UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

ANTEPROYECTO DEL PROCESO PARA LA FABRICACION DE SOCKETS DE PORCELANA

TESIS

QUE EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

PRESENTAN

ROBERTO VILLARREAL ELIZONDO
FERNANDO GUAJARDO GARCIA

MONTERREY, N. L. MARZO 1982

TM
Z5521
FCO
1982
V5

1020066869

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

ANTEPROYECTO DEL PROCESO PARA LA FABRICACION DE SOCKETS DE PORCELANA

TESIS

QUE EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

PRESENTAN

ROBERTO VILLARREAL ELIZONDO
FERNANDO GUAJARDO GARCIA

MONTERREY, N. L. MARZO 1982

CAPILLA ALFONSINA
UANL
ACERVO GENERAL
84587

Agradeciendo a los maestros de la Facultad de Ciencias Químicas por la noble labor que desempeñan para la formación de profesionistas en México.

Agradecemos también al Dr. Rodolfo Salinas por su colaboración como asesor en las labores desempeñadas para la realización de este estudio.

Y muy especialmente agradecemos al Ing. Jesús Lankenau C., por su participación en el diseño del horno, necesario para la completa realización de nuestro estudio.

Con cariño y admiración por su labor,

a mis Padres:

Lic. Roberto Villarreal Garza
QFB. Blanca Elizondo de Villarreal

porque, nunca me ha faltado de ellos estímulo, porque con su ejemplo y sabios consejos me han llevado hasta donde hoy me encuentro.

A mis Hermanos:

Blanca Esthela y
Jorge Enrique

Con el cariño de siempre y el ferviente deseo que superen mi esfuerzo.

Con el más grande cariño y respeto

para mis Padres:

Sr. Alvaro Guajardo Lozano
Sra. Elena García de Guajardo

como muestra de agradecimiento, que con sus sabios consejos y cariño supieron alentarme para ver realizado mi más grande anhelo.

A Mis Hermanos:

Irma
Bertha
Jesús Carlos
Rosa María
Martha Elena
Luis Angel

Con todo cariño y respeto.

A mi Querida Esposa:

Sra. Hercilia Flores de G.

Con el más grande Amor que ella merece.

I N D I C E

Pág.

PRIMERA PARTE

I.- INFORMACION GENERAL SOBRE DIFERENTES TIPOS DE CERAMICA..... 2

II.- MATERIAS PRIMAS..... 5

SEGUNDA PARTE

III.- DESCRIPCION DEL PROCESO..... 18

IV.- ESTUDIO DE FORMULACION PARA EL PROCESO..... 22

V.- DESCRIPCION DEL EQUIPO..... 37

VI.- BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA..... 47

VII.- CALCULO DE CONSUMO Y COSTO DE ENERGIA 68

TERCERA PARTE

VIII.- ESTUDIO DE MERCADO PARA LOS PRINCIPALES TIPOS DE SOCKETS DE PORCELANA..... 73

IX.- ANALISIS ECONOMICO 79

X.- ESTADO DE RESULTADOS..... 82

XI.- TIEMPO Y PORCENTAJE DE RECUPERACION 83

XII.- LOCALIZACION DE LA PLANTA..... 84

Pág.

CUARTA PARTE

XIII.- CONCLUSIONES 89

XIV.- PROPIEDADES FISICAS DE LOS COMPUESTOS INVOLUCRADOS EN .... EL PROCESO 100

XV.- CAPACIDADES CALORIFICAS DE LOS COMPUESTOS INVOLUCRADOS.... EN EL PROCESO..... 101

XVI.- PROPIEDADES FISICAS DEL PRODUCTO..... 102

XVII.- COTIZACION DEL EQUIPO..... 103

XVIII.- LISTA DE PROVEEDORES DE MATERIA PRIMA Y EQUIPO..... 113

XIX.- BIBLIOGRAFIA 116

INTRODUCCION

Breve Historia.- Los primeros utensilios de porcelana - conocidos en Europa vinieron de China, donde se fabricaba porcelana partiendo de materiales naturales desde el siglo VI, después de Cristo. En Alemania, Botger descubrió en Dresde el año 1708, el procedimiento para fabricar porcelana dos años después de que había encontrado casualmente el procedimiento para hacer una porcelana - no genuina, la llamada porcelana roja de Botger. Mientras, este descubrimiento fué una casualidad, el de la "porcelana blanca ó auténtica" debe considerarse como - la consecuencia de ensayos sistemáticos y científicos.

