



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO PARA EL CAMBIO DE PROCEDIMIENTO DE
PREPARACION DE CUERPO EN UNA PLANTA
DE CERAMICA.

85

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
Z. ORLANDO CASTILLO PORTILLO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

L.A. Tesis
AÑO 1976
FECHA
PROC. 11-80
P.



QUÍMICO

Jurado:

Presidente	Dr. Liberto De Pablo Galán
Vocal	Quím. Cristina Pérez Holder
Secretario	Ing. Quím. Cutberto Ramírez Castillo.
1er. Suplente	Ing. Quím. Roberto Andrade Cruz.
2do. Suplente	Ing. Quím. Alfonso Franyutti Altamirano.

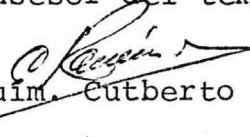
Sitio donde se desarrolló el tema:

Porcelanite, S. A.

Sustentante:


Zoilo Orlando Castillo Portillo

Asesor del tema :


Ing. Quím. Cutberto Ramírez C.

Con profundo cariño para mis Padres:

Servando Castillo Fuentes

Y

Herminia Portillo de Castillo,

en reconocimiento a sus grandes sacrifi
ficios.

A mis tios:

Leonila, Beatríz, Esperanza,
Soledad, Gildardo, Jorge y
Luis Castillo Fuentes, por
su inapreciable ayuda y --
valiosos consejos.

A mis hermanos:

Jaime y Licha, Efraín y
Cloty,
con cariño y gratitud.

A todos mis maestros,
compañeros y amigos.

A Lilia,
con todo mi amor.

Mis sinceros agradecimientos:

Al Sr. Don Salvador Villar y a los Sres. Ings. Genaro Alarcón A., Humberto Mercado T. y Arahón Quintana L., por las facilidades y colaboración brindadas para la realización del presente estudio.

Al Ing. Quím. Cutberto Ramírez - - -
Castillo, por su ayuda y acertada -
dirección en el desarrollo de este
trabajo.

C O N T E N I D O .

I N T R O D U C C I O N	1
CAPITULO I	
LAS MATERIAS PRIMAS.	4
C A P I T U L O I I	
EL PROCESO CERAMICO	19
C A P I T U L O I I I	
PROCEDIMIENTO ACTUAL DE PREPARACION DEL CUER- PO CERAMICO.	47
C A P I T U L O I V	
PROCEDIMIENTO PROPUESTO	77
C A P I T U L O V	
ECONOMIA DEL PROYECTO	131
C A P I T U L O V I	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	136
B I B L I O G R A F I A	138

INTRODUCCION.

La palabra cerámica procede del griego - "Keramos" que significa arcilla.

La cerámica es conocida por el hombre -- desde tiempos muy remotos. El hombre ha sabido aprovechar la cualidad peculiar de las arcillas de poderse moldear cuando se encuentran húmedas y conservar la forma después de ser quemadas y - secadas.

La industria cerámica comprende la fabricación de todos aquellos productos derivados de materias minerales no-metálicas, que se obtienen mediante un tratamiento térmico suficientemente fuerte para alcanzar una vitrificación o descomposición parcial que les da dureza y resistencia mecánica.

Los productos cerámicos son muy numero-- sos y se pueden clasificar en muy diversas for-- mas. Una de ellas es la clasificación de acuerdo a su uso, donde encontramos productos cerámicos para la construcción, para uso doméstico, para la industria eléctrica, para la industria química, etc. El primer grupo comprende: ladri--- llos, losetas, mosaicos, azulejos, muebles sanitarios, etc.

La cerámica de losetas o recubrimientos para pisos y muros ha alcanzado un notable desarrollo en los últimos años, principalmente en Europa. En México, esta rama de la industria cerámica se encuentra en vías de desarrollo y su capacidad de producción es muy inferior a la de -- países tales como Italia, España o Brasil, que -- son los más avanzados en este aspecto. La producción de nuestro país es aproximadamente de -- 25,000 metros cuadrados diarios; cantidad que -- resulta insuficiente para satisfacer la creciente demanda nacional.

Por esta razón, una de las plantas fabricantes de estos productos, ha considerado necesario duplicar su capacidad de producción y al mismo tiempo mejorar tanto la calidad de sus productos mediante la aplicación de la más avanzada -- tecnología, así como también las condiciones ecológicas del medio de trabajo reduciendo en forma considerable la contaminación ambiental.

Este trabajo se refiere a la primera etapa del proyecto de ampliación. Concretamente, -- constituye un breve estudio para el cambio de -- procedimiento de preparación del cuerpo cerámico que permita lograr los objetivos ya mencionados.

C A P I T U L O I

LAS MATERIAS PRIMAS.

1.- MATERIAS PLASTICAS

2.- MATERIAS NO PLASTICAS.

En la fabricación de los productos cerámicos intervienen dos clases de materias primas:

- 1.- MATERIAS PLASTICAS (arcilla y cao---lín).
- 2.- MATERIAS NO PLASTICAS (desgrasantes, fundentes y vitrificantes).

El carácter de los productos elaborados con arcilla varía no solo con la naturaleza de ésta, sino también con las cualidades de las materias antiplásticas de naturaleza orgánica o --inorgánica que con aquella se mezclan. Si la arcilla es demasiado grasa, por consiguiente muy --contráctil, es preciso mezclarla con alguna substancia de las llamadas desgrasantes como arena o arcilla calcinada para disminuir su contracción durante el secado y la cocción. El carbón, se--rrín y otras materias combustibles, modifican su estructura haciéndola porosa, y se emplean para obtener productos de poco peso.

La pizarra arcillosa, difícilmente fusible, así como la alúmina calcinada, elevan el --punto de fusión del producto; y por el contra---rio, la caliza, los silicatos de hierro y feldespatos bajan el punto de fusión de la mezcla. Como materias colorantes se usan tierras y óxidos

metálicos que dan distintos colores por cocción. Estas adiciones pueden igualmente aumentar o disminuir la resistencia mecánica y la dureza o elasticidad del objeto, según el grado de cocción.

I.- MATERIAS PLASTICAS.

Las arcillas constituyen una substancia mineral de naturaleza coloidal que consiste esencialmente en hidrosilicato de aluminio. Casi siempre va acompañada de notables proporciones de materias extrañas, y solo son constantes sus propiedades químicas cuando se encuentra en estado de pureza absoluta.

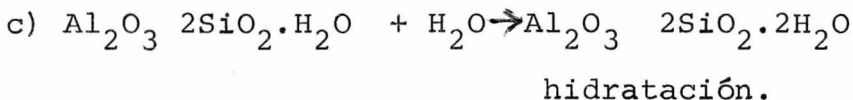
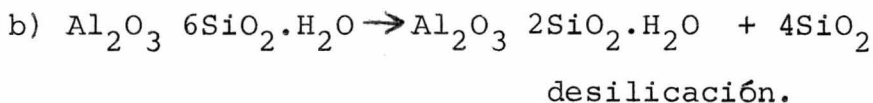
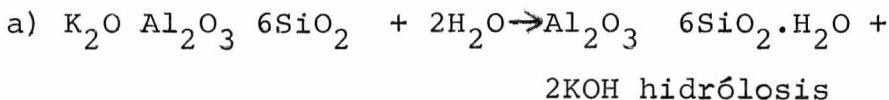
La arcilla forma parte importante de la corteza terrestre y si bien se le encuentra difundida en los terrenos pertenecientes a todas las eras geológicas, no tomó parte en la constitución primitiva de dicha corteza.

Respecto al origen de las arcillas, estas se formaron por la descomposición de rocas feldespáticas primitivas como granito, gneis, pegmatita, etc., mediante la acción mecánica del agua, el viento, los glaciares y movimientos terrestres, junto con la acción química a tempera-

turas elevadas del agua, dióxido de carbono, ácidos húmicos y en algunos casos, gases sulfurosos, que como resultado dieron el hidrosilicato de aluminio que se designa con el nombre de arcilla.

Sus propiedades físicas y químicas varían según haya sido más o menos completa la descomposición de la roca y según las reacciones secundarias que se hayan verificado al mismo tiempo.

El proceso químico de formación de la arcilla puede representarse por las ecuaciones siguientes:



Este último producto es el hidrosilicato de aluminio que es la arcilla pura o caolinita. Pero no existe en la naturaleza una arcilla de tal pureza, todas las arcillas y caolines contienen impurezas.

Una característica típica de todos los materiales que contienen arcilla, y que puede considerarse como la base de la industria cerámica, es su plasticidad que se manifiesta con la presencia del agua.

La plasticidad es una propiedad muy compleja y se debe principalmente a los siguientes factores:

a) El tamaño diminuto del cristal de arcilla.- la plasticidad de una arcilla es tanto mayor cuanto menor sea el tamaño de sus partículas. Las arcillas muy plásticas contienen partículas tan pequeñas que es imposible reconocer su forma cristalina, incluso con un potente microscopio óptico. Afortunadamente, los análisis con rayos X y los microscopios electrónicos demuestran que incluso aquellas diminutas partículas coloidales son de naturaleza cristalina.

b) La estructura laminar del cristal de arcilla.- los cristales unitarios de arcilla se unen unos con otros mediante fuerzas de valencia de dos dimensiones solamente; esto es, en los planos de las láminas, de modo que se forman capas continuas del espesor de una unidad cristalina. En estado seco, incluso la arcilla más plástica es una sustancia no plástica, pero si

se le adiciona agua, el material se vuelve plástico y aumenta la atracción molecular cuanto menores sean las partículas. La forma laminar de los cristales hace que dicha atracción sea todavía más potente.

Las capas de cristales de arcilla se acumulan una encima de otra con capas de moléculas de agua entre ellas. El enlace es de naturaleza eléctrica y gravitacional.

El grado de plasticidad de las arcillas se ve afectado también por otros factores tales como la capacidad de intercambio de cationes, el pH, la tensión superficial del agua, etc.

Las pequeñísimas partículas de minerales de arcilla exhiben propiedades coloidales derivadas de la naturaleza cargada de sus superficies. Una gran parte de las propiedades cerámicas de las arcillas están relacionadas con los fenómenos de superficie debidos a estas cargas existentes sobre las partículas.

Las cargas aparecen sobre las partículas de arcilla debido a dos causas como mínimo:

a) Enlaces rotos debido a la subdivisión

del cristal gigante.

- b) Cargas residuales en la red debidas a estructura desordenada que contiene iones de valencia incorrecta.

Estos efectos superficiales existen a -- través de toda la arcilla, pero a medida que disminuye el tamaño de una partícula se hace mayor la importancia relativa de las propiedades superficiales, hasta que se alcanza un tamaño para el cual las fuerzas de superficie son las predomi-- nantes y no se ven afectadas por fuerza alguna - debido a la masa de la partícula. Estas partículas presentan propiedades coloidales y de ellas dependen las propiedades de la arcilla considerada en su totalidad.

La naturaleza de la arcilla depende en - gran parte de la cantidad de partículas coloidales presentes.

Toda partícula cargada tenderá a adsor--- ber otras partículas cargadas, usualmente iones, a fin de neutralizar la carga. Las partículas - de arcilla cargadas se consideran siempre en contacto con agua, con o sin materia ionizada di--- suelta.

En los casos en que la carga superficial es positiva (los menos frecuentes), se cree que se adsorben del agua iones hidroxilo para formar una capa interior fija. Como el exceso de carga sobre la partícula existe en unidades de electrón fraccionarias, la adsorción de hidroxilos conduce a una carga negativa global que es entonces neutralizada por una capa más externa de cationes. Estos cationes son intercambiables, mientras que el hidroxilo generalmente no es intercambiable por otros aniones.

Con mayor frecuencia la partícula de arcilla está cargada negativamente y adsorbe cationes directamente. La disposición de los cationes en la envoltura de agua que rodea las partículas de arcilla depende de su tamaño, carga y agua de hidratación, y todo ello altera el campo eléctrico que rodea las partículas. La distancia, contada desde la partícula, a la cual se anula el campo eléctrico de ésta para una concentración dada de cationes, está regida por el tamaño y la carga de dichos cationes. Los iones pequeños pueden disponerse alrededor más próximos que los de gran tamaño, y neutralizar así el campo más cerca de la superficie. De modo semejante, los cationes de gran carga se requieren en menor número que los de carga pequeña y pue-

den disponerse en un espacio más reducido. Por lo tanto el tipo de cation puede influir considerablemente en la importancia relativa de las dos fuerzas opuestas que actúan sobre las partículas de arcilla.

- a) Una fuerza mutua de atracción ligada a la densidad, pero que debido al pequeñísimo tamaño actúa solamente cuando las partículas están muy próximas unas de otras.
- b) Una fuerza de repulsión debida a la carga negativa de cada partícula.

De acuerdo con esta, si dos partículas - en una suspensión de arcilla se aproximan una a otra, se repeleran a no ser que puedan llegar a aproximarse suficientemente para que predomine la fuerza atractiva. Si los iones de carga - -- opuesta son grandes, por ejemplo K^+ y Na^+ , se produce la repulsión y puede lograrse una suspensión estable (defloculación). Si los iones opoponentes son pequeños y/o altamente cargados, por ejemplo Al^{3+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} se produce la aglomeración (floculación). A continuación se dan los efectos relativos de los principales cationes:

Li^+	Na^+	K^+	Rb^+	NH_4^+	Cs^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}
Defloculantes		Intermedios				Floculantes.			
						Fe^{3+}	Al^{3+}	H^+	

La naturaleza de las cargas superficiales sobre las partículas de arcilla y, por lo tanto, sus estados de floculación o defloculación se ven afectados también por la presencia de aniones en solución y/o la acidéz o alcalinidad relativas. Se produce la defloculación con los iones hidroxilo y en presencia de aquellas sales de sodio y litio de ácidos débiles que dan una reacción alcalina, esto es, carbonatos, silicatos, pirofosfatos.

Por ejemplo, si los iones de signo contrario existentes alrededor de las partículas de arcilla son de sodio, como sucede frecuentemente en el caso de las arcillas naturales, y la arcilla se dispersa en agua pura, los iones sodio pueden penetrar en la envoltura de agua lo bastante apretados para que se produzca la ligera atracción. En estas condiciones la arcilla es altamente densa. En cambio, si el medio acuoso contiene de 0.1 a 0.2% de NaOH, que dará un pH de 9-10, la arcilla resulta defloculada y líquida.

Clasificación de las arcillas:

Es sumamente difícil clasificar las arcillas y trazar líneas de demarcación entre varias

clases. Las variedades de arcilla forman una serie contínua, desde la arcilla pura hasta las -- substancias más complejas en las que la arcilla sólo está contenida en pequeñas porciones. Solamente existe una línea real de diferenciación -- entre dos grupos, que son las arcillas primarias y las secundarias.

a) Arcillas Primarias.- se encuentran - en la localidad donde fueron formadas, usualmente en medio o cerca de granitos, gneis y pegmatitas. Las arcillas más importantes de este grupo son los caolines primarios.

Estas substancias no se emplean tal como se encuentran, sino que primero deben llevarse a un alto grado de pureza mediante el lavado.

Los caolines se emplean en la manufactura de la porcelana, loza y artículos sanitarios.

b) Arcillas Secundarias.- son las arcillas arrastradas por la lluvia o por corrientes de agua de los sitios donde se formaron y depositadas en otros lugares.

Estas arcillas, por regla general no son purificadas por lavado, puesto que las impurezas,

en la mayor parte de los casos, están tan finamente divididas que no sería posible separarlas de la arcilla.

La variedad de arcillas secundarias es muy grande, y según la temperatura de fusión o de reblandecimiento, pueden dividirse en tres clases:

a) Arcillas Refractarias.- son arcillas que funden a temperaturas superiores a 1410°C y se emplean en la fabricación de materiales refractarios.

b) Arcillas Vitrificables.- estas arcillas contienen una mayor proporción de fundentes y se emplean en la manufactura de loza, sanitarios, baldosas, terracota y ladrillos vitrificados.

Forman un cuerpo denso sin la adición de fundentes a temperaturas entre 1200 y 1350°C , según la cantidad y naturaleza de los fundentes que contengan. El color después de la cocción varía de rojo a negro.

c) Arcillas Fusibles.- contienen fundentes más enérgicos y en mayor cantidad que las --

anteriores. Pierden su forma a temperaturas en las cuales se vitrifican las arcillas vitrificables y llegan a cocerse a temperaturas tan bajas como la de 1000°C, lo cual es debido a su contenido de caliza que actúa como fundente muy enérgico. Estas arcillas se emplean en la fabricación de ladrillos, con mucha frecuencia mezcladas con arcillas más refractarias.

II.- MATERIAS NO PLASTICAS.

Además de la arcilla, que es la materia plástica por excelencia, se emplean en cerámica materias no plásticas, algunas de las cuales podemos llamar antiplásticas porque su adición a la arcilla disminuye su plasticidad; el producto resultante de esta mezcla es más magro y menos contráctil por desecación.

Estas materias desgrasantes modifican en muchos casos las propiedades de la materia plástica en lo que se refiere a calcinaciones, haciendo variar su color de cocción, volviéndola más o menos fusible, modificando el límite de contracción, aumentando su porosidad, y como ocurre en la fabricación de la porcelana, haciendo el producto transparente. La acción de estas materias es más o menos enérgica según sea el ta

maño de las partículas; así, la arena en polvo fino hace al caolín mucho más fusible que igual cantidad de arena gruesa.

Entre los desgrasantes y fundentes inorgánicos tenemos la sílice, que se emplea en forma de cuarcita, arena, perdenal, etc., y la chamota o barro calcinado. El feldespató debido a la proporción de álcali que contiene, se emplea como fundente en la preparación de pastas cerámicas; además, da dureza y transparencia a la porcelana, lo mismo que dureza a las pastas para loza; se usan además estos minerales en la preparación de vidriados y barnices.

El carbonato de calcio se emplea en forma de mármol, calcita, roca caliza, etc., en la preparación de pastas para disminuir su contracción y también con el objeto de hacerlas más fusibles.

Entre los desgrasantes orgánicos tenemos el serrín, el carbón vegetal y el alquitrán. Se utilizan para la obtención de ladrillos ligeros, aisladores, etc.

