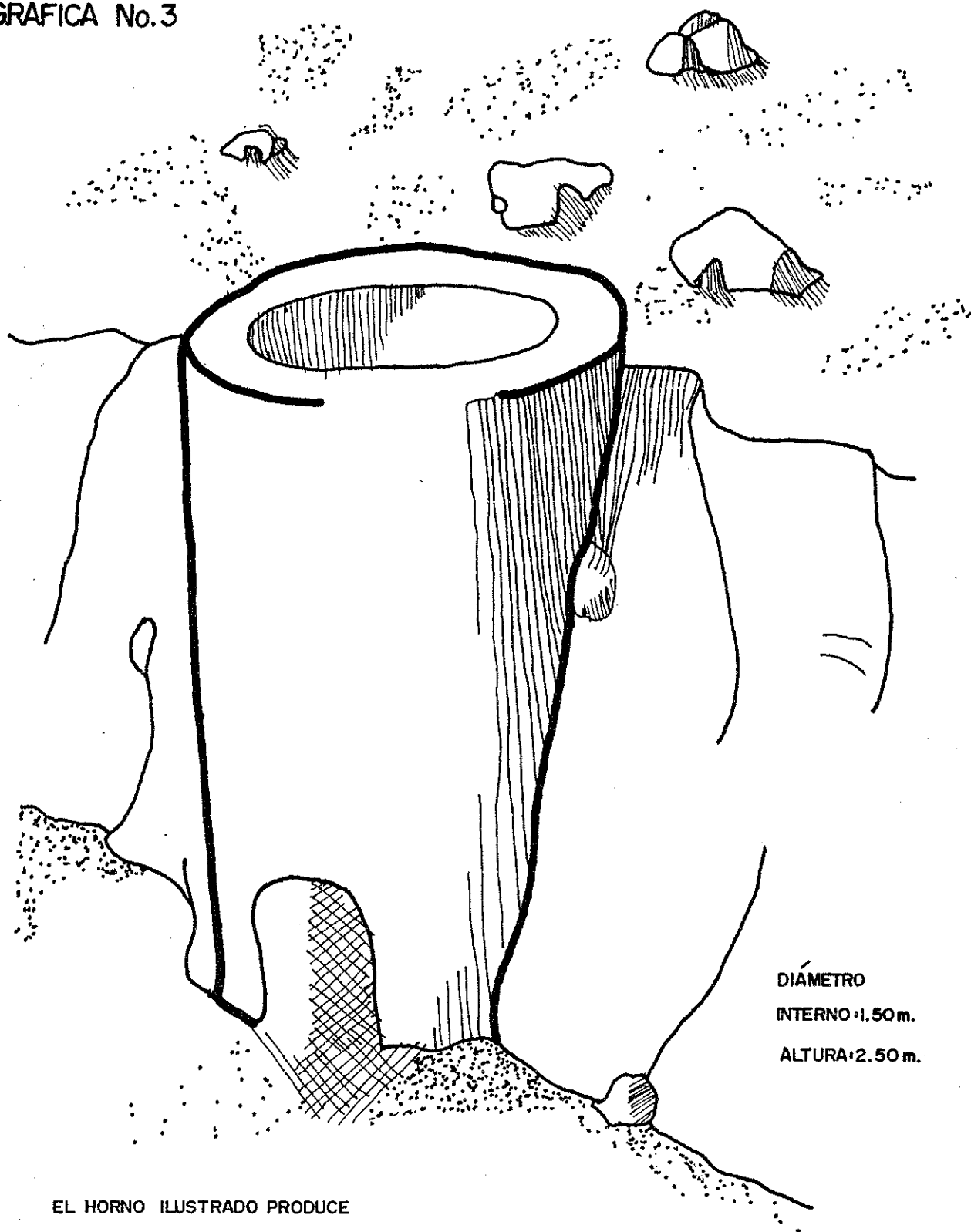
APPENDICE



GRAFICA No.2 SISTEMA DE CALCINACIÓN DE CAL EN HORNOS VERTICALES.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca

GRAFICA No.3

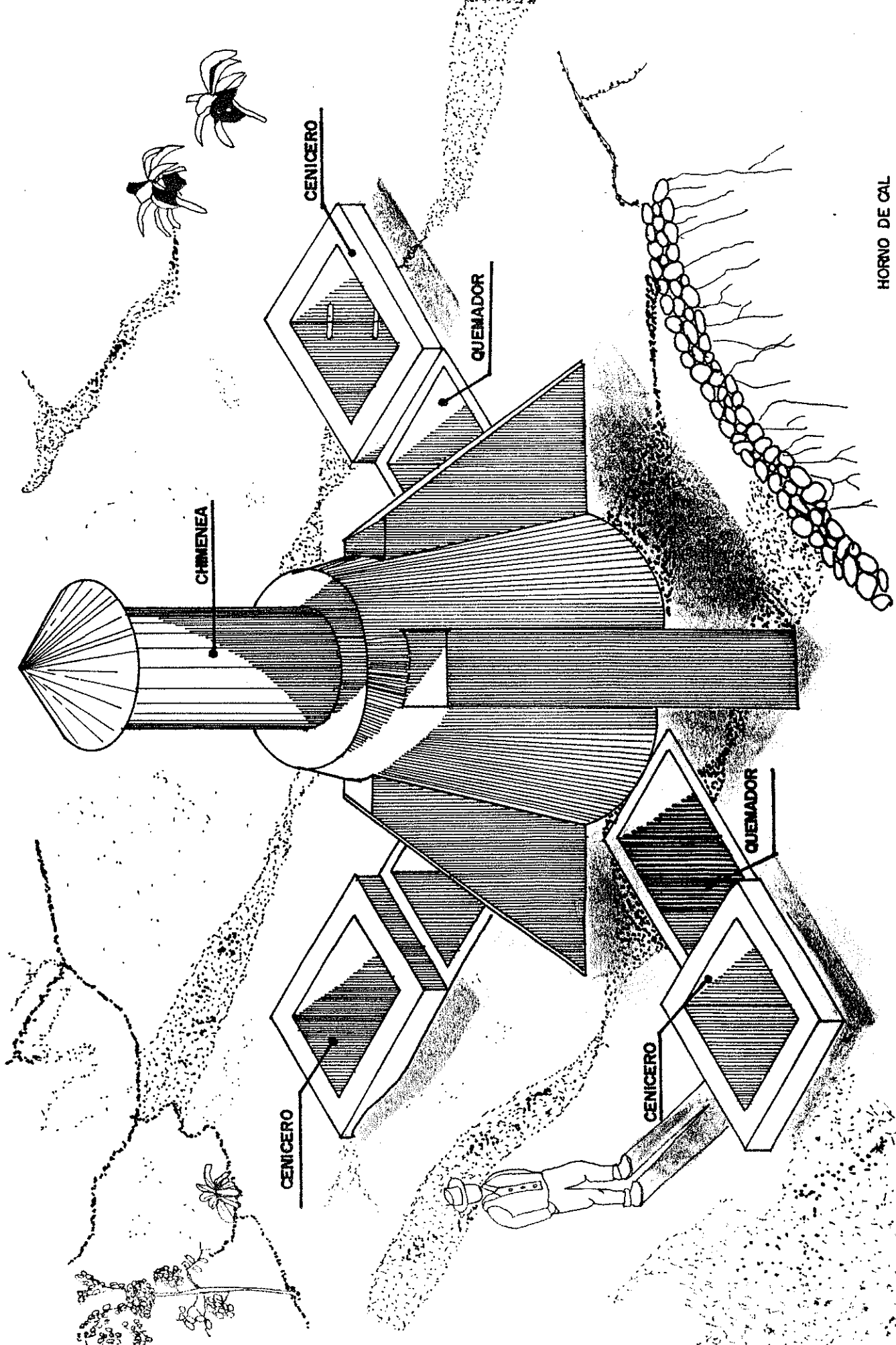


DIÁMETRO
INTERNO: 1.50 m.
ALTURA: 2.50 m.

EL HORNO ILUSTRADO PRODUCE
50 QUINTALES POR TANDA; CADA TANDA DURA 72 ;
EL HORNO CONSUME 65 "CARGAS" DE LEÑA POR TANDA.
EL QUINTAL DE CAL PRODUCIDA SE VENDE A \$ CA 2.00.