En 1710 se construyó en Alemania la primera fábrica de porcelana, la "Meissner-Porzellan-Manufaktur". A pesar de que se pretendió mantener secreta la receta, a esta primera fábrica siguieron rápidamente otras.

Fué en Inglaterra, el primer país que tuvo una industria química tal como la conocemos hoy, en donde se origninó la fabricación de utensilios químicos modernos. A principios del siglo XIX, la Doulton Co., que continúa siendo uno de los principales fabricantes de utensilios químicos, aprovechándose de su vasta experiencia en la industria de productos de arcilla, fabricó por primera -- vez equipos cerámicos para la industria química.

En México la industria cerámica se encuentra un poco -- atrasada debido a que las materias primas básicas se -- tienen que importar en su mayoría.

Entre los artículos de porcelana que es posible fabri-- car tenemos las baldosas, la porcelana sanitaria, la -- porcelana eléctrica y la porcelana artística. Cada una de estas clases representa una rama de la industria cerámica en general, de las cuales haremos una breve descripción en nuestro estudio.

Las baldosas pueden ser de dos clases, la de pared y la de piso. La de pared (azulejo) con un vidreado blanco o de color y la de suelos con una pasta vitrea blanca o de color.

En la actualidad las baldosas de cerámica se emplean mucho en el cuarto de baño y en la cocina del hogar moderno tanto en las paredes como en el suelo. Se elige este material por su acabado duradero, su fácil limpieza y por la variedad de colores. La porcelana sanitaria - nos ofrece una gama de productos tales como lavabos, jaboneras, depósitos de descarga, tasas de W.C., urinarios, etc., los cuales son usados en la industria de la construcción moderna, debido a que presentan las mismas ventajas que las baldosas.

La porcelana eléctriça es más difícil de fabricar debido a que sus requerimientos de calidad aparte de exigir presentación exigen resistencia mecánica y absorción nula. En esta rama se fabrican los aisladores de baja y alta - tensión usados en la industria eléctrica mundial.

La cerámica artística comprende todo aquello como floreros, ceniceros, estatuillas, vajillas, maceteros, jarrones, piezas para decoración, etc., y es la más conocida, debido a que todo mundo tiene en su casa algún artículo correspondiente a esta rama de la cerámica.

Objetivo del Trabajo.- En este trabajo, se tratará de explicar lo que es la industria cerámica y se desarrollará un método para producir a escala industrial un producto que se fabrica en México y que son los sockets de porcelana que se emplean en el ramo eléctrico.

Para este fin, se investigará de donde provienen las materias primas para la fabricación de sockets de porcelana; y a donde se distribuye el producto terminado para - hacer la localización de la planta.

P R I M E R A P A R T E

I.- INFORMACION GENERAL SOBRE DIFERENTES TIPOS DE CERAMICA

La industria cerámica comprende dos artículos que son: el gres y la porcelana; y ésta a su vez, comprende la porcelana sólida y la porcelana porosa.

El gres se compone, elabora y fabrica cuidadosamente para que tenga poca absorción, mucha tenacidad, gran resistencia a la corrosión y gran resistencia física, y comparativamente mucha resistencia contra el choque térmico ó cambio brusco de temperatura.

La porcelana sólida se diferencea del gres en que no tiene ninguna porosidad, su contenido de hierro es nulo ó muy bajo y tiene color blanco puro. La pasta para porcelana tiene considerable cantidad de caolín; en cambio para la fabricación del gres se emplea mayor proporción de arcilla. El distinto tratamiento es la causa de otras diferencias entre ambos cuerpos.

La porcelana porosa se formula y cuece cuidadosamente para obtener porosidad uniforme y regulada a efecto de que se puedan usar en ciertos procesos químicos como la electrólisis y la filtración. Los cuerpos que se usan para electrólisis tienen poros mucho más finos que los que se emplean para la filtración y están libres de hierro y otros contaminantes. Los cuerpos para filtrar

gases y líquidos se fabrican con técnica enteramente - distinta. Algunos de ellos son de Carburo de Silicio y otros son una mezcla de vidrio y granos de arena de sílice, cocida hasta que se funde, después de lo cual se corta ó se labra a máquina para darle la forma adecuada.