En el exacto conocimiento y concienzuda aplicación de las materias no plásticas, se basa no

solamente la mejora de las arcillas, sino también la fabricación de diversidad de productos propios de la industria cerámica.

Las materias primas que se utilizan en esta planta son las siguientes:

a) Barro.- es una arcilla de alta plasticidad. Su función es facilitar el moldeo.

b) Talco.- es una sustancia no plástica, de contracción casi nula. Se utiliza para aumentar la resistencia al shock térmico de los productos.

c) Pizarra.- es una arcilla petrificada formada por la presión de estratos superiores. Su grado de plasticidad es bajo, se considera arcilla de segunda clase y se utiliza como material de relleno.

d) Carbonato de calcio.- se usa como desgrasante.

C A P I T U L O I I

EL PROCESO CERAMICO.

- 1.- PREPARACION DEL CUERPO.
- 2.- MOLDEADO.
- 3.- SECADO.
- 4.- COCCION DEL CUERPO.
- 5.- VIDRIADO.
- 6.- COCCION DEL ESMALTE.
- 7.- CLASIFICACION FINAL Y EMPAQUE.

En la industria cerámica, el proceso está en función directa del tipo de producto que se quiera obtener. Sin embargo, en forma general, se puede decir que el proceso cerámico comprende los siguientes puntos:

- a) Preparación del cuerpo.
- b) Moldeado.
- c) Secado.
- d) Esmaltado o Vidriado.
- e) Cocción.

En la fabricación de recubrimientos para pisos y muros, el proceso puede ser a un fuego o bien a dos fuegos. En el primero, el esmaltado o vidriado es efectuado después del secado y se cuece al mismo tiempo que el cuerpo. En el proceso a dos fuegos, el esmaltado se realiza después de la cocción del cuerpo y se cuece posteriormente. En esta planta se trabaja con este último proceso. A continuación se hace una breve descripción de todas las etapas del mismo.

1.- PREPARACION DEL CUERPO.

La palabra cuerpo se emplea en la industria cerámica para designar a la mezcla de materias primas, preparada para hacer cualquier pro-

ducto.

Este nombre también se aplica al material, tanto antes del quemado como después del mismo.

La composición de los cuerpos cerámicos cae dentro de ciertos límites, ya que generalmente todos son afectados por los factores siguientes:

En primer lugar, el moldeado de la pieza, hace necesaria la inclusión de suficiente material plástico. Después del moldeado, la arcilla también mantiene unida la pieza durante el secado.

En segundo lugar, el secado y el quemado de la pieza sin que ésta se rompa, requiere la presencia de materiales no arcillosos que no se contraigan durante estas operaciones.

El tercer factor es la fusibilidad del cuerpo; éste, debe tener un grado de fusión adecuado para mantener unida a la pieza en el quemado sin sufrir deformación. Esto se logra mediante la adición de un fundente tal como feldespato.

La preparación del cuerpo se inicia con el tratamiento de las materias primas, las cuales, deben ser desintegradas de tal manera que pueden mezclarse fácilmente y constituir una pasta de la consistencia requerida. El siguiente paso es la mezcla de dichas materias primas; cada una de ellas se agrega en la cantidad adecuada para darle al cuerpo las características necesarias en las etapas posteriores del proceso.

Las operaciones ya mencionadas pueden efectuarse ya sea por vía seca o bien por vía húmeda. En el primer caso, la preparación de las materias primas y su mezcla se hacen en seco y posteriormente se dá a la pasta la humedad necesaria para el proceso de moldeado. En el procedimiento por vía húmeda, las materias primas se dispersan en agua y se muelen generalmente en molinos de bolas; posteriormente, se elimina el agua en exceso mediante filtros prensa, evaporadores, etc. Este procedimiento se utiliza para obtener cuerpos de alta calidad, ya que se obtiene una mezcla más íntima de las materias primas. Aquí, se utiliza el procedimiento vía seca y se cuenta con quebradoras, un secador, molinos pulverizadores de martillos y un humidificador.

2.- MOLDEADO.

Existen numerosos procesos para el moldeado o formación de las piezas en la industria cerámica. Las propiedades físicas de los objetos terminados varían en forma considerable según los procesos empleados. El proceso utilizado en cada caso particular, depende de varios factores, siendo los más importantes la forma del artículo, las características de las materias primas y las propiedades deseadas en el producto terminado. Los principales métodos de formación son: torneado, prensado y vaciado.

El torneado se efectúa en tornos similares a los empleados para el metal y la madera. Antes de tornear un artículo cerámico debe ser secado al aire hasta un estado razonablemente duro.

Este método se utiliza en la manufactura de cerámica artística y eléctrica.

En el proceso de extrusión, la pasta plástica es obligada por presión a pasar a través de una matriz o boquilla de la forma requerida. La forma de dicha boquilla de extrusión corresponde a la sección transversal de la pieza que ha de -

ser fabricada por expulsión.

Después de la extrusión, el material es cortado en piezas de longitud adecuada mediante alambres corredizos.

Este proceso se utiliza para fabricar -- ladrillos, celocias, tubos, barras, etc.

El prensado se efectua en matrices de -- acero y se emplea cuando se requieran grandes -- cantidades de los artículos. Los métodos de --- prensado pueden clasificarse de acuerdo al contenido de humedad del cuerpo en:

- a) Prensado en húmedo.
- b) Prensado en estado semiseco.
- c) Prensado en seco.

Este método, particularmente en estado - semiseco y seco se presta de manera excelente a la automatización.

El vaciado es un método que se utiliza - en la fabricación de muebles sanitarios y otros artículos de forma irregular o complicada. En - este método, las materias primas finamente divi- didas se mezclan con agua formando una barbotina

que posteriormente es vaciada en moldes de yeso que absorben humedad del cuerpo provocando su en durecimiento.

En el caso particular de los recubrimientos para piso y muro, se utiliza el prensado, generalmente en estado semiseco. Esta planta - -- cuenta para tal efecto con prensas automáticas - de fricción.

3.- SECADO.

Una vez que los artículos cerámicos han sido formados, es necesario eliminar mediante el secado, el agua, que fue un elemento esencial en el proceso de moldeado o formación.

Si los artículos de arcilla entran a los hornos de cocción o quemado con un alto contenido de agua, ésta será eliminada en forma brusca ocasionando agrietamientos en los artículos; esto demuestra la importancia que tiene el secado dentro del proceso cerámico.

Ya se ha mencionado que durante el secado los artículos se contraen y que la contrac---ción es tanto mayor cuanto más plásticas sean -- las materias primas. Por otra parte, cuanto más

material no plástico se emplee en la preparación del cuerpo, con más facilidad se realiza el secado. El agua de formación contenida en el cuerpo, se evapora en el aire circundante, en particular si el aire está más caliente que la superficie - del artículo y si no está ya saturado de vapor - de agua. Es evidente que el secado será más rápido cuanto más de prisa el aire circundante extraiga la humedad del cuerpo. Otros factores que afectan la velocidad del secado son los siguientes:

- a) La forma del artículo.- el secado se efectua más rápidamente cuanto mayor sea la relación del area (en contacto con el aire secante) con el volumen - del artículo.
- b) La temperatura del aire.- a mayor temperatura del aire empleado para el -- secado, más agua de formación es ex-- traída y evaporada en un tiempo dado.
- c) La velocidad de circulación del aire.- el secado será más rápido si el aire húmedo es reemplazado más rápidamente por nuevo aire seco.
- d) El contenido de humedad del aire.- si el aire circundante contiene ya vapor de agua, obviamente no podrá extraer

tanta humedad de los artículos como lo haría el aire seco.

Por consiguiente, es posible someter a los artículos a una corriente de aire caliente de elevado contenido de humedad sin sustraerles mucha agua. Además la temperatura interna y superficial pueden mantenerse casi iguales, evitándose el secado de la superficie a un ritmo demasiado rápido. Se elimina así mismo el peligroso período de retardo entre la presión interior del vapor y la presión superficial del mismo. Es evidente, por lo tanto, que mediante un cuidadoso control de la temperatura y del contenido de humedad del aire, se pueden evitar las tensiones internas originadas por un secado demasiado rápido de la superficie, con la contracción desigual resultante.

Esta consideración condujo al desarrollo de secadores con humedad, en los cuales se emplea aire caliente húmedo.

Los artículos son tratados primero con aire caliente muy húmedo y luego se va reduciendo la humedad con la temperatura mantenida constante. Este principio se emplea en los secadores continuos en los que el aire caliente circu-

la a contracorriente con los artículos.

Existen diversos tipos de secadores y -- los más importantes pueden clasificarse como si- gue:

a) Secadores Intermitentes

- 1) pisos calientes
- 2) secadores de compartimientos y de cámaras.

b) Secadores Semicontínuos.

- 1) dobbins

c) Secadores contínuos

- 1) secadores de túnel.

Los secadores de túnel son actualmente - los más usados en la mayor parte de las indus--- trias cerámicas. Un secador de este tipo consiste en un largo túnel equipado con aparatos calentadores, ventiladores y reguladores de la tempe- ratura y de la humedad. Los aparatos calentado- res pueden ser alimentados por gases de combus-- tión o bien puede conducirse directamente al tú- nel el calor de desecho de los hornos túnel. Esta planta cuenta con secadores de este tipo.

4.- COCCION DEL CUERPO.

La acción del calor sobre los cuerpos -- es, en realidad, la base de la industria cerámica. Dichos materiales, cuando son tratados a -- temperaturas elevadas, adquieren dureza y se hacen resistentes al agua y a los reactivos químicos.

La cocción de los cuerpos cerámicos es un proceso complejo, ya que involucra diferentes -- reacciones, ya sea completas o incompletas, lentas o rápidas, etc., debido a las diferentes materias primas que los componen. La forma de los artículos es también un factor importante.

La cocción de materiales cerámicos no implica simplemente llevarlos a una temperatura -- elevada deseada, sino que siempre son importantes las velocidades de calentamiento y de enfriamiento.

El programa o procedimiento óptimo de -- cocción para una pasta, está regido por varios -- tipos diferentes de reacción que se producen en transformaciones sucesivas. Estas a su vez, son afectadas por los factores siguientes:

Factores debidos a la composición del --
cuerpo.

- a) eliminación de agua mecánica, higroscópica y combinada.
- b) combustión y eliminación de impurezas y adiciones orgánicas.
- c) combustión y eliminación de impurezas sulfurosas.
- d) reducción u oxidación de constituyentes del cuerpo.
- e) variaciones graduales de volumen.
- f) variaciones repentinas de volumen debidas a inversiones durante el calentamiento y el enfriamiento.
- g) temperatura de maduración.

Factores debidos a la preparación del --
cuerpo.

- a) granulometrias de los constituyentes.
- b) geometría de los materiales.
- c) permeabilidad al escape de gases, conductividad térmica y elasticidad a diferentes temperaturas.

Factores debidos a los métodos de coc---
ción.

- a) tiempo y calor necesarios para calentar la estructura y los accesorios -- del horno.
- b) intervalo de tiempo entre los momentos en que la primera y la última pieza de la carga alcanzan una temperatura determinada.
- c) controlabilidad del método de calentamiento.

HORNOS.

Se ha visto que el secado de los artículos cerámicos puede hacerse al aire libre por -- circulación natural del aire a la temperatura am biente. El empleo de estructuras cerradas y la aplicación de calor aceleran el proceso. En - - cambio, la cocción de los mismos debe hacerse -- siempre en estructuras cerradas con aplicación - de calor, habiéndose construído hornos de algún tipo desde los comienzos de la alfarería, los -- cuales se han encontrado en algunas excavaciones de lugares prehistóricos.

El método más sencillo de cocción es el "horno de hormiguero", el cual a pesar de ser -- tan antiguo, se emplea todavía en ocasiones para la fabricación de ladrillos hechos a mano. Los

ladrillos se apilan alternados con el combustible formando un montón o con frecuencia aprovechando un talud y se cubren después con tierra. A continuación se enciende por el fondo y se deja que el fuego avance a través del "hormiguero", aspirando tras de sí, el aire encargado del enfriamiento. Una vez frío, se derriba el conjunto.

El paso siguiente, es el horno periódico o intermitente con estructura permanente. Estos hornos son generalmente redondos, pero pueden también ser rectangulares.

Poseen un revestimiento interior de un refractario adecuado y otro exterior de ladrillo de construcción como protector. Los hornos periódicos pueden hacerse trabajar según los principios de tiro ascendente, tiro horizontal o tiro descendente, siendo mucho más satisfactorios los últimos. Se colocan las piezas en el horno y a continuación se calienta éste gradualmente, se mantiene a la temperatura máxima durante un cierto periodo y se deja enfriar. Posteriormente se extrae la carga y se introduce otra nueva.

Puede verse fácilmente, que aparte de su ineficiencia por pérdidas de calor a través de -

las paredes y hacia la chimenea, un horno intermitente debe consumir una gran cantidad de combustible para calentar la estructura con cada carga de material, cantidad de calor que se pierde totalmente durante el enfriamiento. Por otra parte, el calentamiento y enfriamiento continuado de la estructura la debilita mucho más rápidamente que lo haría una temperatura elevada constante.

Los hornos continuos aprovechan el calor residual desprendido durante el enfriamiento. Consisten en esencia, en una serie de hornos intermitentes conectados en circuito. Se regula la circulación de aire, de forma que pase primero a través de las piezas que se encuentran próximas a la zona de cocción, precalentándolas de tal forma que éstas precisen menor cantidad de combustible en la cocción propiamente dicha. El principio fundamental es que el fuego se mantiene encendido y en movimiento alrededor del circuito de hornos. Se aprovecha el calor residual, pero todavía ha de calentarse la estructura del horno y dejarse enfriar para cada carga.

En el horno de túnel ocurre el proceso inverso, es decir, que se desplazan los materiales a lo largo de un túnel calentado. La tempe-

ratura encontrada por los materiales conforme -- avanzan a lo largo del túnel aumenta al princi-- pio y disminuye después gradualmente como en un horno intermitente, pero la estructura del horno en un punto dado se mantiene siempre a la misma temperatura. Así se consigue la mayor aproxima-- ción al método de cocción ideal, en el cual la - energía calorífica se consume solamente en las - transformaciones químicas irreversibles. El ca- lor invertido exclusivamente en modificar la - - temperatura de los materiales se recupera lo más completamente posible durante el enfriamiento.

Varias características del horno de tú-- nel lo diferencian de otros métodos de cocción.- Consiste esencialmente en un largo túnel recto o circular de superficie interior relativamente pe-- queña. A lo largo de este túnel se desplaza un sistema de transporte de los materiales. Dicho sistema es usualmente de rieles con vagonetas o carros. La parte inferior del carro se protege del calor mediante una loza refractaria, y un mu-- ro de arena a cada lado impide que el calor lle- gue a las ruedas y rieles. Los artículos avan-- zan contra una corriente de aire que roba calor de los que se encuentran en la zona de enfria--- miento, y lo transmite a aquellos que se hallan en la zona de precalentamiento. En el centro --

del horno o zona de cocción se aplica calenta---
miento directo ya sea quemando combustible o uti
lizando electricidad. Los artículos se colocan
en los carros fuera del horno formando una es---
tructura que se corresponda con la sección trans
versal de éste. Dicha sección es relativamente
menor que la de un horno tradicional intermiten
te o continuo, gracias a lo cual puede alcanzarse
una temperatura deseada en el centro de la carga
mucho más rápidamente y sin que el exterior ten
ga que calentarse mucho más mientras tanto.

El programa de cocción real puede aproxi
marse más al ideal que en cualquier otro tipo de
horno. Dicho programa puede ajustarse y contro
larse muy exactamente gracias a los dispositivos
e instrumentos que estos hornos tienen para ello.
Esta planta cuenta con hornos de este tipo.

Una vez que los materiales salen de los
hornos, son clasificados manualmente para evi---
tar que piezas defectuosas pasen a la siguiente
etapa del proceso.

5.- VIDRIADO.

Los vidriados o esmaltes son capas finas
de vidrio que se funden sobre la superficie de -

los artículos cerámicos. Son revestimientos que se aplican a los cuerpos para hacerlos impermeables, de mayor resistencia mecánica y resistentes al rayado, más inertes químicamente y más agradables al tacto y a la vista.

Se requiere que los vidriados se "adapten" a cuerpos de naturalézas química y física variables, y deben madurar a una diversidad de temperaturas y exhibir propiedades específicas pero variadas en estado acabado; por ello no es sorprendente que existan innumerables composiciones diferentes de vidriado, lo cual hace que sea más difícil clasificarlos sistemáticamente.

La naturaleza y composición de los vidriados cerámicos son muy similares a las de los vidrios, ya que ambos son productos de la reacción entre óxidos ácidos y básicos. Son cuerpos amorfos y sus moléculas no están agrupadas en direcciones definidas, como en el caso de los cristales.

Son líquidos sobreenfriados habiendo tenido lugar el proceso de enfriamiento en condiciones que no permitieron la formación de cristales.

Los óxidos ácidos empleados en la formación de los vidriados son la sílice (Si O_2), que se agrega en forma de arena, cristal de roca, --feldespato, etc., y el óxido bórico (B_2O_3) agregado como bórax o ácido bórico.

Los óxidos básicos empleados en la formación de vidriados son principalmente los álca---lís (sosa y potasa) y la caliza. Otros óxidos - de este tipo se introducen adicionando carbonato de estroncio, carbonato de magnesio, carbonato - de bario, óxido de estaño, óxido de zinc y óxido de plomo.

La alúmina (Al_2O_3), que es un importante constituyente en los esmaltes, es teóricamente - un óxido básico pero se considera neutro para --cálculos cerámicos.

Todos los vidriados se aplican a las superficies de los artículos cerámicos en forma de partículas finamente pulverizadas suspendidas en agua. Hecha la aplicación, se secan las piezas a fin de que el vidriado se adhiera regularmen--te, ya que de lo contrario pueden producirse - -arrugas. Después se cuece, con lo cual la mez--cla de vidriado se debe fundir y hacerse homog--nea sin llegar a ser tan fluida que provoque es-

currimiento. Cuando el cuerpo no se ha cocido previamente, la composición del vidriado debe ser tal que madure en las mismas condiciones que aquél. Cuando el cuerpo ha sido ya cocido totalmente, es conveniente que el vidriado madure a una temperatura tan baja como sea compatible con su utilización posterior.