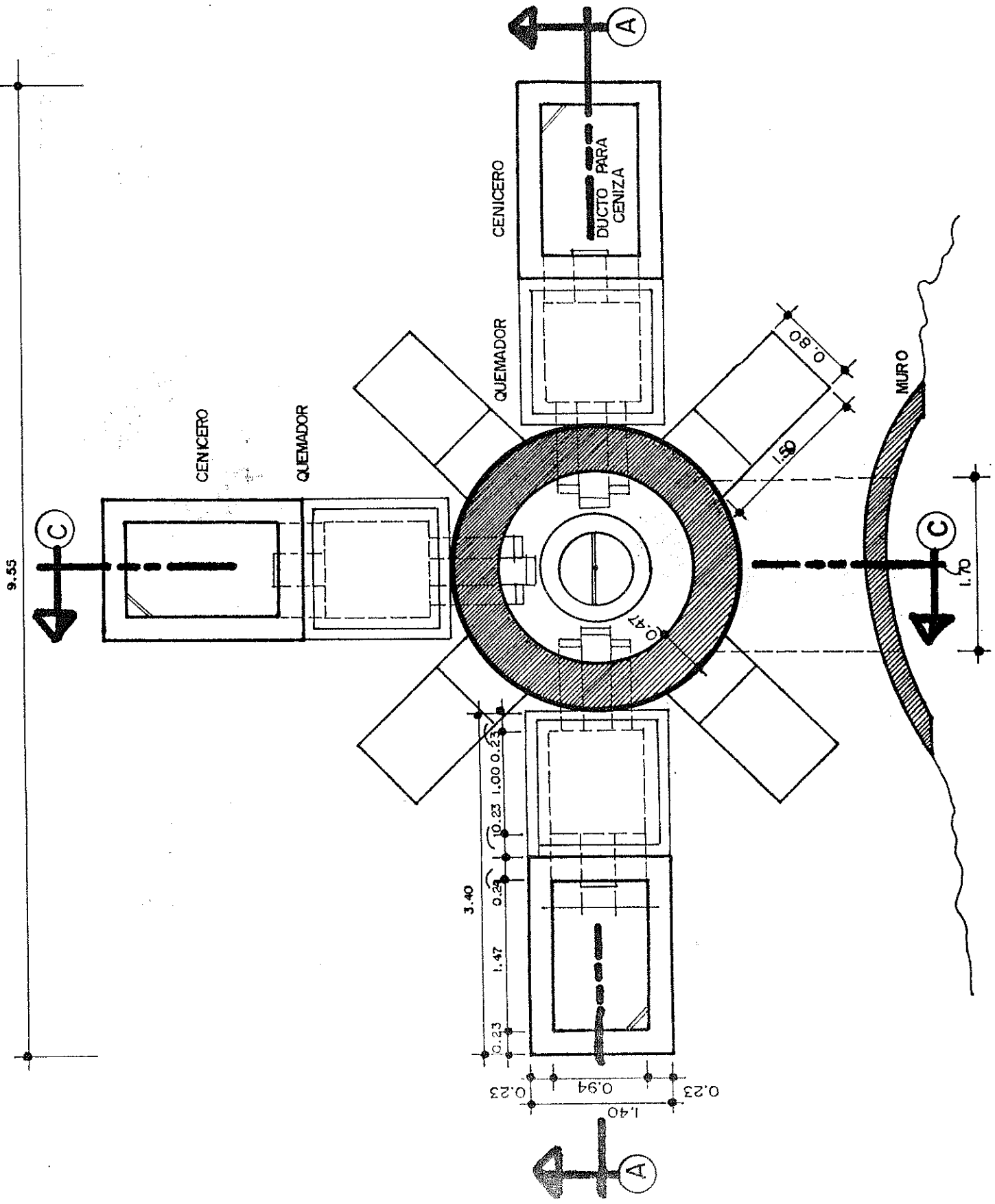
GRAFICA No. 4

PLANOS DEL HORNO DE FUNCIONAMIENTO CONTINUO
PARA CAL.