Los requisitos que debe cumplir la pasta para la porcelana porosa son: gran plasticidad, y alto grado de resistencia mecánica para que se puedan obtener formas com-- plejas (a ésta clase pertenece el producto sobre el cual se basará este estudio); que no contenga sales solubles y que se eliminen fácilmente las impurezas orgánicas mediante la oxidación para obtener resistencia contra la corrosión; que tenga contracción uniforme durante la -- calcinación; que se efectúe la vitrificación a temperatura máxima de horno y que haya un intervalo considerable de temperatura entre los puntos de vitrificación y de fusión, para así evitar deformaciones y se pueda hacer la fabricación con estrechas tolerancias dimensionales.

La porcelana porosa para electrólisis , que suele fabricarse por vaciado, se formula para que no se produzca - compacticidad durante el ciclo de calicinación, y para ello no se utilizan fundentes (Bórax, Ac. Bórico, Carbonato Sódico, Nitrato Sódico, etc.), sino arcillas refractarias.

Las industrias en que se usan mucho los equipos de gres y de porcelana son la del cloro, de peróxido de hidrógeno, de separación de ácido nítrico, plantas de fabricación y separación de ácido clorhídrico y los fabricantes de sustancias medicinales y productos químicos finos.

II.- MATERIAS PRIMAS

Las 3 materias primas principales utilizadas en la elaboración de los productos cerámicos corrientes son: 1) arcilla; 2) feldespato, que en la industria se le llama simplemente espato; y 3) arena. Las arcillas son silicatos de aluminio hidratados, más o menos impuros, que resultan de la desintegración de rocas igneas en las -- que el feldespato figura en gran proporción. La reac-- ción puede expresarse así:

$$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2+CO_2+2H_2O \qquad K_2CO_3+Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O+4SiO_2$$

feldespato potásico caolinita sílice

Hay varias especies minerales de arcilla, pero las más importantes son la caolinita; $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$; beidelita, $Al_2O_3.3SiO_2.H_2O$; montmorillonita, $Al_2O_3.4SiO_2.H_2O$; y halosita, $Al_2O_3.2SiO_2.3H_2O$. Desde el punto de vista de la cerámica, las arcillas son plásticas y moldeables cuando han sido suficientemente pulverizadas y humedecidas, rígidas cuando están secas y vítreas cuando se calientan a temperatura convencional. De estas cualida-- des dependen los procedimientos de fabricación.

En las arcillas comerciales acompañan a las diferentes especies minerales, diversas cantidades de feldespato,

cuarzo y otras impurezas como los óxidos de hierro, los cuales deben eliminarse porque producen motas en la pieza acabada. En casi todas las arcillas utilizadas en la industria cerámica el material básico es la caolinita, aunque las arcillas bentoníticas a base de montmorillonita también se usan cuando se desea una gran plasticidad. Las arcillas se seleccionan de acuerdo a las diferentes propiedades deseadas y con frecuencia se mezclan para obtener mejores resultados. Las arcillas varían mucho en sus propiedades físicas y en las impurezas que contienen, y frecuentemente es necesario mejorarlas por un procedimiento de enriquecimiento. Tampoco han de tener contracción excesiva al secarse y calcinarse, pues ésto ocasiona pérdidas excesivas por grietas. Algunas arcillas se calcinan previamente (se calientan a temperaturas mayor que la del punto de disociación) a fin de que disminuya su capacidad de contracción. Estas arcillas calcinadas tienen poca plasticidad.

En el caolín usado como materia prima en nuestro proceso (EPK) las impurezas ferruginosas no deben exceder de 0.6 % y su análisis químico es el siguiente:

Sílice (SiO_2)	46.50%
Alúmina (Al_2O_3)	37.62%
Fierro (Fe_2O_3)	0.51%
Titanio (TiO_2)	0.36%

Fósforo (P_2O_5)	0.19%
Calcio (CaO)	0.25%
Magnesio (MgO)	0.16%
Sodio (Na_2O)	0.02%
Potasio (K_2O)	0.40%
Azufre (SO_3)	0.21%
Pérdidas por ignición	13.77%

El término feldespato comprende la ortoclasa y la microlina, que son feldespatos potásicos $KAlSi_3O_8$, y las plagioclasas, que son feldespatos sodico-calcicos, de fórmula $NaAlSi_3O_8$ ó $CaAl_2Si_3O_8$ó mezclas de estos silicatos. Los feldespatos que contienen gran proporción de potasio (11% de K_2O ó más) se prefieren para componentes de cuerpo. Los feldespatos sódicos (4% ó más de Na_2O) se usan en los vidrios. Los principales requisitos de los feldespatos comerciales, es que esten relativamente libres de impurezas ferruginosas (1 %), que tengan composición constante y que sea uniforme la distribución de tamaño de grano en partidas sucesivas.