Los vidriados pueden dividirse según la manera de prepararse en:

- a) Vidriados crudos
- b) Vidriados de fritas.

Los primeros son preparados únicamente con sustancias insolubles en agua, mientras que en los vidriados de fritas, ciertos materiales que se disolverían en agua, se funden primero con sílice, con objeto de convertirlos en silicatos insolubles en agua y luego se mezclan con otras sustancias insolubles.

La preparación de fritas es necesaria para la composición de vidriados adecuados para temperaturas inferiores a 1200°C , ya que varios fundentes que son importantes para los vidriados a baja temperatura son solubles en agua, por ejemplo, sosa, potasa y ácido bórico. Por consi

guiente, deben ser transformados en sustancias insolubles, lo cual puede efectuarse mezclándolos con sílice y calentando la mezcla a la temperatura del punto de fusión o una temperatura superior.

Propiedades deseadas de los vidriados;

- a) La fusibilidad debe ser tal que se forme el máximo de vidrio líquido a la temperatura de maduración deseada.
- b) La viscosidad debe ser moderada a la temperatura máxima de cocción, de tal modo que las superficies queden igualadas pero no se produzca escurrimiento.
- c) La tensión superficial debe ser baja para evitar desigualdades.
- d) La volatilización de componentes del vidriado durante la cocción debe ser mínima.
- e) La reacción con el cuerpo debe ser moderada a fin de lograr una buena adaptación sin demasiado cambio en la composición del vidriado o del cuerpo.
- f) No debe producirse absorción en el cuerpo de los constituyentes del vidriado.

- g) El coeficiente de expansión y el módulo de elasticidad de Young debe guardar tal relación con los del cuerpo - que se consiga la máxima resistencia.
- h) Homogeneidad, suavidad y dureza para resistir la abrasión, el rayado, etc.
- i) Estabilidad química.
- j) Color por razones estéticas o térmicas.

Aplicación del esmalte.- Puede ser aplicado sobre la pieza cocida o cruda por varios métodos, pero los principales son el esmaltado por inmersión y el esmaltado por pulverización.

Inmersión.- Este proceso como lo indica su nombre, consiste sencillamente en surgir las piezas a esmaltar, en un recipiente que contiene la suspensión y retirarlas del mismo de manera tal que suelten todo exceso de esmalte, quedando sobre las piezas una cubierta uniforme. - Esta es una operación manual que requiere destreza por parte del operario a fin de lograr capas y espesores uniformes y adecuados. Este método se usa cuando se requiere esmaltar completamente la pieza.

Otro procedimiento de esmaltado que también se considera como inmersión y que, se usa para vidriar una sola cara de las piezas es el esmaltado por cortina; en él, las piezas se hacen pasar a una velocidad uniforme a través de una cortina o cascada de esmalte.

Pulverización.- La pulverización o aspersión de esmaltes elimina muchas de las irregularidades de aplicación encontradas en la inmersión, particularmente cuando se utilizan máquinas de pulverización automáticas, ya que en este caso el proceso es rápido y economiza mano de obra.

La consistencia de la suspensión del vidriado para la aplicación por pulverización debe controlarse dentro de límites muy estrechos. Esta suspensión puede conducirse por gravedad o bombearse desde el depósito a la pistola. En ésta se encuentra con el chorro de aire, (suministrado a una presión de 30 a 40 PSI), y sufre la atomización. Mediante una manipulación adecuada de la pieza con respecto a la pistola de pulverización, puede conseguirse aplicar una capa de vidriado absolutamente uniforme. Esto es par-

ticularmente digno de hacer notar cuando se trata de materiales de porosidad irregular del vidriado cuando se tratan por inmersión, y también en el caso de materiales con relieves, ranuras o ángulos agudos, los cuales retienen fácilmente excesos de vidriado que además de perjudicar la decoración o la forma, provocan cuarteado. La pulverización a mano se efectúa en una cabina provista de medios para ventilación y para la recuperación del material pulverizado en exceso. La pistola debe mantenerse siempre perpendicular a la superficie de la pieza y a una distancia constante de ella. El vidriado por pulverización a mano es mucho más lento que la inmersión, pero más satisfactorio en el caso de vidriados coloreados.

La pulverización puede realizarse automáticamente con velocidad y eficiencia altas. Las máquinas se proyectan por lo general específicamente para cada trabajo y están provistas de transportadores rectos o circulares. Las cabinas están equipadas con sistemas de recuperación para el esmalte pulverizado en exceso. Las pistolas de aspersion pueden ser es-

tacionarias, oscilantes o suspendidas. - Las piezas pueden pasar por la cabina -- continuamente o detenerse frente a una - pistola.

Las piezas ya esmaltadas se colocan en - compartimiento o cajas de material refractario - para posteriormente pasar a la etapa de vitrificación o cocción del esmalte.

6.- COCCION DEL ESMALTE.

La vitrificación o cocción del esmalte, - es una operación menos complicada que la cocción de los cuerpos, siendo fina la capa de esmalte y requiriéndose que la reacción, en la que inter--viene una fase líquida, sea completa. Los principales factores a considerar son:

- a) Calentamiento y enfriamiento unifor--mes de la pieza.
- b) Limpieza de la superficie a esmaltar.
- c) Maduración correcta del vidriado sin reducir su viscosidad a tal punto que fluya hacia el interior de la pieza.

Durante la fusión y después de la misma, los componentes del vidriado reaccionan con la -

superficie del cuerpo para formar una capa intermedia de unión. Una interacción adecuada es muy importante, y depende no solamente de la composición total del vidriado, sino también de los compuestos individuales utilizados para introducir los óxidos constituyentes.

Por enfriamiento del cuerpo cocido y vidriado se contrae el todo. Si los coeficientes de expansión del vidriado y la pasta no son suficientemente próximos entre sí, se desarrollarán esfuerzos y tensiones que darán por resultados - "descascarillado" o "cuarteamiento" o incluso "fisuración" si el enfriamiento es rápido. Si - el vidriado tiene mayor dilatación térmica que - el cuerpo, se contraerá más, y se resquebrajará al enfriarse en el horno, por el esfuerzo de --- tensión sobre la capa delgada de vidriado. Este resquebrajamiento ocasiona numerosas y finas --- grietas y se llama "cuarteamiento". En algunas ocasiones, el cuarteamiento no se presenta cuando lo materiales se enfrían en el horno, sino varias semanas después de su manufactura.

Si, por el contrario, el cuerpo tiene mayor dilatación que el vidriado, y por consiguiente, se contrae más durante el enfriamiento, el - área superficial de la pasta resultará más peque

ña que el área de la película de vidriado. No hay entonces, por así decirlo, bastante espacio en la superficie del artículo cerámico y, por lo tanto, éste se descascarará.

Los hornos para la vitrificación son de varios tipos, pero los más usados son los hornos tipo túnel de placas de arrastre. Estos hornos son hornos de mufla, lo que permite un mayor control del quemado. Cada túnel tiene un solo quemador.

Las cajas con el material se colocan sobre placas refractarias y se transportan a través del horno a la velocidad requerida por medio de empujadores hidráulicos.

El control de la temperatura se hace por medio de aparatos automáticos y manuales, y mediante conos pirométricos.

Esta etapa del proceso, requiere de un control más estricto, ya que los defectos que en ella se produzcan, ya no podrán ser corregidos posteriormente.

7.- CLASIFICACION FINAL Y EMPAQUE.

La clasificación final de los productos se efectúa en forma manual, usándose las normas siguientes:

- a) Calidad primera.- Debe ser un material sin defecto notorio y que no presente variación de tono en el color. Para esto, se tienen establecidos patrones o masters en cada modelo y color.
- b) Calidad segunda.- Comprende materiales con ligeros defectos como son: -- picado, pequeñas manchas, despostillado, fisuras tenues, etc. Se clasifica sin tonos.
- c) Calidad tercera.- Son todos aquellos materiales, con defectos más marcados que los anteriores.
- d) Material roto por shock térmico en -- los hornos de vitrificación o por manejo.

El empaque se efectúa en cajas de cartón kraff con capacidad de un metro cuadrado de material cada una.

C A P I T U L O I I I

PROCEDIMIENTO ACTUAL DE PREPARACION DEL CUERPO -
CERAMICO.

- 1.- DESCRIPCION.
- 2.- CAPACIDAD
- 3.- COSTO DE PRODUCCION.
- 4.- CONTAMINACION.
- 5.- EFECTOS DE LA PREPARACION DEL CUERPO
POR VIA SECA SOBRE LAS ETAPAS POSTE_
RIORES DEL PROCESO.
- 6.- COMENTARIOS.

El procedimiento que actualmente se utiliza para la preparación del cuerpo cerámico, -- es, como ya se mencionó en capítulo anterior, un procedimiento por vía seca. La figura #1 muestra el diagrama de proceso del mismo.

1.- DESCRIPCION.

Las materias primas, a excepción del desgrasante que se adquiere ya preparado, son tratadas por separado y posteriormente mezcladas en cantidades adecuadas de acuerdo a la formulación ya establecida. El tratamiento que se le da a cada una de ellas es el siguiente:

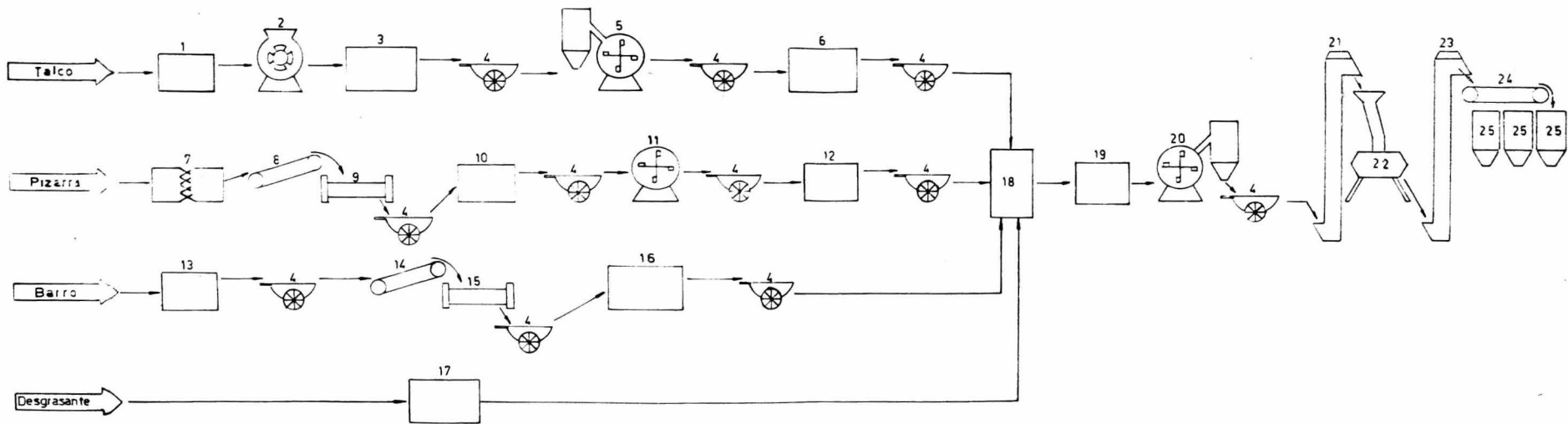
Pizarra.- este material llega a la planta en forma de rocas de un tamaño máximo de -- 40cms. y con 20% de agua, mismas que se alimentan con palas manuales al rompeterrones donde -- se reducen a partículas de 7 cms. Estas, caen sobre una banda transportadora que las lleva a la tolva de alimentación del secador rotatorio. El material sale del secador con un contenido máximo de humedad de 2% y cae sobre góndolas o carretillas en las que se transporta al área de -- almacenamiento de pizarra seca, de donde es alimentado con palas al molino pulverizador "super". Este molino se encuentra colocado en una fosa ba

jo el nivel del piso, por lo que el material ya molido cae sobre una banda que lo eleva y deposita en las góndolas, en las que se lleva hasta el área de almacenamiento de pizarra molida.

Barro.- se adquiere en terrones de un tamaño máximo de 20cms. y con 25% de humedad; y el tratamiento consiste en reducirlos mediante picos y palas a pedazos de un tamaño tal que sean manejables durante la mezcla y la molienda final. Posteriormente, el material es pasado a través del secador rotatorio donde se elimina el agua; y por último, se acarrea en góndolas hasta el área de almacenamiento. Debido al alto contenido de humedad del material, y a la naturaleza plástica del mismo, la reducción no puede realizarse en el rompeterrones ya que se atascaría continuamente; por lo tanto, dicha operación se efectúa manualmente.

Talco.- este material primeramente es tratado a golpe de marro a fin de reducir las rocas a fracciones menores que puedan ser alimentadas a la quebradora de martillos, donde son reducidas a fracciones de un tamaño máximo de una pulgada. El material ya quebrado es "paleado" al área de almacenamiento de donde es tomado por la pala mecánica y transportado al molino --

FIGURA Nº1
 DIAGRAMA DE PROCESO PREPARACION DE CUERPO POR VIA SECA



- | | | |
|---------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1 Reduccion Manual | 9 Secador Rotatorio | 17 Almacenamiento |
| 2 Quebradora | 10 Almacenamiento | 18 Bascula |
| 3 Almacenamiento | 11 Molino Pulverizador Super | 19 Mezcla Manual |
| 4 Transporte | 12 Almacenamiento | 20 Molino Pulverizador Nº2 |
| 5 Molino Pulverizador Nº1 | 13 Reduccion Manual | 21 Elevador Nº1 |
| 6 Almacenamiento | 14 Banda Transportadora | 22 Humidificador |
| 7 Rompe-terrones | 15 Secador Rotatorio | 23 Elevador Nº2 |
| 8 Banda Transportadora | 16 Almacenamiento | 24 Banda Transportadora |
| | | 25 Silos de Reposo |

pulverizador #1 donde se muele a una finura de - 20% de retenido en malla #200. Finalmente, el - producto se transporta en góndolas al almacén de talco molido.

Formulación y Mezcla.- estas operaciones se efectúan manualmente. Los operarios llenan - las góndolas con los materiales ya preparados y los transportan hasta el área de formulación y - mezcla, previo paso por la báscula para su pesaje. Esta operación se repite hasta completar -- las cantidades requeridas de cada material de -- acuerdo a la fórmula establecida y a la cantidad que se desea preparar. La mezcla se realiza con palas manuales y con la ayuda de la pala mecánica, procurando revolver varias veces a fin de lograr un mejor mezclado. Normalmente se preparan diez toneladas en cada turno con cuatro operarios y en un tiempo promedio de dos horas.

La pasta debidamente mezclada se muele - en el molino pulverizador #2 a fin de alcanzar - el grado de finura requerido en las etapas pos-- teriores del proceso.

Humidificación.- después de la molienda final, la pasta se transporta en góndolas hasta el área de humidificación, depositándose en la -

tolva de alimentación del elevador #1, el cual - la envía a un tamíz vibrorrotatorio donde se separan materias orgánicas e impurezas. La pasta ya tamizada cae por gravedad al humidificador -- donde se le agrega el agua necesaria para el --- prensado.

Posteriormente, la pasta es llevada a -- través de un ducto al elevador #2 que la descarga sobre un transportador de banda que finalmente la deposita en los silos de reposo.

La figura #2 muestra el diagrama de flujo para el proceso, en donde podemos observar -- que existen demasiadas etapas de transporte y de almacenamiento; de ahí, que el sistema sea poco eficiente.

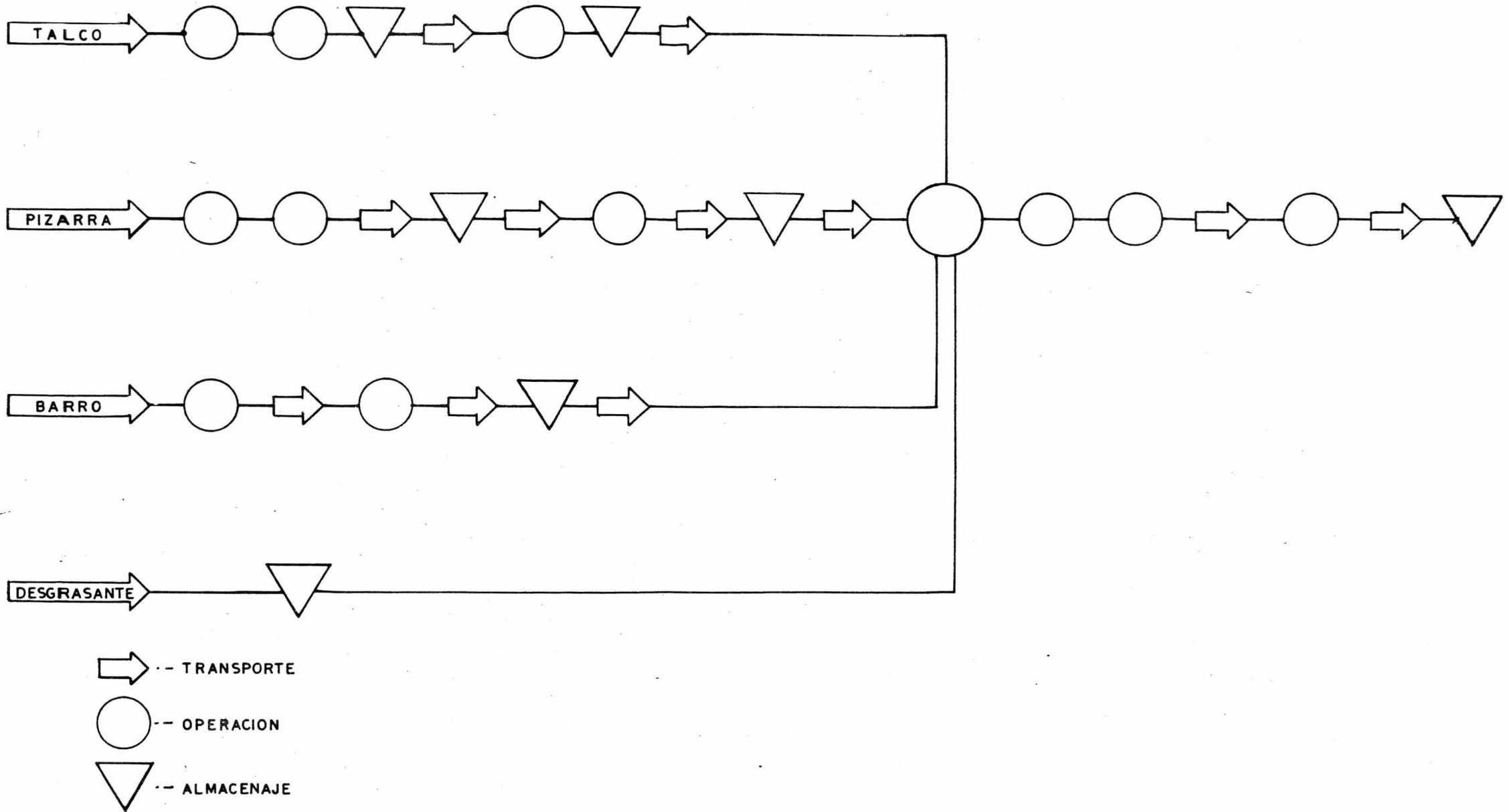
2.- CAPACIDAD.