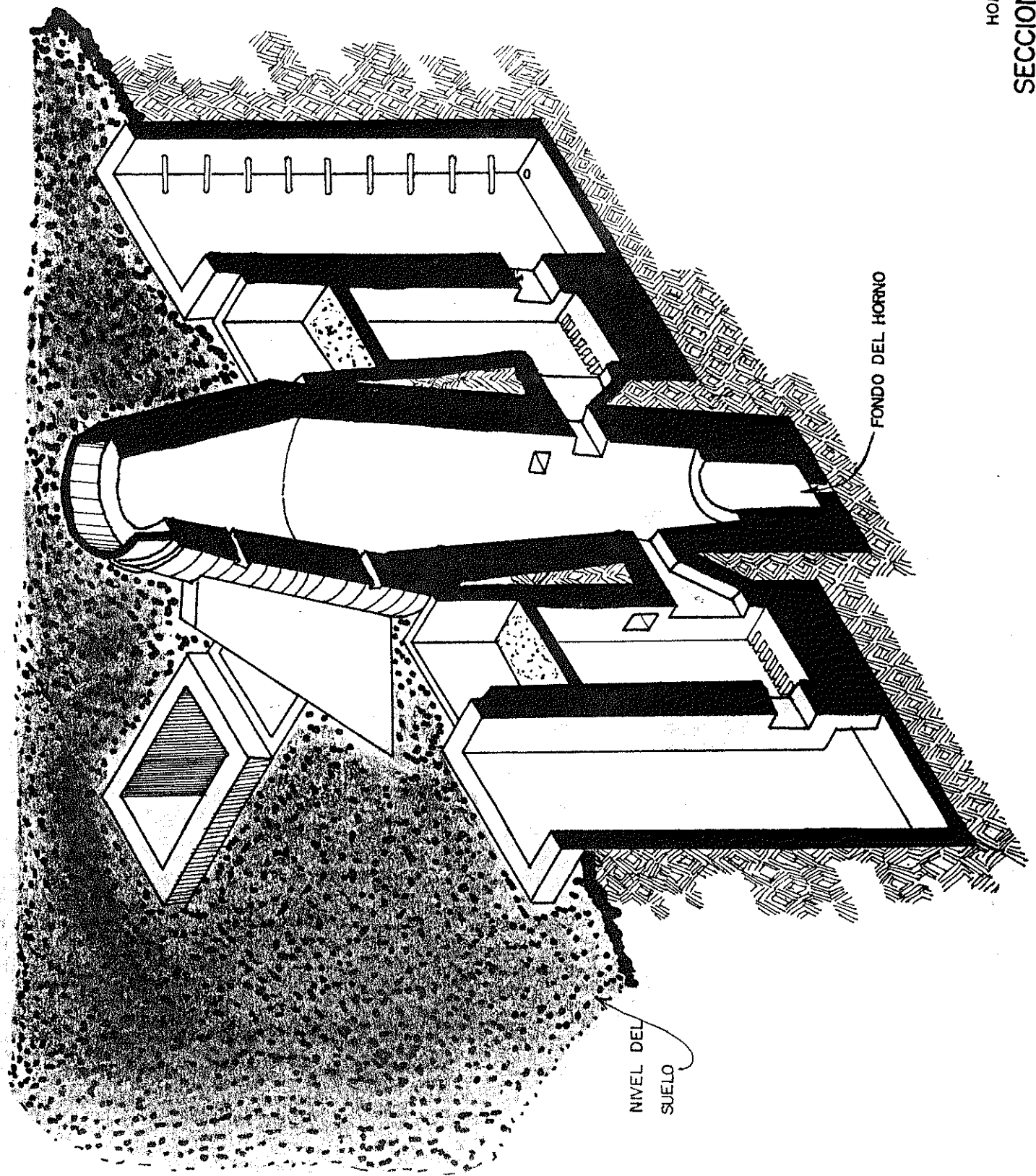


HORNO DE CAL
VISTA GENERAL

HORNO DE CAL
DI ANTA ACOTADA

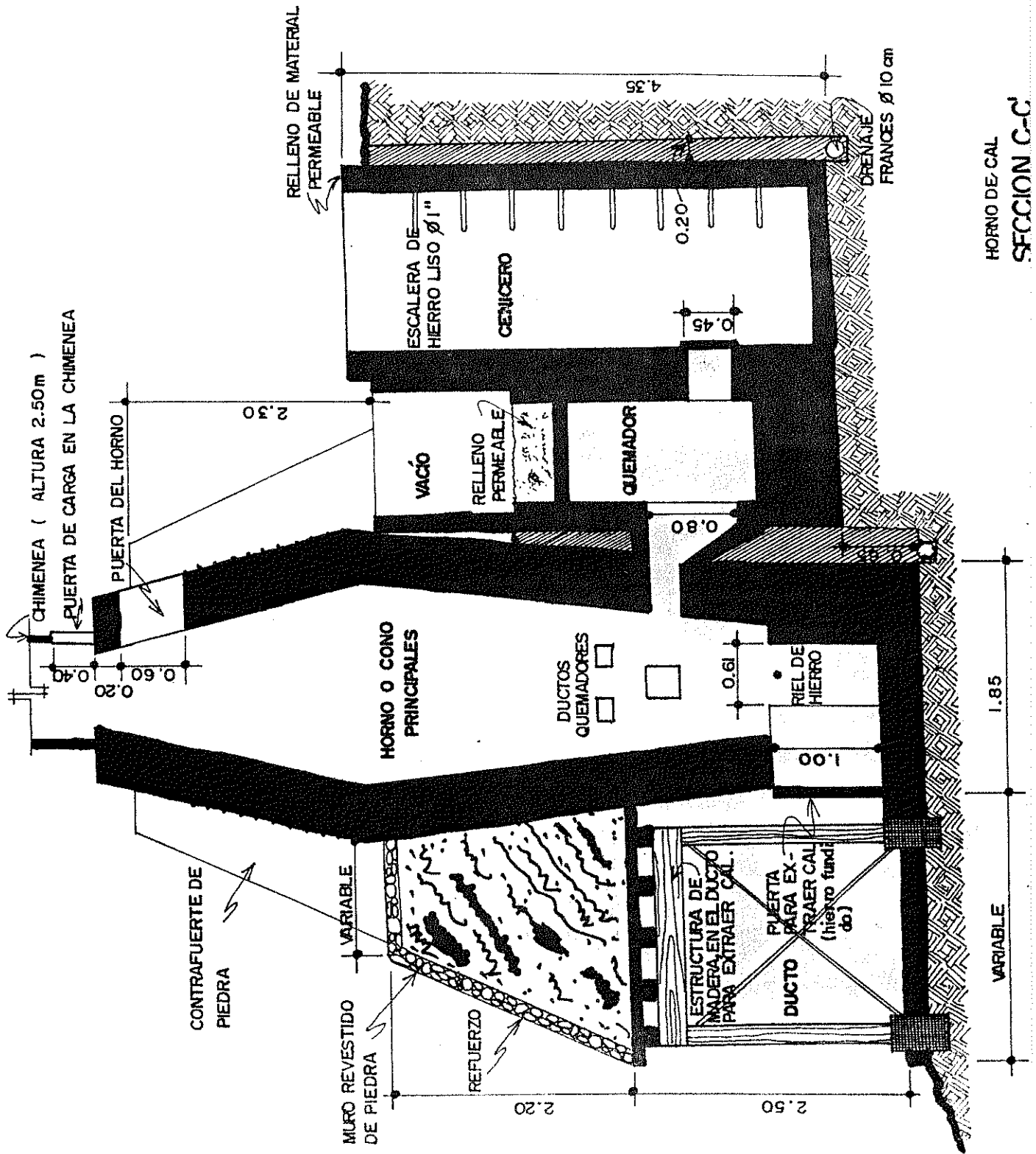


HORNO DE CAL
SECCION LONG. A-A



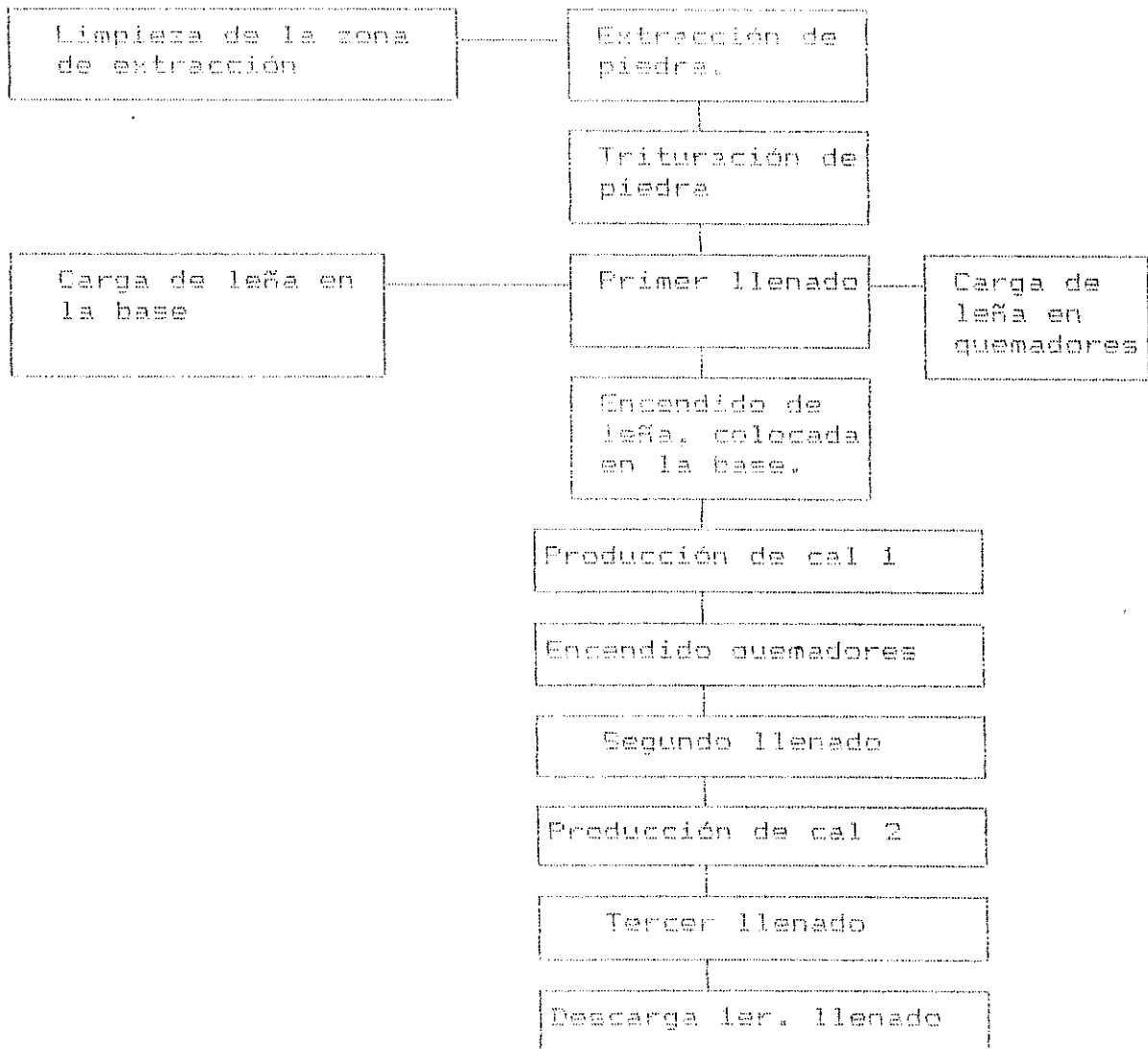
FONDO DEL HORNO

NIVEL DEL
SUELO



HORNO DE CAL
SECCION C-C'

GRAFICA No. 5 Operación del horno de funcionamiento continuo para cal. San José Poaquil, Chimaltenango, Guatemala. Presentado en la gráfica No. 4.



El horno presentado es de circulación vertical, mide 7 metros de altura y dispone de 3 quemadores para leña contruidos en la parte inferior: uno en la parte trasera del horno, y los otros dos a los lados. En la base, en la parte frontal tiene un ducto para extraer la cal producida. Las cenizas se retiran por el mismo ducto que se carga la leña.