La función del feldespato es la de un fundente, consiste en sellar los huecos situados entre los cristales vitrificados del flint ó arena y la caolinita, dándonos un incremento de resistencia mecánica en el producto así como un mejor aspecto físico.

En el feldespato usado como materia prima en nuestro -- proceso el análisis químico es el siguiente:

Sílice (SiO_2)	72.18%
Alúmina (Al_2O_3)	16.60%
Fierro (Fe_2O_3)	0.602%
Calcio (CaO)	0.03%
Magnesio (MgO)	0.00%
Sodio (Na_2O)	5.00%
Potasio (K_2O)	4.95%
Pérdida por ignición	0.20%

El tercer elemento cerámico fundamental es la arena ó - flint. Sus propiedades esenciales son similares a las de las arcillas y feldespatos. Para los productos cerámicos de color claro debe utilizarse una arena de pequeño contenido en hierro (0.5%).

En la arena sílica usada en nuestro proceso el análisis químico es el siguiente:

Sílice (SiO_2)	98.70%
Alúmina (Al_2O_3)	0.62%
Fierro (Fe_2O_3)	0.01%
Calcio (CaO)	0.25%
Magnesio (MgO)	0.05%
Pérdida por ignición	0.30%

La manera de asegurar la buena calidad de nuestras materias primas es haciendole dos pruebas; la primera consiste en un análisis químico con el cual conocemos si existe alguna impureza ó un cambio en su composición; y la segunda, la cual consiste en hacerle una análisis de mallas, para comparar el tamaño de partícula real con el solicitado (malla 200) y evitar problemas como granos, poros ó manchas en la porcelana ya cocida.

Para seleccionar nuestras materias primas necesitamos conocer su análisis químico, con el fin de comprobar que no haya óxido de hierro en exceso ya que es la impureza que ocasiona fallas en el proceso con más frecuencia, y debemos conocer también su análisis de mallas, para asegurar lo homogéneo de la mexcla antes de ir a cocido y evitar así una mala vitrificación del producto.

Otras materias primas de origen extranjero que son aplicables en nuestro proceso son las ofrecidas por:

COMPAÑIA	MATERIA PRIMA
J. M. Huber Corporation	-Kaolex
The Feldespar Corporation	-Kaolex, Feldespar
Otawa Sílica Company	-Sílica
Cyprus Industrial Minerals Co.	-Kaolex

De las cuales anexamos sus análisis y propiedades.

Además de estas tres materias primas principales hay -- una gran variedad de otros minerales, sales y óxidos, - que son usados como fundentes ó como ingredientes refractarios especiales.

Algunos de los fundentes más comunes son los siguientes:

Bórax $Na_2B_4O_7.10H_2O$
Acido Bórico H_3BO_3
Carbonato Sódico Na_2CO_3
Nitrato Sódico $NaNO_3$
Carbonato Potásico K_2CO_3

Los ingredientes refractarios especiales más comunes -- son:

Alúmina Al_2O_3
Olivino $(FeO.MgO)_2SiO_2$
Cromita $FeO.Cr_2O_2$
Dumortierita $8Al_2O_3.B_2O_3.6SiO_2.H_2O$
Magnesita $MgCO_3$

Por otra parte tenemos que es necesario adquirir otros tipos de materias primas, los cuales usaremos para la - fabricación de los herrajes necesarios en cada socket y son la lámina de aluminio calibre # 26, lámina de latón comercial calibre # 18, (ambas de temple suave para embutido profundo) y cierta tornillería de latón comercial.

Mansa materias primas industrializadas, s. a.
BOULEVARD DIAZ ORDAZ No. 107 / TEL. 46 83 59 / APDO. POSTAL No. 60
LOS TREVIÑO, N. L. / SANTA CATARINA, N. L.