Las capacidades de los diferentes equi-- pos se enumeran a continuación:

EQUIPO	CAPACIDAD (ton/hr.)
Rompeterrones	8
Banda transportadora	8
Secador rotatorio	2

FIGURA N° 2

DIAGRAMA DE FLUJO PREPARACION DE CUERPO POR VIA SECA



EQUIPO	CAPACIDAD (ton/hr.)
Molino pulverizador "su per"	2
Quebradora	3
Molino pulverizador # 1	2
Molino pulverizador # 2	2
Elevador #1	8
Tamíz	4
Humidificador	4
Elevador #2	8
Banda transportadora	8

TABLA # 1.

De acuerdo a la tabla anterior, y considerando que el molino pulverizador #2 solo trabaja 5 horas por turno (se trabajan 7 horas, dos de las cuales son empleadas en la formulación y mezcla), podemos establecer que este molino es el equipo limitante del proceso, por lo que la capacidad productiva de éste es de 30 toneladas diarias.

3.- COSTO DE PRODUCCION.

Base: una tonelada de cuerpo cerámico.

A.- COSTOS DIRECTOS.

a) Materias primas.

Barro	\$ 39.00
Pizarra	" 38.50
Talco	" 72.00
Desgrasan <u>te.</u>	<u>" 48.00</u>
Total	"197.50

b) Mano de obra

Este departamento trabaja con 24 personas que perciben un salario de --- 80 \$/día. Por lo tanto, el costo de mano de obra es:

$$24 \times 80 \text{ \$/día} : 30 \text{ ton/día} = \$64.00$$

c) Supervisión.

Existe un supervisor para cada dos - departamentos de la planta en cada - turno, con un salario de 150 \$/día. Entonces, para este departamento el costo es:

$$3 \times 150 : 2 = 225.00 \text{ \$/día.}$$

$$225.00 : 30 \text{ ton./día} = \$ 7.50$$

d) Mantenimiento.

De acuerdo a cálculos realizados en base al costo de mantenimiento de --

los últimos seis meses del año pasado, se ha determinado que el 30% del costo mensual de la planta en este renglón, corresponde al departamento de preparación de cuerpo. Por lo tanto tenemos:

Refacciones.- si el costo total promedio es 100,000.00 pesos mensuales, entonces:

$$100,000.00 \times 0.30 = 30,000.00 \text{ \$/mes.}$$

Considerando que este departamento -- trabaja 25 días al mes:

$$25 \text{ días/mes} \times 30 \text{ ton./día} = 750 \text{ ton/mes.}$$

y el costo de las refacciones será:

$$30,000.00 : 750 = \$ 40.00$$

Mano de obra.- la nómina de mantenimiento es la siguiente:

7 mecánicos electricistas con 120 \\$/día c/u.	\$ 840.00
2 ayudantes con 80 \\$/día c/u.	" 160.00
2 albañiles con 90 \\$/día c/u.	<u>" 180.00</u>
Total	\$1180.00

entonces:

$$1180.00 \times 0.30 = 354.00 \text{ \$/día}$$

$$354.00 \text{ \$/día} : 30 \text{ ton./día} = \$ 11.80$$

Supervisión.- hay un supervisor con -
150 \$/día:

$150.00 : 30 = \$5.00$

Costo total de mantenimiento = \$56.80

e) Servicios Auxiliares.

Agua.- tomando en cuenta que el cuerpo debe contener 10% de agua, cuyo -- costo es de $2.00 \$/m^3$, tenemos:

$1,000 \text{ kgs.} \times 0.10 = 100 \text{ kgs.} = 100 \text{ lts.}$

$100 : 1000 = 0.10 \text{ m}^3$

$0.10 \text{ m}^3 \times 2.00 \$/m^3 = \$0.20$

Energía eléctrica.- calculándola en - base a la potencia instalada y considerando que Kw-hr.= 1.341 H.P.-hr., - tenemos:

EQUIPO	HP	Hrs.	HP-hr	Kw-hr.
Quebradora	40	10	400	536.4
Rompeterrones	15	21	315	422.4
Banda transp.	1	21	21	28.1
Secador rotatorio	18	21	378	506.8
Molino pulv. "super"	60	21	1260	1689.6
Banda transp.	1	21	21	28.1
Molino pulv. # 1	75	11	825	1106.3
Molino pulv. # 2	75	15	1125	1508.6
Elevador # 1	3	15	45	60.3

EQUIPO	HP	Hrs.	HP-hr	Kw-hr.
Tamíz	3	15	45	60.3
Humidificador	7	15	105	140.8
Elevador # 2	3	15	45	60.3
Banda transp.	1	15	15	20.1

TABLA # 2

Total Kw-hr. = 6168.1

Costo/Kw-hr. = \$ 0.30

6168.1 X 0.30 = 1850.43 \$/día

1850.43 : 30 = \$ 61.68

Gas.- este combustible unicamente se uti
liza en el secador rotatorio.

Si se requieren 1200 Kcal. para eliminar un kilogramo de agua del material, tenemos:

Pizarra.- este material contiene origi--
nalmente 20% de agua. Si se requieren -
320 kgs. por cada tonelada de cuerpo, en
tonces:

320 X 0.20 = 64.0 Kgs. de agua

64.0 kgs. X 1200 Kcal./kg. = 76,800 Kcal.

Si un metro cúbico de gas proporciona --
8,400 Kcal, tenemos:

76,800 Kcal. : 8,400 Kcal./m³. = 9.14 m³.

costo del metro cúbico de gas = \$0.20
 $9.14 \text{ m}^3 \times 0.20 \text{ \$/m}^3 = \$1.82$

Barro.- se requieren 300 kgs. por tonelada de cuerpo, que originalmente tienen 25% de agua:

$300 \times 0.25 = 75.0 \text{ kgs. de agua}$

$75.0 \times 1200 = 90,000 \text{ Kcal.}$

$90,000 : 8,400 = 10.7 \text{ m}^3.$

$10.7 \times 0.20 = \$ 2.14$

Costo Total de Gas = \$3.96

Costo total de Servicios Auxiliares = \$65.84

Total Costos Directos = \$391.64

B.-COSTOS INDIRECTOS.

a) Laboratorio.

Se calcula como 10% del costo total de Laboratorio.

Costo total promedio de laboratorio = 30,000.00 \$/mes.

$30,000.00 \times 0.10 = 3,000.00 \text{ \$/mes.}$

$3,000.00 : 750 = \$4.00$

b) Mano de obra indirecta.

Se estima que un operador de la pala mecánica consume 1/3 de su tiempo en este departamento en cada turno; por lo tanto, se tiene un operador por --

día. Si gana 90 \$/día, tenemos:

90 \$/día : 30 ton./día = \$3.00

Vigilancia.- se calcula como 20% del costo diario de vigilancia. Si este costo es 150 \$/día, tenemos:

$150 \times 0.20 = 30.00$ \$/día.

30 : 30 = \$1.00

Costo total de mano de obra indirecta = \$ 4.00

c) Prestaciones

La Compañía otorga al trabajador el 30% sobre su salario por concepto de prestaciones:

Mano de obra directa	\$64.00
" " " indirecta	" 4.00
" " " mantenimiento	"11.80
Supervisión producción	" 7.50
" " mantenimiento	" <u>5.00</u>
Total	\$92.30

$92.30 \times 0.30 = \$27.69$

d) Materiales

En este renglón se incluyen herramientas de trabajo, de aseo, equipo de seguridad, etc. Se calcula como 20% del costo total de mano de obra y supervisión.

Costo de mano de obra y supervisión =
\$92.30

$92.30 \times 0.20 = \$18.46$

e) Tiempo extra.

Se calcula como 10% del costo de mano de obra directa.

Costo de mano de obra directa = \$64.00

$64.00 \times 0.10 = \$6.40$

f) Overhead

En este renglón se incluyen el costo del departamento de ingeniería y los sueldos de los jefes de planta. Se calcula como el 30% del overhead total.

Overhead total = 55,000.00 \$/mes.

$55,000.00 \times 0.30 = 16,500.00$ \$/mes.

$16,500.00 : 750 = \$22.00$

Total Costos Indirectos = \$82.55

C.-COSTOS FIJOS.

Para calcular estos costos, es necesario calcular primero la inversión fija.

INVERSION FIJA.

1) Costo del equipo.

EQUIPO	COSTO
Quebradora	\$ 60,000.00
Rompeterrones	" 75,000.00
Banda transportadora	" 40,000.00
Secador rotatorio	" 150,000.00
Molino pulverizador "super"	" 80,000.00
Banda transportadora	" 40,000.00
Molino pulverizador # 1	" 120,000.00
Molino pulverizador # 2	" 120,000.00
Elevador # 1	" 75,000.00
Tamíz	" 55,000.00
Humidificador	" 60,000.00
Elevador # 2	" 75,000.00
Banda transportadora	" 30,000.00
Silos de reposo	" 90,000.00
Báscula	" <u>18,000.00</u>
Total	\$ 1.088,000.00

La lista anterior corresponde al equipo que se encuentra en operación; pero es necesario considerar también otros equipos que originalmente -- formaron parte del proceso y que fueron retirada-- dos por considerarlos inadecuados. Estos equi-- pos se enumeran a continuación:

EQUIPO	COSTO
Banda transportadora	\$ 55,000.00
Tolva de alimentación	" 25,000.00
Elevador	" 75,000.00
Tolva alimentadora	" 80,000.00
Banda transportadora	" 55,000.00
Alimentador de gusano	" 27,000.00
Revolvedora	" 120,000.00
Elevador	" 75,000.00
2 tolvas de concreto	" 35,000.00
Molino desintegrador	" <u>65,000.00</u>
Total	\$ 612,000.00

Costo total del equipo = \$ 1.700,000.00

2) Instalación del equipo.

Se calcula como 40% del costo del equipo. Este cálculo incluye mano de obra y materiales necesarios para cimientos, plataformas, soportes y conexiones de los - - equipos.

$$1.700,000.00 \times 0.40 = \$680,000.00$$

3) Terreno y Edificios.

Terreno.- el costo del terreno en la zona es de 300 \$/m². Si el departamento de preparación de cuerpo ocupa 1000 m²,

tenemos:

$$1000 \times 300 = \$300,000.00$$

Edificio.- el costo por m² de construcción es de 750 pesos:

$$1000 \times 750 = \$750,000.00$$

4) Ingeniería y Contingencias

Se recomienda calcularlo como 4% de la suma de los tres conceptos anteriores.

$$\text{Suma} = \$3,430,000.00$$

$$3,430,000.00 \times 0.04 = \$137,200.00$$

$$\text{Total Inversión Fija} = \$3,567,200.00$$

COSTOS FIJOS.

a) Depreciación

Se considera 10% anual sobre la inversión fija.

$$3,567,200.00 \times 0.10 = 356,720.00 \text{ \$/año}$$

$$750 \text{ ton./mes} \times 12 \text{ meses} = 9,000 \text{ ton./año.}$$

entonces:

$$356,720.00 : 9,000 = \$39.63$$

b) Impuestos

Se recomienda calcularlos como 2% de la inversión fija.

$$3,567,200.00 \times 0.02 = 71,344.00 \text{ \$/año}$$

$$71,344.00 : 9,000 = \$7.92$$

c) Seguros

Se recomienda 1% de la inversión fija.

$3.567,200.00 \times 0.01 = 35,672.00$ \$/año.

$35,672.00 : 9,000 = \$3.96$

Total Costos Fijos = \$51.51

COSTO DE PRODUCCION

Costos Directos	\$391.64
Costos Indirectos	" 82.55
Costos Fijos	" <u>51.51</u>
Total	\$525.70

COSTO DE PRODUCCION = \$525.70

4.- CONTAMINACION.

Este procedimiento produce un alto grado de contaminación por polvos debido a que es un proceso vía seca y al estado de deterioro en que se encuentran algunos equipos.

Para cuantificar la cantidad de polvos contaminantes se efectuaron pruebas consistentes en determinar la cantidad de polvos sedimentados -- en un tiempo dado. Estas pruebas se realizaron en diferentes puntos del local a fin de obtener un resultado más representativo de todo el de---

partamento. Este método de cuantificación, aún cuando no es muy exacto, sí nos permite tener -- una idea de la cantidad de polvos producidos en el proceso. Los resultados obtenidos tomando -- como base de tiempo una hora, son los siguien--- tes:

MUESTRA	SEDIMENTACION
A	4.2 mg./cm ² .
B	9.8 "
C	8.4 "
D	6.7 "
E	8.7 "
F	3.6 "
G	1.2 "
H	5.5 "

TABLA # 3

La figura No. 3 muestra la localización de los puntos donde se tomaron las muestras de -- la tabla anterior.

El promedio de los resultados de los -- -- muestreos es:

$$48.1 : 8 = 6.01 \text{ mg./cm}^2.$$

Si tomamos en cuenta que el área del ---

departamento es de 1000 metros cuadrados, tenemos:

$$6.01 \text{ mg./cm}^2 \cdot X 10 \times 10^6 \text{ cm}^2 = 60.1 \times 10^6 \text{ mg.}$$

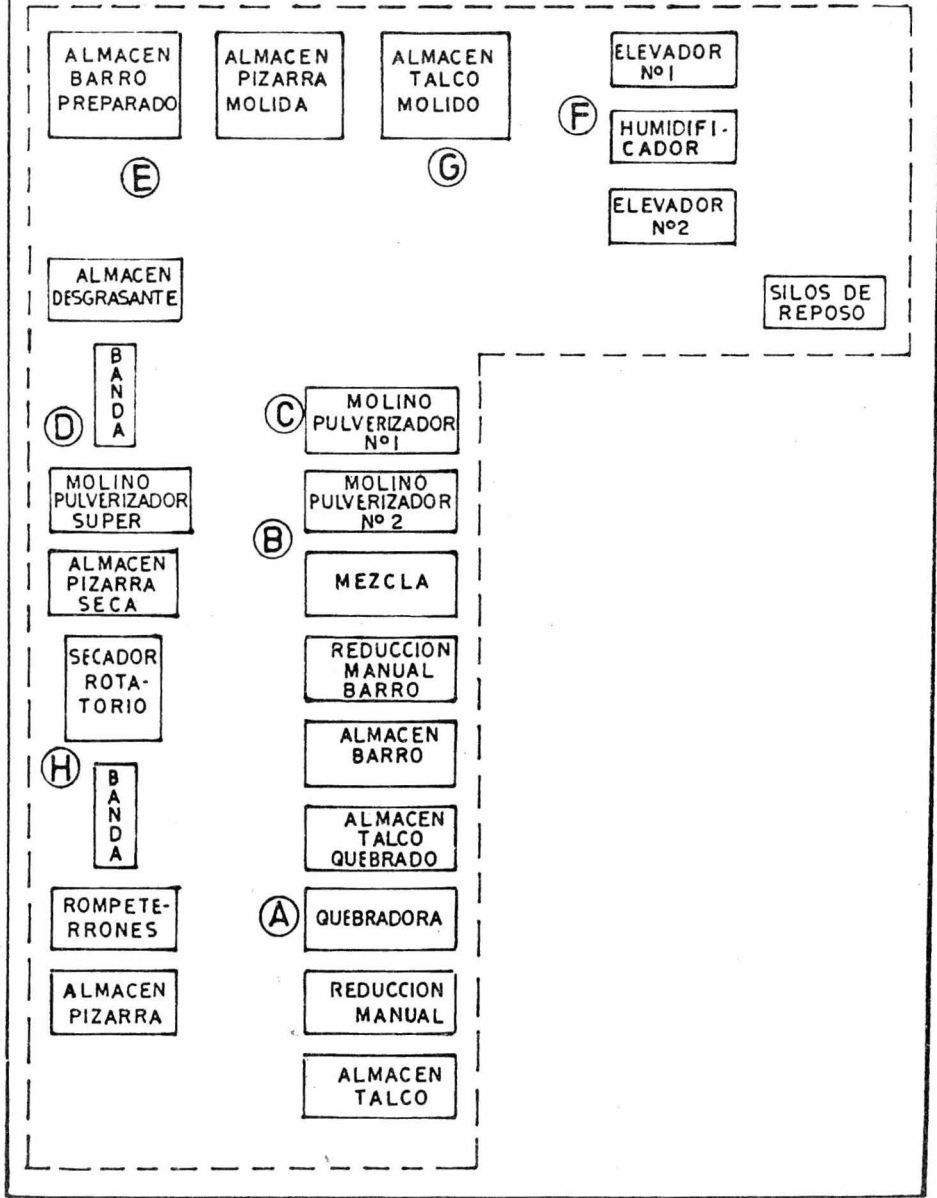
por lo tanto, se sedimentan 60 kg./hr. de polvos en todo el departamento de preparación de cuerpo.

Como puede observarse, el grado de contaminación es muy elevado, y de continuarse operando este sistema, será necesario reparar los equipos deteriorados e instalar un sistema de colectores de polvo, ya que la Secretaría de Salubridad y Asistencia así lo exige. Esto representa una inversión que fluctúa entre 1 y 1.5 millones de pesos.