El funcionamiento es semicontinuo, ya que se carga en forma continua y se descarga por lotes.

La piedra caliza se carga en el horno por arriba, por una compuerta trasera y por la compuerta colocada en la base de la chimenea.

1. EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA CALIZA.

La cantera está ubicada en la parte posterior del horno, y la extracción se hace a mano.

Se limpia la zona, se extraen rocas de tamaño mediano y se trasladan cerca del horno; allí se rompen en pedazos de 7 a 12 cms, se seleccionan luego los pedazos de roca que se echarán al horno; rechazando las piedras muy grandes y muy pequeñas.

2. LLENADO DEL HORNO.

Existen tres maneras de llenar el horno:

PRIMER LLENADO

En el anillo de la base del horno (que queda a un metro del nivel del fondo), se colocan tres piedras grandes, con el fin de cerrar la boca, de 61 cms de diámetro. Sobre estas piedras se apoya el resto de la carga. Se procede a colocar piedras más pequeñas hasta alcanzar el nivel de los ductos de los quemadores (a 2 ms del fondo, aproximadamente).

SEGUNDO LLENADO

Se encienden los quemadores y se deja que la carga del primer llenado se calcine (la temperatura del horno sube por encima de los 800 grados centígrados).

TERCER LLENADO

Cuando la carga del segundo llenado se ha calcinado, se completa el llenado del horno hasta llegar a la boca del mismo. Esta es la última fase de la carga del horno cuando se arranca frío, y es la que luego se repite para hacer el proceso semicontinuo.