NOVIEMBRE 4 DE 1980.

ANALISIS DE MUESTRA DE ARENA SILICA.

Sílice (SiO_2)	98.70%
Alúmina (Al_2O_3)	0.62%
Fierro (Fe_2O_3)	0.01%
Calcio (CaO)	0.25%
Magnesio (MgO)	0.05%
Pérdida por Ignición	0.30%

CONSULTORIO TECNICO INDUSTRIAL, S. A

NOVIEMBRE 4 DE 1980

ANALISIS DE MUESTRA DE FELDESPATO.

Sílice (SiO_2)	72.15%
Alúmina (Al_2O_3)	16.60%
Fierro (Fe_2O_3)	0.602%
Calcio (CaO)	0.03%
Magnecio (MgO)	0.00%
Sodio (Na_2O)	5.00%
Potasio (K_2O)	4.95%
Pérdida por Ignición	0.20%

CONSULTORIO TECNICO INDUSTRIAL, S. A.

FERRO MEXICANA, S. A.

EPK - KAOLIN

nical Composition [Dry Basis]

O_2	- 46.50%	MgO	- 0.16%
$_2O_3$	- 37.62%	Na_2O	- 0.02%
$_2O_3$	- 0.51%	K_2O	- 0.40%
O_2	- 0.36%		
O_5	- 0.19%	SO_3	- 0.21%
O	- 0.25%	V_2O_5	- < 0.001%

s on Ignition - 13.77%

Moisture - 1.43%

cific Gravity - 2.50 g/cc

g Characteristics [10 Wt. % Solids - added 0.1% alum]

liquor	10 Min. - 0.36 in.
liquor	15. Min. - 0.68 in.
olids (vol.)	48. Hrs. - 28%

Density

e - 32.4 lbs/ft^3

ed - 46.2 lbs/ft^3 (6.2 lbs/gal)

sorption

gm. oil/100 gm. clay

% solids - 6.05
% solids - 6.07
% solids - 5.85
% solids - 5.89

al Conductivity

% solids - 110 Mho's

l Content [X-ray Diffraction]

$(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O)$ - 97%

?

% solids (TAPPI) - 27 cps
(Brookfield) 44 cps

Particule Size Distribution

Cumulative % Undersize

40 microns	- 100
10 microns	- 90
5 microns	- 78
3 microns	- 68
1 micron	- 49
.5 micron	- 40
.2 micron	- 20

Surface Area

28.1 M^2/gm

Screen Analysis

		Wet* (Pump)	Wet* (Airfloated)	Dry (Airfloated)
+ 60 Mesh (% Max)		0		0.01
+ 80 Mesh	"	0.0	0.0	0.05
+ 100 Mesh	"	0.1	0.1	0.15
+ 200 Mesh	"	0.8	0.8	
+ 325 Mesh	"	1.5	1.5	

*Water-washed through screens

Specific Resistivity

35,000 Ohms/cm

Ceramics Properties

	100% Clay
Water of Plasticity %	38.0
Dry Modulus of Rupture psi	365.0
Linear Dry Shrinkage	6.4
Fired Shrinkage Cone 11 %	11.5
Absorption Cone 11 %	8.0

Casting Properties

Drainage	- Excellent
Type of Cast	- Plastic
Water Retention	- 24.81%

Cation Exchange Capacity - Methylene Blue

Acid Treated	- 5.2 Meq/100 gms
Alkali Response	- 5.8 Meq/100 gms
H_2O_2 Reaction	- 6.5 Meq/100 gms

Color Values

	L	+a	+b
As received	- 73.5	1.2	9.0
As received - Compacted	- 59.8	1.5	7.0
Compacted Fired Cone 10	- 69.2	1.7	4.3

SPECIFICATION FOR FLINT

TYPE OF MATERIAL:	Flint
TYPE OF GRIND:	325 Mesh
% WATER ON SHIPPING:	1% Max.
CHEMICAL ANALYSIS:	SiO_2 99.5 Mins.
APPROVED SUPPLIERS:	Ottawa Silica Co. Ottawa, Ill.
SIEVE ANALYSIS:	Larger than 325 Mesh % Cumulative

Min.	Avg.	Max.
0.4	1.5	2.5

1. Delete supplier sample to met. 2-17-64

1. Supplier guarantees not to ship to customer any flint outside the range of 0.5 - 20% cumulative retention on a 325 mesh sieve according to the suppliers test.