5.- EFECTOS DE LA PREPARACION DE CUERPO - POR VIA SECA SOBRE LAS ETAPAS POSTERIORES DEL PROCESO.

Siendo la preparación del cuerpo la primera etapa del proceso cerámico, es lógico pensar que el procedimiento empleado para realizarla, tendrá ciertos efectos sobre algunas de las etapas posteriores de la manufactura. Es conveniente por lo tanto, analizar brevemente cada departamento en cuanto a costos de producción y

FIGURA Nº 3
CONTAMINACION POR POLVOS.
LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO



eficiencias a fin de establecer elementos que -- posteriormente nos permitan hacer una compara--- ción con algún otro procedimiento que se proponga.

a) Preparación de cuerpo.

Este procedimiento de preparación de cuerpo origina como ya se mencionó, - una pérdida de material por polvos de 60 kg./hr. Si se trabajan 21 horas - al día, se pierden 1260 kg.; y por tonelada procesada será:

1260 kg. : 30 ton./día = 42 kg./ton.
que equivalen a 4.2%.

Costo del material perdido.- debido a que es difícil determinar la cantidad exacta que se pierde de cada material, se tomará como una aproximación aceptable que el costo de todo el mate--- rial perdido es 70% del costo de producción.

Costo de producción = 525.70 \$/ton.

$525.70 \times 0.70 = 367.99$

$367.99 \times 0.042 = 15.45$ \$/ton.

Este costo deberá agregarse al costo de producción, por lo tanto, el costo de la preparación del cuerpo es:

$525.70 + 15.45 = 541.15$ \$/ton.

Producción real.- para calcularla se to mará como una segunda aproximación, que el 50% de las pérdidas por polvo ocurren antes de la formulación, y el 50% restante después de ella; por lo tanto, solo este último porcentaje afectará -- la eficiencia, puesto que la producción teórica se cuantifica a partir de la -- formulación.

Producción teórica = 30 ton./día.

$30 \times 0.021 = 0.63$ ton.

Producción real = $30.00 - 0.63 = 29.37$ ton./día.

b) Prensas.

A partir de este departamento se trabajará usando como unidad el metro cuadrado de material, por lo que es necesario hacer la conversión correspondiente.

Si establecemos que un metro cuadrado de material tiene un peso de 17 kgs., - tenemos:

$1000 \text{ kgs./ton.} : 17 \text{ kgs./m}^2 = 58.8 \text{ m}^2/\text{ton.}$

Costo de producción.- el costo del prensado es de $6.24 \text{ \$/m}^2$ *.

*

Este costo y sus similares en las siguientes etapas del proceso, han sido proporcionados por el analista de costos de la Compañía.

Desperdicio.- en este departamento se --
tiene una pérdida de material por polvos
de 0.2% y un rechazo recuperable de 15%.
El costo del material perdido por polvos
es el costo acumulado de producción (pre
paración de cuerpo y prensado).

Costo de preparación de cuerpo = 0.541 -
\$/kg.

$$0.541 \text{ \$/kg.} \times 17 \text{ kg./m}^2 = 9.19 \text{ \$/m}^2.$$

$$9.19 \times 0.002 = 0.018 \text{ \$/m}^2.$$

y el costo del prensado es:

$$6.24 \text{ \$/m}^2 \times 0.002 = 0.012 \text{ \$/m}^2.$$

Costo total del desperdicio = 0.03 $\text{\$/m}^2$.

El 15% de rechazo recuperable causa sin
embargo un costo de reprocesado tanto en
preparación cuerpo como en prensado.

El costo de preparación cuerpo se calcu-
la como el 40% del costo de producción -
de este departamento, ya que ese desper-
dicio se integra al proceso antes de la
molienda final.

$$9.19 \text{ \$/m}^2 \times 0.40 = 3.67 \text{ \$/m}^2.$$

$$3.67 \times 0.15 = 0.55 \text{ \$/m}^2.$$

El costo de prensado es:

$$6.24 \text{ \$/m}^2 \times 0.15 = 0.93 \text{ \$/m}^2.$$

Costo total de reprocesado = 1.48 $\text{\$/m}^2$.

Por lo tanto, el costo total del prensa-
do es:

$$6.24 + 0.03 + 1.48 = 7.75 \text{ \$/m}^2.$$

Producción real.- si la producción teórica es 29.37 toneladas diarias que -- equivalen a $1720 \text{ m}^2/\text{día}$, tomando en -- cuenta la pérdida por polvos, la producción real es:

$$1720 \text{ m}^2/\text{día} \times (1 - 0.002) = 1716.5 \text{ m}^2/\text{día}.$$

c) Cocción o quemado del cuerpo.

Costo de producción.- el costo del quemado del cuerpo es de $6.76 \text{ \$/m}^2$.

Desperdicio.- en esta operación se genera un desperdicio del 10% cuyo costo es:

$$\text{Costo acumulado de producción} = 9.19 + 7.75 + 6.76 = 23.70$$

$$23.70 \times 0.1 = 2.37 \text{ \$/m}^2.$$

por lo tanto, el costo total de quemado del cuerpo es:

$$6.76 + 2.37 = 9.13 \text{ \$/m}^2.$$

$$\text{Producción teórica} = 1716.5 \text{ m}^2/\text{día}.$$

$$\text{Desperdicio} = 1716.5 \times 0.10 = 171.6 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$\text{Producción real} = 1544.9 \text{ m}^2/\text{día}.$$

d) Clasificación del bizcocho.

Costo de producción.- el costo en este departamento es $3.99 \text{ \$/m}^2$.

Desperdicio.- en este departamento hay 4% de desperdicio por manejo.

Costo acumulado de producción = $26.07 + 3.99 = 30.06$

Costo del desperdicio = $30.06 \times 0.04 = - 1.20 \text{ \$/m}^2$.

Costo total de clasificación bizcocho = $5.19 \text{ \$/m}^2$.

Producción teórica = $1544.9 \text{ m}^2/\text{día}$.

Desperdicio = $1544.9 \times 0.04 = 61.79 \text{ m}^2/\text{día}$.

Producción real = $1483.1 \text{ m}^2/\text{día}$.

e) Esmaltado.

Costo de producción.- el costo del esmaltado es $15.81 \text{ \$/m}^2$. (incluye el costo -- del esmalte).

Desperdicio.- se tiene un desperdicio de 0.5% cuyo costo es:

Costo acumulado de producción = $31.26 + 15.81 = 47.07$

$47.07 \times 0.005 = 0.23 \text{ \$/m}^2$.

Costo total del esmaltado = $16.04 \text{ \$/m}^2$.

Producción teórica = $1483.1 \text{ m}^2/\text{día}$.

Desperdicio = $1483.1 \times 0.005 = 7.41 \text{ m}^2/\text{día}$

Producción real = $1475.6 \text{ m}^2/\text{día}$.

f) Cocción o quemado del esmalte.

Costo de producción.- el costo de este quemado es $3.94 \text{ \$/m}^2$.

Desperdicio.- se genera en los hornos - un desperdicio de 0.5% con un costo de:
 Costo acumulado de producción = 47.30 + 3.94 = 51.24

$$51.24 \times 0.005 = 0.25 \text{ \$/m}^2.$$

Costo total del quemado del esmalte = = 4.19 $\text{\$/m}^2$.

Producción teórica = 1475.6 $\text{m}^2/\text{día}$.

Desperdicio = 1475.6 \times 0.005 = 7.37 $\text{m}^2/\text{día}$

Producción real = 1468.3 $\text{m}^2/\text{día}$.

g) Clasificación final.

Costo de producción.- el costo por este concepto es 6.28 $\text{\$/m}^2$.

Calidad.- la calidad que se obtiene actualmente en los productos es:

Calidad Primera	80 %
" Segunda	15 %
" Tercera	3.5%
Desperdicio	1.5%

Costo del desperdicio:

Costo acumulado de producción = 51.49 + 6.28 = 57.77

$$57.77 \times 0.015 = 0.86 \text{ \$/m}^2.$$

Costo total de Producción = 58.63 $\text{\$/m}^2$.

Producción teórica = 1468.3 $\text{m}^2/\text{día}$.

Desperdicio = 1468.3 \times 0.015 = 22.02 $\text{m}^2/\text{día}$

Producción real = 1446.3 m²/día.

Por lo tanto, esta planta está produciendo actualmente 1,446.3 m²/día a un costo de -- 58.63 \$/m².

6.- COMENTARIOS.

De acuerdo a los resultados obtenidos, - la posibilidad de aumentar la capacidad produc-- tiva conservando el procedimiento vía seca, queda descartada debido a lo siguiente:

- a) Los costos de mano de obra y mantenimiento, que actualmente ya son elevados, se incrementarán considerablemente debido al aumento de personal y de equipo.
- b) La contaminación ambiental solo podrá eliminarse instalando un sistema de - colección de polvos que representa -- una inversión considerable.
- c) La adquisición del equipo necesario - para elevar la capacidad productiva - del proceso, significa una inversión que agregada a la mencionada en el - punto anterior, incrementarán los cos

tos fijos.

- d) Como consecuencia de los puntos mencionados, el costo de producción será alto.
- e) Con el sistema vía seca no podrá mejorarse la calidad del producto y consecuentemente, no se tendrán las ventajas que de esto se derivan. Este hecho disminuiría notablemente la rentabilidad de la inversión.

De lo anterior se deduce que la única solución satisfactoria para los requerimientos establecidos, es la instalación de un procedimiento de preparación de cuerpo por vía húmeda.

C A P I T U L O I V .

PROCEDIMIENTO PROPUESTO.

- 1.- MOLIENDA EN HUMEDO
- 2.- DEFLOCULACION.
- 3.- SECADO POR ASPERSION
- 4.- DESCRIPCION DEL PROCESO
- 5.- SELECCION DEL EQUIPO
- 6.- INVERSION FIJA.
- 7.- COSTO DE PRODUCCION
- 8.- CONTAMINACION.
- 9.- EFECTOS ESPERADOS DE LA PREPARACION
DE CUERPO POR VIA HUMEDA SOBRE LAS
ETAPAS POSTERIORES DEL PROCESO.

El procedimiento de preparación de cuerpo que se propone, se basa en dos operaciones -- principales que son la molienda en húmedo mediante molinos de bolas y el secado por aspersión. - Es conveniente hacer un breve comentario sobre estas operaciones antes de abordar la descripción del procedimiento completo.

1.- MOLIENDA EN HUMEDO.

La molienda por vía húmeda como ya se dijo, permite obtener materiales de alta calidad, ya que se logran productos de un tamaño de partícula menor y más uniforme.

Una proporción cada vez mayor de la molienda fina de los materiales cerámicos se realiza en molinos rotatorios que contienen esferas o barras duras. Los molinos se hacen girar a -- una velocidad tal que las bolas ascienden por su pared, rodando después unas sobre otras hasta el fondo. Por consiguiente, la molienda es efectuada por impacto y por fricción.

Existen numerosos diseños de estos molinos con diferentes dimensiones relativas, tipos de revestimiento y clases de bolas. Se utilizan bien por cargas o en forma continua en circuitos

cerrados o abiertos.



QUÍMICA

Uno de los tipos más usados es el cilíndrico que consiste en un cilindro de acero revestido, con una longitud igual a su diámetro. Las bolas y revestimientos pueden ser de acero, pedernal, alúmina o cuarzo. Es evidente que en una factoría de cerámica encaminada a la obtención de productos de alta calidad, no puede tolerarse la contaminación por hierro durante la molienda, por lo que revestimientos y bolas deben ser de materiales no féreos.

Existen seis factores que afectan el funcionamiento eficiente de los molinos de bolas:

- a) Velocidad del molino.- La característica esencial de estos molinos rotatorios que contienen en su interior el elemento moledor suelto, estriba en que la molienda debe conseguirse principalmente por rodadura de las bolas y no por su impacto al caer libremente. El molino debe por consiguiente, girar a una velocidad a la cual el medio moledor se eleve por la pared lo bastante para rodar de nuevo hacia abajo sobre sí mismo, pero no tanto -

que tienda a ser transportado más - -
allá del nivel de la masa general y -
caiga después. Si el medio molidor -
puede caer, y por lo tanto, puede de-
sintegrarse por impacto el material, se
desgastará en sí mismo mucho más rá-
pidamente y contaminará más el product
to. Por supuesto, cuando se eleva --
más aún la velocidad de rotación, se
alcanza una velocidad a la que las bol
las son transportadas hasta el extre-
mo superior de su recorrido circular
y no caen, sino que continúan girando
pegadas a la pared del molino. En --
este caso no se produce molienda algun
na. Esta es la llamada velocidad crít
tica.

Se alcanzan resultados satisfactorios
cuando el ángulo comprendido entre el
radio correspondiente al punto en que
las bolas más externas se desprenden
de la pared, y la horizontal, está --
próximo a 45 grados. En estas condi-
ciones se produce una gran cantidad -
de movimiento relativo de las bolas -
en contacto entre sí a medida que las
superiores ruedan hacia abajo y las -
inferiores ascienden. La velocidad -

requerida para alcanzar este "ángulo de ruptura" depende ligeramente del contenido del molino. Por ejemplo, la presencia de agua hace que las bolas resbalen más que cuando están secas.

- b) Cantidad de bolas.- la carga de bolas debe ser al menos 45% del volumen del molino, pero nunca arriba de 55%.
- c) Tamaño de las bolas.- es la superficie de las bolas la que efectúa la molienda por sus contactos entre sí. Las bolas más pequeñas tienen superficies mayores para pesos y volúmenes dados que las bolas de gran tamaño y son, por consiguiente, más eficientes. Sin embargo el empleo de bolas demasiado pequeñas, no es conveniente, puesto que entonces su tamaño se hace comparable al de la materia prima y se desgastan mucho más rápidamente.
- d) Cantidad de material.- teóricamente el uso más eficiente de las bolas de molienda se hace cuando todos los hue

cos están llenos con el material a moler y las bolas están justamente cubiertas con él. Los espacios huecos ascienden generalmente al 30% del volumen de las bolas.

- e) Consistencia del material.- la consistencia de la mezcla para la molienda húmeda afecta también los resultados. Una mezcla de pasta viscosa hace que las bolas se peguen unas a otras, se arrastren o floten, es decir, que no hagan contacto entre sí. Una suspensión muy fluída puede ocasionar -- resbalamiento, de tal modo que deban de emplearse mayores velocidades de molino para transportar las bolas a una altura suficiente.

Teóricamente debe conseguirse el contacto óptimo si los espacios huecos de la materia prima están llenos de agua, lo que aproximadamente significa un 8.5% en volúmen en el caso de un molino con 45% en volúmen de bolas. La incorporación de aire en los materiales a moler para la preparación de pastas, es sin embargo absolutamente indeseable, por lo que tales molinos

deben llenarse con agua.

- f) Tamaño de la alimentación.- si la --- alimentación es excesivamente gruesa desgastará las bolas y el molino inne cesariamente. Una alimentación fina conduce a una molienda eficiente y a la obtención de productos uniformes y no contaminados.

Todos estos factores son independientes entre sí.

2.- DEFLOCULACION.

El hecho de efectuar la molienda fina -- en húmedo, trae como consecuencia la producción de partículas coloidales cargadas, que en nues-- tro caso particular, y como ya se ha mencionado en el capítulo primero, tienden a flocular, dando una pasta de poca fluidez debido a su elevada viscosidad. Es necesario por lo tanto, agregar sustancias defloculantes a fin de obtener bue-- nas condiciones de flujo con un contenido mínimo de agua.

La preparación de una buena barbotina a partir de pastas que contengan arcilla no es - - siempre una materia fácil, ni es tampoco materia

respecto a la cual puedan establecerse reglas o métodos determinados. No solo es diferente cada arcilla, sino que la misma junto con las restantes materias primas minerales y en particular el agua sufren continuas variaciones. Esto significa que la reacción frente a los productos químicos que se añaden, será también variable.

El factor básico en la defloculación de una arcilla o pasta de arcilla es, por supuesto, la presencia de partículas coloidales de arcilla que sean susceptibles a la acción de los productos químicos que se agregan. La fluidez de una barbotina depende de la repulsión entre dichas partículas, y la viscosidad mínima está determinada por la cantidad total de coloides presentes, y por su naturaleza.

La acción del defloculante consiste en la creación o el reforzamiento de una doble capa eléctrica sobre la superficie de la partícula mineral, dando a esta una carga global negativa; esto produce una fuerte repulsión entre partículas y mantiene el sistema en un estado defloculado o disperso.

El empleo de un defloculante presenta -- dos efectos importantes:

- a) Reduce drásticamente la viscosidad -- aparente.
- b) Permite elevar el contenido seco sin modificar la viscosidad aparente.

Desde un punto de vista práctico, los -- efectos mencionados representan las ventajas siguientes:

- a) Se obtiene una barbotina fácil de --- transportar.
- b) Se reduce el volúmen de agua necesaa-- rio para la dispersión del mineral.

Esto, económicamente significa un ahorro considerable en la energía empleada en la preparación, transporte y secado de la barbotina.

Hay un cierto número de productos químicos utilizados en la defloculación de la arcilla en la preparación de barbotinas. Son sales de Sodio y Litio de ácidos débiles que por lo tanto dan reacciones alcalinas.

Los defloculantes sódicos tradicionales son el carbonato de sodio y el silicato de so--- dio. Investigaciones realizadas en torno a es-- tos productos, han determinado que la causa fun-

damental de su acción diferente es que el carbonato de sodio se hidroliza para dar el defloculante hidróxido de sodio y ácido carbónico, en tanto que el silicato de sodio se hidroliza para dar también el álcali libre y además ácido silícico, el cual es un defloculante protector.

La cantidad real de defloculante requerida, depende de la naturaleza de la arcilla, la naturaleza de cualesquiera iones absorbidos, las impurezas presentes en el agua y el defloculante de que se trate en particular.

3.- SECADO POR ASPERSION.

El secado es la operación por medio de la cual se elimina el agua de un material.

Los dos fenómenos de transporte que intervienen en el secado son la transferencia de calor y la de masa. Se debe suministrar energía en alguna forma para lograr la evaporación del líquido del sólido que lo contiene; normalmente esta energía se suministra en forma de calor.