3. ENCENDIDO DEL HORNO.

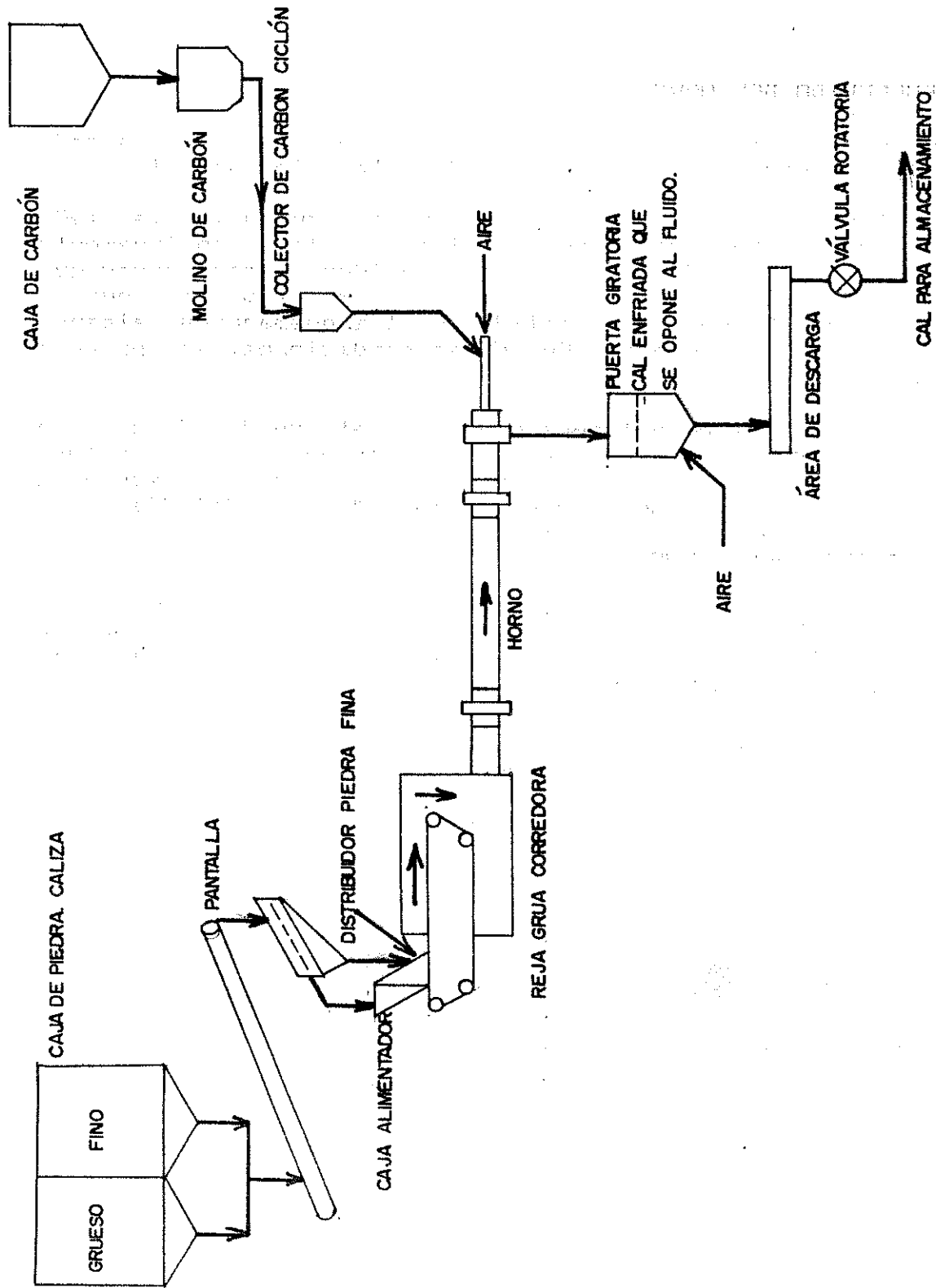
Junto con el primer llenado, se coloca la leña en cada uno de los quemadores y en el ducto de extracción de cal.

La etapa inicial de encendido consiste en quemar la leña colocada en la base del horno y alimentar leña continuamente las 24 horas del día durante 3 días seguidos, hasta lograr que la piedra del primer llenado se calcine completamente y que la temperatura del horno en la salida de los quemadores alcance los 800 grados centígrados. En estas condiciones, se procede al segundo llenado.

La segunda etapa del encendido consiste en dar fuego a la leña de los tres quemadores, hasta lograr que la temperatura del horno sea uniforme en toda su altura. Esta es la forma de suministrarle calor al horno durante las 24 horas del día.

4. DESCARGA DEL HORNO

Se realiza por lotes; el primer lote se descarga cuando se ha terminado el tercer llenado, es decir, luego de que se ha calcinado la piedra del segundo llenado. A esta cal se le hacen pruebas para determinar su calidad.