Los factores principales que gobiernan la velocidad del secado son:

- a) Dispersión de humedad.- el secado requiere de la máxima exposición posible de la superficie húmeda.
- b) Gradiente de temperatura.- la velocidad del secado es en forma general directamente proporcional a la diferencia entre la temperatura del medio calentador y la temperatura del material a secar.
- c) Agitación.- el movimiento rápido del material y el medio calentador promueven el secado rápido.
- d) Tamaño de partícula.- el secado se -- lleva a cabo por evaporación de humedad de la superficie de la partícula. Con objeto de eliminar humedad interior se requiere que esta llegue a la superficie por difusión. Esta transferencia tendrá lugar más rápidamente con partículas pequeñas.

En el proceso de secado por aspersión, - la alimentación se esprea en una cámara, en la - que se introduce un gas caliente. El líquido en el espreado se evapora rápidamente, saliendo de las partículas del sólido.

Las partes básicas de un secador por aspersión son:

- a) Cámara de secado.
- b) Medios para esprear el material en la cámara.
- c) Medios para calentar el gas o aire.
- d) Medios para sacar el gas de la cámara.
- e) Medios para separar el producto del gas de salida.

Existen tres métodos para esprear o atomizar el fluido de la alimentación, a saber:

- a) Boquillas de alimentación por presión. en ellas el fluido sale del orificio como una película, moviéndose en forma centrífuga alrededor del mismo. -- Para tener una buena atomización se realiza un movimiento de rotación del líquido previo a su salida del orificio; esto se logra por medio de entradas tangenciales, especialmente centros ranurados.
- b) Boquillas de dos fluidos.- son boquillas en las cuales el espreado es generado por la acción de un fluido secundario, tal como aire comprimido.

- c) Discos giratorios.- en ellos el espreado se produce por la acción de la fuerza centrífuga.

Para introducir el gas caliente a la cámara se emplean diversos métodos; en algunos diseños, el gas entra a través de la parte superior de la cámara y en otros por partes especiales. En la cámara de tipo cónico se le da al gas movimiento de torbellino mediante álabes en la abertura de entrada; esto ayuda a realizar un mezclado íntimo del gas con el espreado y promueve la acción del ciclón, centrifugando el producto hacia las paredes de la cámara de donde caen hacia el fondo del cono para ser colectadas. Es necesario tener un separador en la corriente de salida del gas, para colectar el producto transportado por el mismo. En algunos diseños todo el producto sale de la cámara con el aire de salida, para ser colectado en separadores; las instalaciones que se emplean con este objeto son ciclones o filtros de bolsas. Algunos secadores por aspersion son equipados con vibradores para evitar que el producto se pegue a las paredes de la cámara y para ayudar a colectarlo.

En los secadores por aspersion, se pueden manejar soluciones, emulsiones, suspensiones, etc.

El producto de un secador por aspersión es siempre un polvo, pero la forma de las partículas depende del diseño del aparato.

Características de los secadores por aspersión.

- a) El secado por aspersión es una operación de un solo paso, de alimentación líquida a producto seco. Esto elimina frecuentemente pasos tales como -- precipitar, centrifugar, filtrar, molar, clasificar y en ocasiones también bombeo adicional, almacenamiento y colección de polvos que incluyen -- las operaciones mencionadas.
- b) El proceso es continuo, aunque puede ser operado con alimentación de un -- proceso previo intermitente.
- c) Los costos de mantenimiento son bajos, ya que hay pocas partes móviles y la operación es limpia.
- d) El costo de mano de obra es bajo, ya que solo se requiere de un operador, -- aún en grandes instalaciones.
- e) La mayoría de los productos secos --- tienen formas esféricas uniformes. -- Esta característica hace que el mate-

rial contenga menos polvo y tenga mayor flujo que productos con el mismo tamaño de partícula obtenidos en ---- otros métodos de secado.

- f) El secado por aspersión tiene la propiedad de preservar la calidad del material.
- g) Se obtiene alta pureza porque se minimiza la absorción de sustancias ex--trañas (a 5 ppm ó menos).
- h) Es posible regular las variables de -operación para controlar la calidad -del producto.
- i) Se puede arrancar y parar rápidamente el equipo por la naturaleza de la operación y la ausencia de material retenido.

Ventajas del secado por aspersión.

- a) Debido a los cortos tiempos de seca--do, muchos materiales sensibles pue--den secarse en forma satisfactoria.
- b) En el secado por aspersión, el mate--rial no tiene contacto con las pare--des del equipo hasta que está seco; y además, las paredes están casi a la -temperatura de salida del gas, por lo

que reducen los problemas de adhe-----
sión y corrosión.

- c) El producto está en forma finamente -
dividida, como polvo de flujo libre.
- d) El tamaño de partícula de los produc-
tos se puede ajustar dentro de cier--
tos límites, variando las condiciones
de atomización.
- e) El proceso es adecuado para el secado
continuo de grandes cantidades de ma-
terial.

Desventajas del secado por aspersion.

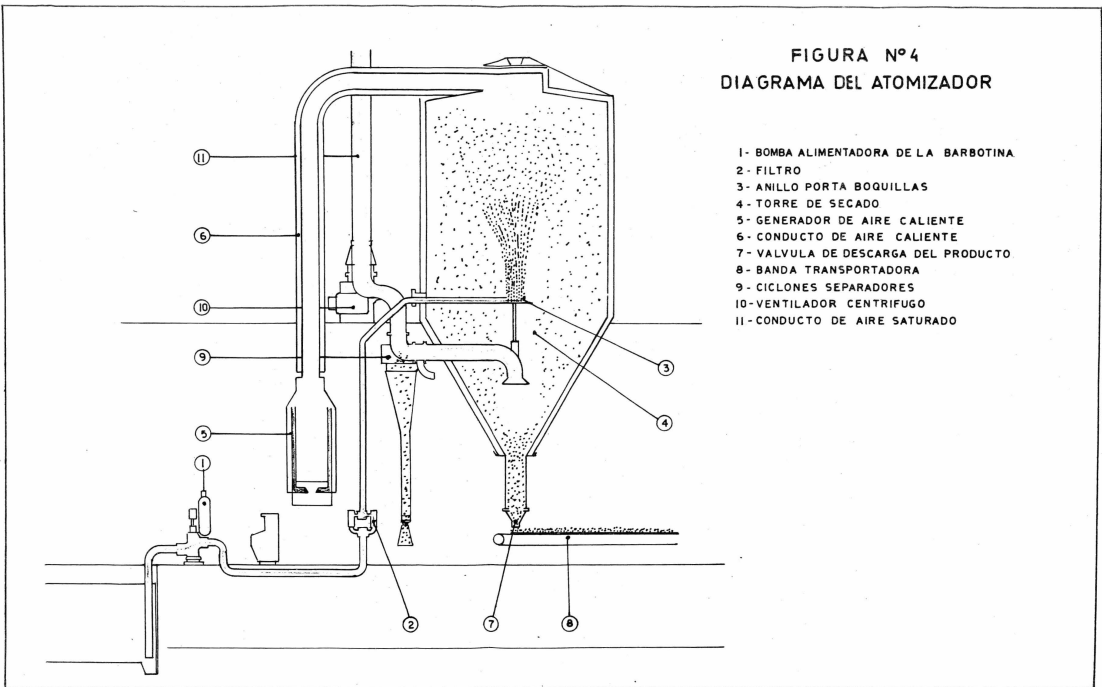
- a) El calor requerido por unidad de peso
de producto es alto por las siguien--
tes razones:
 - 1.- el contenido de humedad para la -
alimentación debe ser alto, com--
parado con la mayoría de otros --
tipos de secadores.
 - 2.- la eficiencia térmica a menudo es
baja, debido a las temperaturas -
restringidas.
- b) El costo del equipo es alto por uni--

- dad anual de peso de producto, particularmente para bajas capacidades.
- c) El equipo requiere de una gran cantidad de espacio.
 - d) La recuperación de polvos que se hace en los gases de salida puede resultar difícil o requerir de equipo costoso.
 - e) Todas las impurezas contenidas en las aguas madres permanecen.

Existen secadores por atomización diseñados específicamente para la industria cerámica - como el que se presenta en la figura No. 4 y cuyos componentes principales son los siguientes:

- 1) Bomba de pistón de porcelana.- se utiliza para alimentar la barbotina a -- las boquillas atomizadoras. La bomba es del tipo de bombeo de acción directa, compuesta de válvula de succión y de descarga con acumulador de presión hidroneumático con manómetro incorporado. Los pistones son accionados por energía suministrada por una central hidráulica.
- 2) Tubería para el transporte de la barbotina.- está construída en acero y -

FIGURA Nº 4
DIAGRAMA DEL ATOMIZADOR



- 1 - BOMBA ALIMENTADORA DE LA BARBOTINA
- 2 - FILTRO
- 3 - ANILLO PORTA BOQUILLAS
- 4 - TORRE DE SECADO
- 5 - GENERADOR DE AIRE CALIENTE
- 6 - CONDUCTO DE AIRE CALIENTE
- 7 - VALVULA DE DESCARGA DEL PRODUCTO
- 8 - BANDA TRANSPORTADORA
- 9 - CICLONES SEPARADORES
- 10 - VENTILADOR CENTRIFUGO
- 11 - CONDUCTO DE AIRE SATURADO

une la bomba con las boquillas. Sobre la línea se encuentran dos filtros colocados en paralelo y provistos de válvulas manuales que permiten la exclusión de cada uno de ellos cuando deban ser limpiados.

- 3) Anillo toroidal portaboquillas.- está construído en acero inoxidable. El número de boquillas varía de acuerdo al tamaño o capacidad del atomizador. Utiliza boquillas de presión con centros ranurados.
- 4) Torre de secado.- consta de una capa interior de acero inoxidable, una capa intermedia aislante de lana de vidrio y un revestimiento exterior de lámina de aluminio. Esta torre está soportada por perfiles metálicos. La torre de secado se compone de las siguientes partes:
 - a) boca de entrada de aire caliente.
 - b) puerta de inspección perfectamente sellada.
 - c) lámpara eléctrica para iluminación interior.
 - d) boca de aspiración de aire húmedo.

- e) boca de paso del anillo portaboquillas.
 - f) conducto de salida del aire saturado.
 - g) válvula reguladora de la cantidad de aire en circulación en el interior de la torre.
- 5) Generador de aire caliente.- utiliza como combustible gas metano. Es del tipo de combustión directa y por lo tanto, los gases producto de la combustión entran directamente en contacto con la barbotina atomizada dentro de la torre.
 - 6) Conducto de entrada del aire caliente.- conecta la torre de secado con el generador y está construido de acero inoxidable con aislamiento de lana de vidrio.
 - 7) Descargador de contrapeso.- para la descarga del producto atomizado. Está equipado con enfriador de polvo.
 - 8) Banda transportadora.- recoge en forma continua el material atomizado y lo envía a los silos de reposo.
 - 9) Ciclones separadores.- su objetivo es coleccionar los residuos de polvo del aire húmedo que viene de la torre a la

chimenea. Están construidos en acero inoxidable y dotados de válvulas de membrana para la descarga de los polvos.

- 10) Electroventilador principal.- determina el movimiento del aire en el interior de la torre de secado.
- 11) Chimenea.- conducto para el envío del aire saturado a la atmósfera.
- 12) Equipo eléctrico de mando.- lo constituye un tablero de controles.

4) DESCRIPCION DEL PROCESO.

El proceso que se propone consta de una molienda primaria en seco, una molienda fina en húmedo y un posterior secado por aspersion.

En la molienda primaria, la pizarra y el talco son colocados por la pala mecánica sobre un alimentador de cadena (oruga) que los deja caer sobre una quebradora de quijadas donde son reducidos a partículas de un tamaño aproximado de 20 mm., mismas que caen a una quebradora de rodillos que efectúan una segunda molienda y -- que se encuentra colocado en serie con la quebradora de quijadas y que las reduce a fracciones de 10 mm., que a su vez, caen a la tolva de alimentación del elevador No. 1. Este elevador lleva el material a la parte superior de

los silos de almacenamiento, despositándolo sobre una banda que lo transporta al silo correspondiente.

Por otra parte, el barro es colocado por la pala en el rompeterrones donde es desintegrado a fracciones menores que caen a la tolva del elevador y siguen el proceso arriba descrito. Es necesario que este material esté lo más seco posible para evitar atascamientos del rompeterrones, por lo que deberá adquirirse en esas condiciones.

La formulación se lleva a cabo en un carro-báscula que se desplaza sobre una vía colocada abajo de los silos y que va tomando la cantidad adecuada de material de cada silo. Los silos están provistos de válvulas a fin de controlar la caída del material en el carro.

El carro-báscula deposita la carga en la tolva del alimentador dosificador, y este, la alimenta al elevador No. 2 que se encarga de subirla y depositarla sobre una banda que a su vez, la transporta hasta las tolvas de los molinos de bolas.

Los molinos se cargan abriendo las vál--

vulas de las tolvas a fin de que el material --- caiga dentro de ellos. En este punto se agregan también el agua y el defloculante.

Una vez que los molinos han completado - su ciclo de molienda, se descargan mediante man- gueras en la cisterna primaria, de donde se bom- bea la barbotina a las cribas vibratorias que -- separan partículas gruesas e impurezas. La bar- botina cribada cae en la cisterna secundaria de donde posteriormente se bombea al atomizador.

El material ya seco, cae del atomizador sobre una banda que lo transporta al elevador -- No. 3, que lo deposita sobre otra banda que a su vez deja caer el producto en los silos de repo-- so.

Es conveniente mencionar que las dos cis- ternas están provistas de agitadores a fin de -- evitar que el material se sedimente y dificulte o impida su bombeo.

5.- SELECCION DEL EQUIPO.

Si el proceso deberá producir 60 ton./-- día, y considerando que es conveniente trabajar un solo turno, la capacidad de los equipos debe-

rá ser como mínimo de 8 Ton/hr. De acuerdo a -- esto, se ha hecho la siguiente selección:

- 1) Alimentador de cadena.- es un alimentador dosificador de oruga. Estos -- equipos están diseñados para manejar grandes cantidades de material; por lo tanto, en nuestro caso se selecciona el de menor tamaño que se encuentra en el mercado, que tiene una capacidad de 15 ton/hr. y está accionado por un motor de 1 HP.
- 2) Quebradora de quijadas.- tiene una -- capacidad productiva de 8 ton/hr. Admite una alimentación de un tamaño -- máximo de 12 pulg., dando un producto de 3/4 de pulg. El tamaño de las quijadadas es 10 x 20 pulg. y está accionada por un motor de 20 HP.
- 3) Quebradora de rodillos.- tiene una capacidad de producción de 8 ton/hr., - dando un producto de 3/8 de pulg. El tamaño de los rodillos es 14 x 14 pulg y se mueve mediante un motor de 25 HP.
- 4) Rompeterrones.- este equipo ya se tiene en el proceso de preparación por - vía seca, solo que en este caso su capacidad productiva se incrementará a 12 ton/hr. ya que trabajará con mate-

- riales de un contenido mínimo de humedad.
- 5) Elevador de cangilones No. 1.- este elevador deberá tener una altura de 18 metros ya que el tamaño y disposición de los silos de materia prima así lo requieren. Tiene una capacidad de transporte de 8 ton/hr. y es accionado por un motor de 3 HP.
 - 6) Banda transportadora No. 1.- es una banda móvil de 9 m. de longitud que al desplazarse sobre una vía de 17.5m. puede descargar a todos los silos. Esta banda se mueve mediante un motor de 1 HP.
 - 7) Silos de materia prima.- el número de silos, así como su tamaño, están limitados por el espacio disponible para ellos. De acuerdo a esto, podrán instalarse 7 silos de 42 m^3 cada uno, que tomando en cuenta que la densidad promedio de la materia prima es 1.25 ton/m^3 , tienen una capacidad total de almacenamiento de 367.5 ton., suficiente para 6 días de producción.
 - 8) Válvulas de descarga.- se colocarán dos válvulas de estrella en cada silo. Cada válvula tiene un motor de -

3/4 HP.

- 9) Carro-báscula.- el tamaño de este carro también se ve limitado por el espacio disponible para su colocación, ya que el desplazamiento se efectúa entre los soportes de los silos. Su capacidad es de 6 ton., y se desplaza sobre la vía por la acción de un motor de 3 HP.
- 10) Alimentador dosificador.- es un dosificador de plato reciprocante; tiene una capacidad de alimentación que varía entre 6 y 12 ton/hr. de acuerdo a la abertura de la compuerta del dosificador. Este equipo está accionado por un motor de 3 HP.
- 11) Elevador de cangilones No. 2.- tiene una altura de 15 m. y una capacidad de 8 ton/hr. Se mueve mediante un motor de 5 HP.
- 12) Banda transportadora No. 2.- es una banda fija de 9 m. de longitud y una capacidad de transporte de 8 ton/hr. Está accionada por un motor de 1 HP.
- 13) Molinos de bolas.- la barbotina producto de estos molinos deberá tener las siguientes características:

Densidad = 1.6 g/ml.

Viscosidad = 2.1 °E

Granulometría = 5% de retenido en malla No. 250.

Las pruebas efectuadas en el laboratorio, han determinado que las especificaciones anteriores se alcanzan con un ciclo de molienda de 7 horas y con una carga con 60% de material seco, - 40% de agua y 1% de defloculante (porcentajes en peso).

De acuerdo a esto, y tomando en cuenta los factores recomendados para la operación de estos equipos, podemos analizar las alternativas siguientes:

a) Un molino trabajando un ciclo

Material seco:

$$60.00 \text{ ton.} : 1.25 \text{ ton./m}^3 = 48.00 \text{ m}^3.$$

Agua:

$$40.00 \text{ ton.} = 40.00 \text{ m}^3.$$

Defloculante:

$$100 \text{ ton.} \times 0.01 = 1.0 \text{ ton.}$$

la densidad de esta substancia es 1.40 g/ml.

$$1.0 \text{ ton.} : 1.40 \text{ ton./m}^3 = 0.714 \text{ m}^3.$$

Carga total:

$$48.00 + 40.00 + 0.714 = 88.714 \text{ m}^3.$$

Considerando que 45% del volúmen total - del molino está ocupado por bolas, y que 30% de este es espacio vacío entre bolas, tenemos:

$$45 \times 0.30 = 13.5\%$$

por lo que el volumen total disponible - para carga es:

$$55 + 13.5 = 68.5\% \text{ del volumen total.}$$

por lo tanto, el volumen total del molino será:

$$88.714 \text{ m}^3 : 0.685 = 129.5 \text{ m}^3.$$

Este molino es demasiado grande y no se encuentra en el mercado, y aún cuando -- fuese fabricado en forma especial, sería imposible su transportación hasta la - - planta. Por esta razón, se descarta esta alternativa, considerándose solamente aquellas que se presenten basándose en - el molino más grande que se encuentra en el mercado que es el de 23 m^3 .

Utilizando el resultado obtenido arriba, y mediante una relación simple, tenemos que la capacidad de carga de material -- seco de estos molinos es:

$$\begin{array}{r} 129.5 \text{ m}^3 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 60.00 \text{ ton.} \\ 23.0 \text{ m}^3 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad X \end{array}$$

de donde $X = 10.65 \text{ ton.}$

Comprobando este resultado tenemos:

Material seco:

$$10.65 \text{ ton.} : 1.25 \text{ ton/m}^3 = 8.52 \text{ m}^3.$$

Aguà:

$$7.10 \text{ ton.} = 7.10 \text{ m}^3.$$

Defloculante:

$$17.75 \text{ ton.} \times 0.01 = 0.1775 \text{ ton.}$$

$$0.1775 \text{ ton.} : 1.40 \text{ ton/m}^3 = 0.1267 \text{ m}^3.$$

Carga total:

$$8.52 + 7.10 + 0.1267 = 15.7467 \text{ m}^3.$$

Volumen total del molino:

$$15.7467 \text{ m}^3 : 0.685 = 22.98 \text{ m}^3.$$

El resultado es correcto y da origen a -
diversas alternativas de solución; sin -
embargo, el hecho de tener limitaciones
en cuanto a espacio disponible para la -
colocación de estos equipos, nos lleva a
seleccionar 2 molinos que deberán traba-
jar los tres turnos. Por lo tanto tene-
mos:

$$2 \times 3 \times 10.65 = 63.9 \text{ ton./día.}$$

Esta cantidad satisface nuestra produc-
ción diaria.

Estos molinos tienen las características
siguientes:

Capacidad sin revestimiento 28m^3

Capacidad útil con revestimiento 23m^3

Potencia instalada	75 HP
Velocidad angular	13 r.p.m.
Diámetro boca de carga	545 mm.
Diámetro boca de descarga	223 mm.
Dimensiones de la bola	80-120mm.
Consumo de bola por carga	60-80 kg.
Revestimiento y bolas de cuarzo.	

- 14) Tolvas alimentadoras de molinos.- cada molino deberá tener una tolva con capacidad mínima para una carga de molino. De acuerdo a esto, deberán instalarse tolvas de 10 m^3 , que de acuerdo a la densidad ya mencionada del material, podrán almacenar 12.5 ton. cada una. Estas tolvas están provistas de compuertas de almeja para la descarga del material hacia los molinos.
- 15) Cisterna primaria.- esta cisterna tendrá una capacidad de 80 m^3 , ya que el espacio de que se dispone para su construcción, no permite un tamaño mayor. Considerando que la densidad de la barbotina producida en los molinos es 1.6 ton/m^3 , esta cisterna podrá almacenar 128 ton. de la misma, que equivalen a 76.8 ton. de material seco (60%); cantidad superior a la --

procesada en un día.

- 16) Agitadores cisterna primaria.- de - -
 acuerdo a recomendaciones de los fa--
 bricantes, se logra una agitación su--
 ficiente y uniforme en esta cisterna,
 instalando 2 agitadores de paletas --
 con las siguientes características:

Potencia motor 10 HP

r.p.m. motor 1445

r.p.m. paletas 12

- 17) Bomba de trasiego.- se ha selecciona--
 do una bomba de tipo autocebante aún
 con gran altura de succión, lo que --
 elimina todo dispositivo para tal fin
 y permite el montaje en el lugar ade--
 cuado. El bombeo es absolutamente --
 uniforme sin pulsaciones ni turbulen--
 cias, y por lo tanto sin formación de
 burbujas de aire. Es esta caracterís--
 tica, y el elevado rendimiento y la -
 baja resistencia a la fricción lo que
 hace que esta bomba sea particularmen--
 te apta en la industria cerámica para
 el bombeo de barbotinas y esmaltes. -
 La bomba seleccionada tiene las carac--
 terísticas siguientes:

Potencia motor 10 HP

r.p.m. motor 640
 r.p.m. bomba 300
 Gasto 10,800 lts./hr.
 Presión máxima 5 kg./cm².
 Diámetro succión y descarga 3 pulg.

- 18) Cribas.- se encuentran en el mercado cribas vibrorrotatorias de una capacidad de trabajo de 6000 Lts./hr. a través de malla No. 60; por lo tanto, se requieren dos cribas de este tipo. Son cribas circulares accionadas por un motor de 3 HP.
- 19) Cisterna secundaria.- esta cisterna de servicio a la bomba de la barbotina, solo podrá construirse de un tamaño máximo de 40 m³. debido a limitaciones de espacio.
- 20) Agitadores cisterna secundaria.- esta cisterna deberá contar con 2 agitadores de paletas de las siguientes características:
- Potencia motor 7.5 HP
 r.p.m. motor 1440
 r.p.m. paletas 13
- 21) Bomba barbotina.- es una bomba dúplex con pistones de porcelana y del tipo

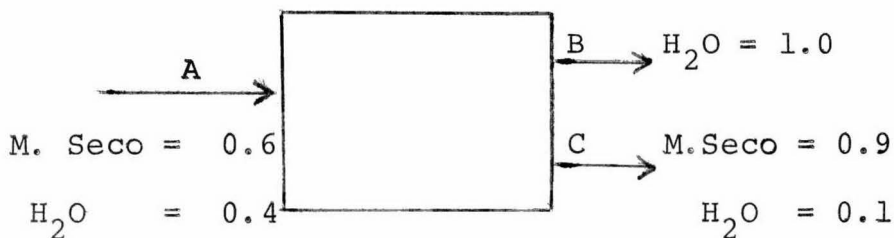
ya descrito anteriormente. Sus especificaciones son las siguientes:

Gasto máximo	9,000 Lts./hr
Presión máx. en trabajo continuo.	20 kg./cm ² .
Eficiencia	95 %
Potencia instalada	15 HP
Campo de presión de trabajo.	5 a 20 kg./cm ²
Agua de enfriamiento	15 lts./min.
Número de pistones.	2
Peso neto	1,150 kg.

22) Atomizador.- se ha seleccionado un -- atomizador del tipo ya mencionado, -- que tiene una capacidad máxima de eliminación de agua de 1,575 lts./hr.

De acuerdo a esto, y tomando en cuenta que el producto deberá tener 10% - de humedad, la capacidad de produc---ción de este secador será:

Mediante un balance de materia (considerando despreciable el defloculante) tenemos:



Balance total:

$$A = B + C \quad (1)$$

Balance para el agua:

$$0.4 A = 1.0 B + 0.1 C \quad (2)$$

Balance para el material seco.

$$0.6 A = 0.9 C \quad (3)$$

de donde

$$A = 1.5 C \quad (4)$$

Sustituyendo (4) en (2):

$$0.4 (1.5 C) = 1.0 B + 0.1 C$$

Si $B = 1,575 \text{ kg.}$, entonces:

$$0.6 C = 1,575 + 0.1 C$$

de donde

$$C = 3,150 \text{ kg.} \quad (5)$$

$$\text{y } A = 1,575 + 3,150$$

$$A = 4,725 \text{ kg.}$$

Por lo tanto, la capacidad de producción de este equipo es 3,150 kg./hr.; y para satisfacer la producción diaria, deberá trabajar los tres turnos (21 horas) produciendo así 66.15ton.-de cuerpo cerámico.

Las características de este atomizador son:

Potencia térmica generadora de calor 1.250,000 Kcal
/hr.

Cantidad máx. de agua evaporada	1,575 lts./hr.
Consumo térmico específico.	800 Kcal/lt.H ₂ O
Temperatura aire de entrada	400-500 °C
Temperatura aire de salida.	60-70 °C
Temperatura del producto	30-35 °C
Humedad del --- producto	1-10 %
Cantidad máx. de polvo residual	100 mg./m ³ .
Potencia total instalada	38 HP
Peso total del aparato	28,600 Kg.

- 23) Banda transportadora No. 3.- tiene -- una longitud de 5 m. y una capacidad de transporte de 8 ton./hr. Trabaja - con un motor de 2 HP.
- 24) Elevador de cangilones No. 3.- tiene una altura de 12 m. y una capacidad - de transporte de 8 ton./hr. Se mueve mediante un motor de 3 HP. Este equipo y los siguientes, ya se tienen en el proceso vía seca.
- 25) Banda transportadora No. 4.- tiene --

una longitud de 6 m. y se mueve con un motor de 2 HP. Su capacidad es de 8 ton./hr.

- 26) Silos de reposo.- se cuenta con tres silos con capacidad para 25 ton. de cuerpo cada uno.

La figura No. 5 muestra el diagrama de proceso para el procedimiento de preparación de cuerpo que se propone, basado ya en la selección de equipo efectuada.

6.- INVERSION FIJA.

a) Costo del equipo.

EQUIPO	COSTO
Alimentador de cadena	\$ 125,000.00
Quebradora de quijadas	" 75,000.00
Quebradora de rodillos	" 90,000.00
Elevador de cangilones No. 1	" 90,000.00
Banda transportadora No. 1	" 35,000.00
Silos, tolvas y estructuras	" 850,000.00
Válvulas de descarga	" 25,000.00
Carro-báscula	" 65,000.00
Alimentador dosificador	" 45,000.00
Elevador de cangilones No. 2	" 37,500.00

EQUIPO	COSTO
Banda transportadora No. 2	\$ 35,000.00
Molinos de bolas	" 1.300,000.00
Cisternas	" 350,000.00
Bomba de trasiego	" 160,000.00
Cribas	" 140,000.00
Agitadores cisterna primaria.	" 500,000.00
Agitadores cisterna secundaria	" 400,000.00
Bomba barbotina	" 300,000.00
Atomizador	" 1.200,000.00
Banda transportadora No. 3	" <u>25,000.00</u>
Total	\$5.847,500.00

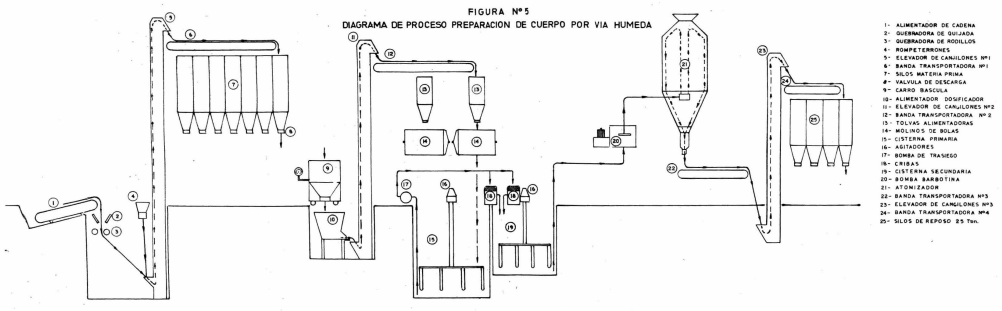
b) Instalación del equipo.

El costo por este concepto fué cotizado en \$ 400,000.00.

c) Construcciones.

Cimentación	\$ 300,000.00
Acondicionamiento de las naves.	" 200,000.00
Compartimientos materia prima	" <u>60,000.00</u>
Total	\$ 560,000.00

FIGURA N° 5
 DIAGRAMA DE PROCESO PREPARACION DE CUERPO POR VIA HUMEDA



- 1- ALIMENTADOR DE CADENA
- 2- QUERPADORA DE HOJUELOS
- 3- GRUPETERIENES
- 4- ELEVADOR DE CAJILLOS Nº1
- 5- BANCA TRANSPORTADORA Nº1
- 6- SILOS MATERIA PRIMA
- 7- VALVULA DE DECANADA
- 8- CARRO BASCULA
- 9- ALIMENTADOR OSCILADOR
- 10- ELEVADOR DE CAJILLOS Nº2
- 11- BANCA TRANSPORTADORA Nº2
- 12- TOLVAS ALIMENTADORAS
- 13- MOLINOS DE BOLAS
- 14- CISTERNA PRIMARIA
- 15- ASISTORES
- 16- BOMBA DE TRANSISO
- 17- CISTERNA SECUNDARIA
- 18- CEREAL
- 19- ATOMIZADOR
- 20- BANCA TRANSPORTADORA Nº3
- 21- ELEVADOR DE CAJILLOS Nº3
- 22- BANCA TRANSPORTADORA Nº4
- 23- SILOS DE RESPO 85 Ton.

d) Servicios Auxiliares.

Instalación eléctrica	\$ 400,000.00
Instalación de gas	" 17,500.00
Instalación de agua	" 48,000.00
Drenaje	" <u>75,000.00</u>
Total	\$ 540,500.00

e) Ingeniería y Contingencias.

Este costo se estima en: \$ 100,000.00

f) Instrumentación

Contador volumétrico para agua \$ 20,000.00

g) Pruebas de arranque

Se estima un costo de: \$ 30,000.00

TOTAL INVERSION FIJA \$7.498,000.00

7.- COSTO DE PRODUCCION.

Base: una tonelada de cuerpo preparado.

A.- COSTOS DIRECTOS.

a) Materias primas.

Barro seco	\$ 43.00
Pizarra	"38.50
Talco	"72.00
Desgrasante	"48.00
Defloculante	<u>"20.50</u>
	\$222.00

b) Mano de obra.

El departamento deberá trabajar con 2 personas en cada turno; una en el sistema de molienda y otra operando el atomizador. Por lo tanto, si -- trabajan los tres turnos, el costo de mano de obra será:

$$80 \text{ \$/día} \times 6 : 60 \text{ ton./día} = \$8.00$$

c) Supervisión

Se considera el mismo costo diario - que en el sistema vía seca, que es - de \$225.00; por lo tanto:

$$225.00 \text{ \$/día} : 60 \text{ ton/día} = \$3.75$$

d) Mantenimiento.

Para equipo de uso continuo, se reco^omienda calcularlo como 9% de la in--

versión fija para mantenimiento anual.
 $7.498,000.00 \times 0.09 = 674,820.00$ \$/año
 $60 \text{ ton./día} \times 25 \text{ días/mes} \times 12 \text{ meses/-}$
año = $18,000 \text{ ton/año}$.
 $674,820.00 : 18,000 = \$ 37.50$

e) Servicios auxiliares.

Agua.- se considerará además del agua de proceso, el agua de enfriamiento de la bomba de barbotina y el agua para la limpieza de los equipos.

Agua de proceso.- se requieren 666.6 - Lts. de agua para una tonelada de material seco (relación $40 : 60$).

Agua de enfriamiento.- la bomba requiere 15 lts./min. , y si trabaja 21 hrs. , serán:

$$15 \times 60 \times 21 = 18,900 \text{ lts./día.}$$

$$18,900 : 60 = 315 \text{ lts./ton.}$$

Agua de limpieza.- se estima como 1 m^3 día.

$$\text{Total} = 666.6 + 315.0 + 16.6 = 998.2 \text{ lts.} = 1 \text{ m}^3.$$

Si el costo del m^3 es \$ 2.00 :

$$1 \text{ m}^3 \times 2 \text{ \$/m}^3 = \$ 2.00$$

Energía eléctrica.- de acuerdo a la -

potencia que deberá instalarse, tenemos:

EQUIPO	HP	Hrs.	HP-hr.	Kw-hr.
Alimentador de cadena	1	6	6	8.04
Quebradora de quijadas	20	6	120	160.92
Quebradora de rodillos	25	6	150	201.15
Rompeterrones	15	2	30	40.23
Elevador No. 1	3	8	24	32.18
Banda transp. No. 1	1	8	8	10.72
Válvulas de descarga	10.5	1	10.5	14.08
Carro-báscula	3	1.5	4.5	6.03
Alimentador dosificador	3	8	24	32.18
Elevador No. 2	5	8	40	53.64
Banda transp. No. 2	1	8	8	10.72
Molinos de bolas	150	21	3150	4224.15
Agitadores C. primaria	20	24	480	643.68
Bomba de trasiego	10	10	100	134.10
Cribas	6	10	60	80.46
Agitadores C. secundaria	15	24	360	482.76
Bomba barbotina	15	21	315	422.41
Atomizador	38	21	798	1070.11
Banda transp. No. 3	2	21	42	56.32
Elevador No. 3	3	21	63	84.48
Banda transp. No. 4	2	21	42	56.32

TABLA No. 4

Total Kw-hr. = 7,824.68

Costo/kw-hr. = \$ 0.30

$7,824.68 \times 0.30 = 2,347.40$ \$/día

$2,347.40 : 60 = \$ 39.12$

Gas.- este combustible solo se utiliza -
en el atomizador cuya potencia térmica -
es de 1.250,000 kcal/hr. Si trabaja 21 -
hrs. producirá 26.250,000 Kcal/día.

Si el metro cúbico de gas proporciona --
8,400 Kcal.:

$26,250,000 \text{ Kcal/día} : 8,400 \text{ Kcal/m}^3 = ==$
 $3,125 \text{ m}^3/\text{día}$

con un costo de:

$3,125 \text{ m}^3 \times 0.20 \text{ \$/m}^3 = 625 \text{ \$/día}$

$625 : 60 = \$ 10.41$

Costo total de servicios auxiliares = --
\$ 51.53

Total Costos Directos = \$ 322.78

B.- COSTOS INDIRECTOS.

a) Laboratorio

Se estima como 10% del costo total ac---

tual del laboratorio.

$$30,000.00 \times 0.10 = 3,000.00 \text{ \$/mes.}$$

$$3,000 \text{ \$/mes} : 1,500 \text{ ton/mes} = \$2.00$$

b) Mano de obra indirecta

Se requiere un operador de pala mecánica durante un turno. Si gana 90 \\$/día, tenemos:

$$90.00 : 60 = \$1.50$$

Vigilancia.- se calcula como 20% del -- costo diario de vigilancia.