GRAFICA No.6 DIAGRAMA DE FLUJO, HORNO ROTATORIO

APENDICE 6

BALANCE GENERAL PROYECTIVO
CIFROS EN MILS DE DOLARES

Hoja No. 1

	1	2	3	4	5	6	7	8
ACTIVO								
ACTIVO CORRIENTE								
1. Corriente								
Caja y Bancos	500.00	3,966.00	13,223.00	24,942.00	38,448.00	54,279.00	69,402.00	84,824.00
SUB-TOTAL ACTIVO CORRIENTE	500.00	3,966.00	13,223.00	24,942.00	38,448.00	54,279.00	69,402.00	84,824.00
ACTIVO FIJO								
2. Fijo								
Terrenos	80,234.00	80,234.00	80,234.00	80,234.00	80,234.00	80,234.00	80,234.00	80,234.00
Maquinaria y Equipo de producción	11,266.00	11,266.00	11,266.00	11,266.00	11,266.00	11,266.00	11,266.00	11,266.00
Veículos	463.00	463.00	463.00	463.00	463.00	463.00	463.00	463.00
Mobiliario y Equipo de Oficina	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
Otros activos fijos	1,280.00	1,280.00	1,280.00	1,280.00	1,280.00	1,280.00	1,280.00	1,280.00
Reservas:								
Depreciaciones y amortizaciones	(5,265.00)	(10,570.00)	(15,855.00)	(21,140.00)	(26,425.00)	(31,710.00)	(36,995.00)	(42,280.00)
SUB-TOTAL ACTIVO FIJO	87,983.00	82,684.00	77,389.00	72,114.00	66,829.00	61,544.00	56,280.00	50,974.00
TOTAL ACTIVO	88,543.00	86,650.00	90,612.00	97,056.00	105,277.00	115,823.00	125,681.00	135,798.00
PASIVO								
PASIVO CORRIENTE								
1. Pasivo a mediano y largo plazo								
Préstamos bancarios	2,451.00	6,386.00	5,321.00	4,236.00	3,191.00	2,126.00	1,061.00	0.00
Otros obligaciones	3,410.00	3,052.00	2,654.00	2,226.00	1,868.00	1,520.00	1,142.00	84.00
TOTAL PASIVO CORRIENTE	10,861.00	9,438.00	7,975.00	6,462.00	5,059.00	3,646.00	2,203.00	84.00
PASIVO PERMANENTE								
2. Capital								
Capital social	80,847.00	80,277.00	79,610.00	78,873.00	77,949.00	77,588.00	77,418.00	77,332.00
Reservas acumuladas	3,153.00	3,106.00	3,027.00	3,183.00	2,328.00	1,638.00	1,660.00	57,462.00
TOTAL PASIVO PERMANENTE	77,680.00	77,383.00	82,637.00	82,056.00	80,277.00	79,226.00	79,078.00	135,016.00
TOTAL PASIVO + CAPITAL	88,543.00	86,650.00	90,612.00	97,056.00	105,277.00	115,823.00	125,681.00	135,798.00

TABLA DE
AMORTIZACIÓN

TABLA No.2

ANO	SALDO CAPITAL	AMORTIZACIÓN ANUAL	INTERESES 24 %	PAGOS TOTALES
1	8,570.00	1,224.00	2,351.00	3,575.00
2	7,346.00	1,224.00	2,057.00	3,281.00
3	6,122.00	1,224.00	1,763.00	2,987.00
4	4,898.00	1,224.00	1,469.00	2,693.00
5	3,674.00	1,224.00	1,176.00	2,400.00
6	2,450.00	1,224.00	882.00	2,106.00
7	1,226.00	1,224.00	588.00	1,812.00
8	0.00	1,226.00	294.00	1,520.00

MONTO: Q 9,794,000

TASA DE INTERES: 24 % anual

PLAZO: 8 años

FLUJO DE CASH PROYECTIVO
CIFRAS EN MILLES DE DOLARES

Tabla No. 4

DETALLES	1	2	3	4	5	6	7	8
A. INGRESOS								
Saldo año anterior		50.00	3,965.00	13,223.00	24,942.00	33,448.00	54,273.00	69,402.00
Ventas brutas	19,728.00	26,336.00	38,348.00	45,748.00	58,548.00	58,548.00	58,548.00	58,548.00
Préstamo Inversión fija	9,794.00							
Préstamo Capital de trabajo	5,000.00							
fuente fondos propios	1,000.00							
TOTAL INGRESOS	36,522.00	26,915.00	42,253.00	59,971.00	83,490.00	97,996.00	112,822.00	127,950.00
B. EGRESOS								
1. INVERSION								
Maquinaria de producción	8,516.00							
Construcciones	1,278.00							
Gastos instalación y formalización	700.00							
SUB-TOTAL EGRESOS	10,494.00							
2. GASTOS DE OPERACION								
Materiales primos y materiales	2,281.00	3,110.00	3,871.00	5,322.00	7,603.00	7,603.00	7,603.00	7,603.00
Salarios y Salarios	312.00	438.00	560.00	746.00	1,026.00	1,026.00	1,026.00	1,026.00
Gastos de producción (excepto depreciación)	7,163.00	10,400.00	12,240.00	14,180.00	15,082.00	15,082.00	15,082.00	15,082.00
3. GASTOS FINANCIEROS								
5.1 Préstamo nuevo	1,283.00	1,524.00	1,701.00	1,823.00	2,346.00	2,346.00	2,422.00	2,422.00
5.2 Préstamo vigente	2,412.00	3,049.00	3,401.00	3,738.00	4,691.00	4,732.00	4,664.00	4,916.00
4. GASTOS DE OPERACION								
5.1 Préstamo nuevo	3,580.00	2,066.00	1,783.00	1,469.00	1,176.00	882.00	588.00	294.00
5.2 Préstamo vigente	908.00	818.00	722.00	636.00	546.00	456.00	364.00	274.00
5. I.S.R								
SUB-TOTAL EGRESOS	17,846.00	21,488.00	27,428.00	32,422.00	42,440.00	42,115.00	41,823.00	41,524.00
3. AMORTIZACION								
7.1 Préstamo largo plazo	1,224.00	1,224.00	1,224.00	1,224.00	1,224.00	1,224.00	1,224.00	1,224.00
7.2 Préstamo Corto Plazo	5,000.00							
7.3 Préstamo vigente	378.00	378.00	378.00	378.00	378.00	378.00	378.00	378.00
SUB-TOTAL	6,602.00	1,602.00	1,602.00	1,602.00	1,602.00	1,602.00	1,602.00	1,602.00
TOTAL EGRESOS	34,942.00	23,090.00	29,030.00	34,024.00	44,042.00	43,717.00	43,425.00	43,126.00
DISPONIBILIDAD	500.00	3,915.00	13,223.00	24,942.00	33,448.00	54,273.00	69,402.00	84,824.00