Costo de vigilancia = 150 \\$/día.

$$150.00 \times 0.20 = 30.00 \text{ \$/día}$$

$$30.00 : 60 = \$ 0.50$$

Costo total de mano de obra indirecta = \$2.00

c) Prestaciones.

La Compañía otorga al trabajador el 30% sobre su salario por concepto de prestaciones. Para poder calcular este costo, es necesario suponer un costo de mano de obra y supervisión de mantenimiento. Si estimamos que estos costos se reducen al 50% de los actuales, tenemos:

Mano de obra directa	\$ 8.00
" " " indirecta	" 2.00
" " " manteni-- miento.	" 5.90
Supervisión producción	" 3.75

Supervisión mantenimiento	<u>\$ 2.50</u>
Total	\$22.15

$$22.15 \times 0.30 = \$ 6.64$$

d) Materiales

Se estima como 20% del costo total de mano de obra y supervisión.

$$22.15 \times 0.20 = \$ 4.43$$

e) Tiempo extra.

Se estima como 10% del costo de mano de obra directa.

$$8.00 \times 0.10 = \$ 0.80$$

f) Overhead

Se estima como el 30% del overhead total.

$$55,000.00 \text{ \$/mes} \times 0.30 = 16,500.00 \text{ \$/mes.}$$

$$16,500.00 : 1,500 = \$11.00$$

Total Costos Indirectos = \$ 26.87

C.-COSTOS FIJOS.

a) Depreciación

Se considera 10% anual sobre la inversión fija.

$$7,498,000.00 \times 0.10 = 749,800.00 \text{ \$/año.}$$

$$749,800.00 \text{ \$/año} : 18,000 \text{ ton/año} = \$41.65$$

b) Impuestos

Se recomienda 2% de la inversión fija.

$7.498,000.00 \times 0.02 = 149,960 \text{ \$/año.}$

$149,960.00 : 18,000 = \$ 8.33$

c) Seguros

Se recomienda 1% de la inversión fija.

$7.498,000.00 \times 0.01 = 74,980.00 \text{ \$/año}$

$74,980.00 : 18,000 = \$ 4.16$

Total Costos Fijos = \$ 54.14

COSTO DE PRODUCCION

Costos Directos	\$ 322.78
Costos Indirectos	" 26.87
Costos Fijos	<u>" 54.14</u>
Total	\$ 403.79

COSTO DE PRODUCCION = 403.79 \\$/ton.

8.- CONTAMINACION.

Se espera que el procedimiento de preparación de cuerpo por vía húmeda que se propone, -- elimine en un 80% la contaminación del ambiente.

9.- EFECTOS ESPERADOS DE LA PREPARACION DE CUERPO POR VIA HUMEDA SOBRE LAS ETAPAS POSTERIORES DEL PROCESO.

Debido a que el procedimiento que se propo

ne deberá producir un material de más alta calidad, más compacto y de un tamaño más uniforme, - es de esperarse un incremento en las eficiencias de algunas etapas del proceso cerámico. A continuación se hace un breve análisis de estas eta--pas a fin de cuantificar dichos efectos.

a) Preparación de cuerpo.

Si actualmente se tiene una pérdida de material por polvos de 1260 kgs. día---rios, y si el proceso propuesto deberá reducirla en un 80%, la pérdida esperada será:

$$1260 \times 0.20 = 252 \text{ kg./día.}$$

$$252 : 60 = 4.2 \text{ kg./ton.}$$

Costo del material perdido.- para calcularlo se harán las consideraciones ya - establecidas para el procedimiento vía seca:

$$\text{Costo de producción} = 403.79 \text{ \$/ton.}$$

$$403.79 \times 0.70 = 282.65$$

$$282.65 \times 0.0042 = 1.18 \text{ \$/ton.}$$

Este costo deberá agregarse al costo de producción; por lo tanto, el costo - -- real de la preparación del cuerpo será:
 $403.79 + 1.18 = 404.97 \text{ \$/ton.}$

Producción real.- en este caso, también se considerará que el 50% de las pérdi-

das por polvo deberán ocurrir antes de la formulación y el resto después de ella; por lo tanto, solo este último porcentaje afectará la eficiencia.

Producción teórica = 60.00 ton./día.

Desperdicio = $60.00 \times 0.0021 = 0.126$ tons./día.

Producción real = 59.87 ton./día.

b) Prensas.

El atomizador tiene la ventaja de producir partículas esféricas de material, más aglomeradas y más uniformes. Estas cualidades facilitan el prensado y consecuentemente permiten aumentar la velocidad de las prensas mejorando notablemente su eficiencia y la calidad del material.

Si el costo actual del prensado es 6.24 $\$/m^2$, y se espera un aumento en la eficiencia de las prensas de 30%, el nuevo costo del prensado será:

$$6.24 : 1.3 = 4.80 \text{ } \$/m^2.$$

Desperdicio.- la pérdida de material por polvos se reducirá a 0.1% ya que el producto atomizado presenta un contenido mínimo de polvo; y el desperdicio --

recuperable se reducirá a 7.5% puesto - que se obtiene un producto más compacto y con menos defectos.

El costo del material perdido es el costo acumulado de producción.

Costo de preparación de cuerpo = 0.404 \$/kg.

$$0.404 \text{ \$/kg.} \times 17 \text{ kg./m}^2 = 6.86 \text{ \$/m}^2.$$

por lo tanto:

$$6.86 \times 0.001 = 0.0068 \text{ \$/m}^2.$$

y el costo del prensado es:

$$4.80 \times 0.001 = 0.0048 \text{ \$/m}^2.$$

y el costo total del desperdicio será:

$$0.0068 + 0.0048 = 0.011 \text{ \$/m}^2.$$

El 7.5% de rechazo recuperable, causa - como ya se mencionó, un costo de reprocesado que de acuerdo a las considera-- ciones ya establecidas será:

Costo de preparación cuerpo:

$$6.86 \text{ \$/m}^2 \times 0.40 = 2.74 \text{ \$/m}^2.$$

$$2.74 \times 0.075 = 0.20 \text{ \$/m}^2.$$

Costo de prensado:

$$4.80 \text{ \$/m}^2 \times 0.075 = 0.36 \text{ \$/m}^2.$$

Costo total de reprocesado = 0.56 \$/m².

Por lo tanto, el costo real del prensado es:

$$4.80 + 0.011 + 0.56 = 5.37 \text{ \$/m}^2.$$

Producción real.- si la producción teórica es 59.87 ton/día.

$$59.87 \text{ ton./día} \times 58.8 \text{ m}^2/\text{ton.} = 3520.3 \text{ m}^2/\text{día.}$$

tomando en cuenta la pérdida por polvos la producción real será:

$$3520.3 \text{ m}^2/\text{día} \times (1 - 0.001) = 3,516.7 - \text{m}^2/\text{día.}$$

c) Cocción o quemado del cuerpo.

Costo de producción.- el costo de este quemado es de 6.76 \$/m².

Desperdicio.- debido a que el material prensado es más compacto y más resistente, se espera que el desperdicio de este departamento disminuya a 5%; cuyo -- costo será:

$$\text{Costo acumulado de producción} = 6.86 + 5.37 + 6.76 = 18.99$$

$$18.99 \times 0.05 = 0.94 \text{ \$/m}^2.$$

por lo tanto, el costo total del quemado del cuerpo es:

$$6.76 + 0.94 = 7.70 \text{ \$/m}^2.$$

$$\text{Producción teórica} = 3,516.7 \text{ m}^2/\text{día.}$$

$$\text{Desperdicio} = 3,516.7 \times 0.05 = 175.8 \text{ -- m}^2/\text{día.}$$

$$\text{Producción real} = 3,340.9 \text{ m}^2/\text{día.}$$

d) Clasificación del bizcocho.

Costo de producción.- el costo en este departamento es: de $3.99 \text{ \$/m}^2$.

Desperdicio.- por el motivo mencionado arriba, se espera un desperdicio por manejo de solo 2%.

Costo acumulado de producción = $19.93 + 3.99 = 23.92$

Costo del desperdicio = $23.92 \times 0.02 = 0.47 \text{ \$/m}^2$.

Costo total de clasificación bizcocho = $4.46 \text{ \$/m}^2$.

Producción teórica = $3,340.9 \text{ m}^2/\text{día}$.

Desperdicio = $3,340.9 \times 0.02 = 66.8 \text{ m}^2/\text{día}$.

Producción real = $3,274.1 \text{ m}^2/\text{día}$.

e) Esmaltado.

Costo de producción = $15.81 \text{ \$/m}^2$.

Desperdicio.- este departamento deberá conservar el mismo desperdicio que genera actualmente.

Costo acumulado de producción = $24.39 + 15.81 = 40.20$

$40.20 \times 0.005 = 0.20 \text{ \$/m}^2$.

Costo total del esmaltado = $16.01 \text{ \$/m}^2$.

Producción teórica = $3,274.1 \text{ m}^2/\text{día}$.

Desperdicio = $3,274.1 \times 0.005 = 16.37 \text{ m}^2/\text{día}$.

Producción real = $3,257.7 \text{ m}^2/\text{día}$.

f) Cocción o quemado del esmalte.

Costo de producción.- el costo de este segundo quemado es $3.94 \text{ \$/m}^2$.

Desperdicio.- se espera el mismo desperdicio de 0.5%.

Costo acumulado de producción = $40.40 + 3.94 = 44.34$

$44.34 \text{ \$/m}^2 \times 0.005 = 0.22 \text{ \$/m}^2$.

Costo total de quemado del esmalte = $4.16 \text{ \$/m}^2$.

Producción teórica = $3,257.7 \text{ m}^2/\text{día}$.

Desperdicio = $3,257.7 \times 0.005 = 16.28 \text{ m}^2/\text{día}$.

Producción real = $3,241.4 \text{ m}^2/\text{día}$.

g) Clasificación Final.

Costo de producción.- el costo por este concepto es $6.28 \text{ \$/m}^2$.

Calidad.- se espera un aumento considerable en la calidad del producto terminado ya que la preparación de cuerpo -- por vía húmeda disminuye notablemente -- los principales defectos que originan -- las calidades segunda y tercera. La calidad esperada es la siguiente:

Calidad Primera 90%

Calidad Segunda 7%

Calidad Tercera	2%
Desperdicio	1%

Costo del desperdicio:

Costo acumulado de producción = 44.56 +
6.28 = 50.84

$50.84 \text{ \$/m}^2 \times 0.01 = 0.50 \text{ \$/m}^2$.

Costo total de producción = $51.34 \text{ \$/m}^2$.

Producción teórica = 3,241.4 m²/día.

Desperdicio = $3,241.4 \times 0.01 = 32.41$
m²/día.

Producción real = 3,209.0 m²/día.

Por lo tanto, la planta deberá producir --
con el proceso propuesto, 3,209 m²/día.

Sin embargo, para que esta capacidad de --
producción sea posible, deberá hacerse una amplia
ción en los demás departamentos de la planta, --
misma que representa una inversión de 30 millo--
nes de pesos, de los cuales 23 millones corres--
ponden a inversión fija y 7 millones para capi--
tal de trabajo.

La cantidad correspondiente a la inversión
fija influirá sobre los costos fijos por concep--
to de depreciación de equipo, impuestos y segu--
ros; y consecuentemente incrementará el costo de

producción.

Considerando un total de 13% anual por los conceptos mencionados, tenemos:

$$23.000,000.00 \times 0.13 = 2.990,000.00 \text{ \$/año.}$$

$$\text{Producción anual ; } 962,700 \text{ m}^2.$$

$$2.990,000.00 : 962,700 = 3.10 \text{ \$/m}^2.$$

Por lo tanto, el costo total de producción será:

$$51.34 + 3.10 = 54.44 \text{ \$/m}^2.$$

C A P I T U L O V

ECONOMIA DEL PROYECTO.

- 1.- GASTOS GENERALES
- 2.- COSTO TOTAL
- 3.- PRECIO DE VENTA
- 4.- UTILIDAD BRUTA
- 5.- UTILIDAD NETA
- 6.- RENTABILIDAD
- 7.- RECUPERACION DE LA INVERSION.

y el interés anual promedio es:

$$12.375,000 : 5 = 2.475,000.00 \text{ \$/año.}$$

los gastos financieros serán:

$$2.475,000.00 \text{ \$/año} : 962,700 \text{ m}^2/\text{año} = \\ 2.57 \text{ \$/m}^2.$$

por lo tanto:

$$\text{Gastos generales} = 16.41 + 2.57 = 18.98 \\ \text{\$/m}^2.$$

2.- COSTO TOTAL.

Es la suma del costo de producción y los -
gastos generales.

$$\text{Costo total} = 54.44 + 18.98 = 73.42 \text{ \$/m}^2.$$

3.- PRECIO DE VENTA.

Los precios de venta son:

calidad primera.- 90.00 $\text{\$/m}^2$.

" segunda.- 82.00 "

" tercera.- 55.00 "

4.- UTILIDAD BRUTA.

Calidad primera

$$\text{producción anual.- } 962,700 \text{ m}^2/\text{año} \times 0.90 = \\ 866,430 \text{ m}^2$$

$$\text{utilidad unitaria.- } 90.00 - 73.42 = 16.58 \\ \text{\$/m}^2.$$

$$\text{utilidad anual.- } \$14.365,409.00$$

Calidad segunda

producción anual.- $962,700 \times 0.07 = 67,389$
 m^2 .

utilidad unitaria.- $82.00 - 73.42 = 8.58$
 $\$/m^2$.

utilidad anual.- $\$578,197.60$

Calidad tercera.

producción anual.- $962,700 \times 0.02 = 19,254$
 m^2 .

pérdida unitaria.- $73.42 - 55.00 = 18.42 -$
 $\$/m^2$.

pérdida anual.- $\$354,658.60$

utilidad total.- $14,365,409.00 + 578,197.60$
 $-354,658.60$

utilidad bruta.- $\$14,588,948.00$

5.- UTILIDAD NETA.

Utilidad neta = Utilidad bruta - Impuestos.

Si se considera 50% sobre la utilidad bruta por concepto de impuestos (42% de impuesto sobre las ventas y 8% para reparto de utilidades), tenemos:

Impuestos = $14,588,948.00 \times 0.5 =$

$\$7,294,474.00$

por lo tanto:

Utilidad neta = $\$7,294,474.00$

6.-RENTABILIDAD.

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Inversión total}} \times 100$$

$$\text{Inversión total} = \$7,498,000.00 + 30,000,000 = \\ \$37.498,000.00$$

$$\text{Rentabilidad} = \frac{7.294,474.00}{37.498,000.00} \times 100 = 19.45\%$$

7.- RECUPERACION DE LA INVERSION.

$$\begin{array}{l} \text{tiempo de recuperación} \\ \text{de la inversión} \end{array} = t = \frac{\text{Inversión Total.}}{\text{Utilidad + Deprecia-} \\ \text{Neta} \qquad \qquad \qquad \text{ción.}}$$

$$t = \frac{37.498,000.00}{7.294,474.00} = \frac{37.498,000.00}{10.344,274.00} \\ + \\ 3.049,800.00$$

$$t = 3.62 \text{ años}$$

C A P I T U L O V I

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El estudio realizado, nos permite llegar - a las siguientes conclusiones respecto al procedimiento de preparación de cuerpo que se propone:

- 1.- Reduce considerablemente la contaminación ambiental.
- 2.- Se mejoran en forma notable las eficiencias en las diferentes etapas del proceso.
- 3.- Se obtienen productos de mejor calidad.
- 4.- La inversión que representa tiene una buena rentabilidad y se recupera en 3.62 años.
- 5.- Es un proceso basado en una tecnología moderna.

De acuerdo a los puntos anteriores, se recomienda realizar la inversión propuesta, ya que esto nos permite alcanzar los objetivos previamente establecidos.

B I B L I O G R A F I A .

- 1.- CERAMICA INDUSTRIAL.
Singer y Singer
Ediciones URMO 1971
- 2.- ALFARERIA Y CERAMICA.
Ernst Rosenthal
Editorial Reverté 1958
- 3.- LOS FUNDAMENTOS FISICOS Y QUIMICOS DE LA --
CERAMICA.
Hermann Salmang
Editorial Reverté 1955.
- 4.- PHYSICAL CERAMICS FOR ENGINEERS
Lawrence H. Van Vlack
Addison-Wesley Publishing Company Inc. 1964
- 5.- THE COLLOID CHEMISTRY OF SILICA AND SILICA-
TES.
Ralph K. Iler.
Cornell University Press. 1955.
- 6.- REVISTA CERAMICA INFORMAZIONE.
Publicación No.114. Febrero de 1976.
Faenza Editrice. Faenza, Italia.

- 7.- TESIS. PREVENCIÓN Y CONTROL DE POLVOS INDUSTRIALES.
Rosa Lidia García Ortega.
Facultad de Química. U.N.A.M. 1974.
- 8.- OPERACIONES BÁSICAS DE INGENIERÍA QUÍMICA.
Warren L McCabe y Julian C. Smith.
Editorial Reverté. 1972.
- 9.- TESIS. INSTALACIÓN Y MONTAJE DE UN MOLINO - DE BOLAS.
Guillermo Aguilar Pacheco.
Facultad de Química. U.N.A.M. 1972.
10. TESIS. CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO TÉCNICO SOBRE SECADORES POR ATOMIZACIÓN.
Carlos Bazán Villegas.
Facultad de Química, U.N.A.M. 1973.
11. TESIS. ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UN SECADOR POR ASPERSIÓN.
Isaac Waysel Bucay
Facultad de Química. U.N.A.M. 1972.
- 12.- VALUACIÓN DE PROYECTOS INDUSTRIALES.
Nicolás Iris Rovirosa.
Consejo de Recursos Naturales no Renovables México. 1971.

13.- APUNTES DE ECONOMIA INDUSTRIAL DE LOS SRES.
PROFS. JOSE LUIS PADILLA Y MARIO RAMIREZ.
Facultad de Química, U.N.A.M. 1973.