* INCLUIE 1,224,000 DOLARES PRESTAMO CAPITAL DE TRABAJO

ESTADO DE PERIODOS Y GANANCIAS
CIENTOS EN MILLES DE QUETZALES

Hoja No. 3

DETALLES AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8
1. INGRESOS								
Ventas brutas	19,728.00	26,336.00	38,348.00	45,748.00	58,548.00	58,548.00	58,548.00	58,548.00
2. COSTOS DE PRODUCCION								
1. DIRECTOS								
Materia prima y materiales	2,074.00	2,785.00	3,456.00	4,688.00	6,912.00	6,912.00	6,912.00	6,912.00
Mano de obra directa	196.00	248.00	311.00	455.00	622.00	622.00	622.00	622.00
Prestaciones sociales	93.00	124.00	156.00	218.00	311.00	311.00	311.00	311.00
Otros	235.00	314.00	392.00	548.00	785.00	785.00	785.00	785.00
SUB-TOTAL DIRECTOS	2,598.00	3,451.00	4,315.00	5,909.00	8,630.00	8,630.00	8,630.00	8,630.00
2. INDIRECTOS								
Materiales	217.00	345.00	415.00	484.00	691.00	691.00	691.00	691.00
Mano de obra	25.00	44.00	62.00	82.00	111.00	111.00	111.00	111.00
Prestaciones sociales	13.00	22.00	31.00	41.00	56.00	56.00	56.00	56.00
Depreciaciones edificios	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00
Depreciación vehículos	1,151.00	1,151.00	1,151.00	1,151.00	1,151.00	1,151.00	1,151.00	1,151.00
Amortización Activos no Renovables	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00
Combustibles	93.00	124.00	156.00	218.00	311.00	311.00	311.00	311.00
Lubricantes	3,646.00	6,077.00	7,293.00	8,508.00	12,155.00	12,155.00	12,155.00	12,155.00
Mantenimiento	800.00	800.00	800.00	800.00	1,172.00	1,172.00	1,172.00	1,172.00
Repuestos y Accesorios	246.00	328.00	410.00	492.00	674.00	674.00	674.00	674.00
Energía eléctrica	1,088.00	1,386.00	1,546.00	1,708.00	2,320.00	2,320.00	2,320.00	2,320.00
Otros	12,318.00	15,371.00	17,133.00	18,916.00	23,538.00	24,111.00	24,365.00	24,768.00
SUB-TOTAL INDIRECTOS	14,208.00	17,204.00	19,701.00	21,879.00	28,366.00	28,366.00	28,366.00	28,366.00
2. GASTOS DE ADMINISTRACION								
2. GASTOS DE VENTAS								
GASTOS FINANCIEROS								
- Préstamos nuevos	3,530.00	2,056.00	1,783.00	1,468.00	1,186.00	886.00	588.00	284.00
- Revaluaciones vigentes	908.00	908.00	727.00	636.00	546.00	456.00	364.00	274.00
TOTAL	22,867.00	26,289.00	29,040.00	32,688.00	40,992.00	41,277.00	41,288.00	41,288.00
UTILIDAD ANTES DEL I.S.R.	3,153.00	66.00	938.00	13,060.00	17,556.00	17,271.00	17,260.00	17,268.00
I.S.R.	0.00	13.00	3,165.00	4,432.00	5,970.00	5,872.00	5,873.00	5,871.00
UTILIDAD NETA	3,153.00	53.00	6,143.00	8,628.00	11,586.00	11,399.00	11,387.00	11,397.00

INGRESO
NETO

TABLA No.5

EN MILES DE QUETZALES

AÑO	INGRESOS BRUTOS	COSTOS TOTALES (1)	INGRESOS NETOS
1	19,728.00	17,601.00	2,127.00
2	26,335.00	16,997.00	9,338.00
3	38,348.00	26,919.00	11,429.00
4	45,748.00	31,850.00	13,898.00
5	58,548.00	41,662.00	16,886.00
6	58,548.00	41,862.00	16,686.00
7	58,548.00	41,851.00	16,697.00
8	58,548.00	41,865.00	16,683.00

1) INCLUYE VALOR DE LA INVERSIÓN INICIAL
Y PAGO DEL I.S.R

TASA INTERNA
DE RETORNO

CIFRAS EN MILES DE QUETZALES

TABLA No. 6

ANO	INGRESOS NETOS	FACTOR DE ACTUALIZACION 53 %	FACTOR DE ACTUALIZACION 54 %	INGRESOS NETOS ACTUALIZADOS AL 53 %	INGRESOS NETOS ACTUALIZADOS AL 54 %
0	(15,491.00)	1.0000	1.0000	(15,491)	(15,491)
1	2,127.00	0.6535	0.6493	1,390	1,381
2	9,338.00	0.4271	0.4216	3,988	3,937
3	11,429.00	0.2792	0.2738	3,191	3,129
4	13,888.00	0.1824	0.1777	2,535	2,470
5	16,886.00	0.1192	0.1154	2,013	1,949
6	16,686.00	0.0779	0.0749	1,300	1,250
7	16,697.00	0.0509	0.0486	850	811
8	16,683.00	0.0333	0.0316	556	527
SUMATORIAS				331	(37)

TIR = 53.91 %

UAN = 0 21.2 MILLONES