2. Supplier will test a representative sample of each shipment and furnish the customer with the percent cumulative retention on the 325 mesh sieve.

3. Flint which does not conform to these specifications is subject to rejection.

ILLINOIS EDISON PORCELAIN MACOMB, ILLINOIS		
TITLE: Specification for Ottawa Flint		
DR. BY ____ DATE ____ CHD. BY DRD DATE 2-17-64 APP'D BY ____ DATE ____		REF.
SCALE	NO. 70-21	

J. M. HUBER CORPORATION

KAOLEX CLAYS PROPERTIES

AIR FLOATED:

Kaolex D-6	High Strength – Maximum Plasticity
Kaolex SC	Low Viscosity – Medium Casting
Kaolex BN	Intermediate Viscosity – Slow Casting

WATER FRACTIONATED: (Low Viscosity)

Kaolex CW	Coarse Grained – Fast Casting – Low Shrinkage
Kaolex CW-L	Coarse Grained – Fast Casting – Low Shrinkage – Low Soluble Salts
Kaolex SH	Fine Grained – Low Shrinkage

	D-6	BN	SC	CW	CW-L	SH
Shipping Moisture, %	1-2	1-2	2% Max.*	2-4**	2-4**	2-4
Screen Residue, Maximum						
200 Mesh, %	–	0.10	–	0.03	0.03	0.005
325 Mesh, %	0.60	0.40	0.50	0.30	0.30	0.01
pH (28%)	6.5-7.5	4.5-5.5	4.5-5.5	4.5-5.5	4.5-5.5	4.5-5.0
Minimum Deflocculated Viscosity 70% Clay-Water Slip, Brookfield 20 RPM, Cps.	Plastic	500-1000	200-300	100-150	100-150	100-150
Specific Resistance, Approx. (Ohms/Cm.)	50,000	50,000	100,000	>5,000	>10,000	<10,000

*3-5% available on request.
**6-8% Lump form available on request.

TYPICAL CHEMICAL ANALYSES
(Dry Basis)

	D-6	BN	SC	CW	CW-L	SH
Silicon Dioxide (SiO_2),%	44.00	44.68	45.11	44.94	44.82	44.44
Aluminum Oxide (Al_2O_3),%	38.60	38.30	38.99	38.83	39.01	39.48
Iron Oxide (Fe_2O_3),%	0.51	1.43	0.46	0.31	0.39	0.26
Titanium Dioxide (TiO_2), %	1.70	1.30	1.46	1.41	1.49	1.58
Calcium Oxide (CaO), %	0.15	0.07	0.12	0.09	0.08	0.14
Magnesium Oxide (MgO), %	0.09	Trace	0.04	Trace	0.10	Trace
Sodium Oxide (Na_2O), %	0.12	0.04	0.03	0.18	0.04	0.09
Potassium Oxide (K_2O), %	0.09	0.11	0.06	0.04	0.05	0.07
Sulfur Trioxide (SO_3), %	0.01	0.16	0.01	0.05	0.01	0.04
Phosphorus Pentoxide (P_2O_5),%	0.02	0.05	0.04	0.07	0.02	0.03
Ignition Loss	14.67	13.86	13.97	14.12	14.05	13.91

TYPICAL PARTICLE SIZE ANALYSES

	D-6	BN	SC	CW	CW-L	SH
Below 10 Microns, %	93	98	90	82	82	100
Below 5 Microns, %	85	96	79	57	57	97
Below 2 Microns, %	66	90	59	32	32	81
Below 1 Micron, %	47	79	42	19	19	57
Below 0.5 Micron, %	31	58	23	8	8	31
Below 0.25 Micron, %	16	30	10	3	3	11
Below 0.10 Micron, %	5	3	2	1	1	2

THE Feldspar CORPORATION

P.O Box 99
Spruce Pine, N.C. 28777
Telephone (704) 765-9051

POTTERY SPARS

Grade	NC-4	C-6	G-200	K-200
Chemical Analysis SiO_2	68.15	68.50	66.25	67.10
Al_2O_3	18.88	18.50	18.60	18.30
Fe_2O_3	.067	.07	.08	.07
CaO	1.60	.70	1.02	.36
MgO	Trace	Trace	Trace	Trace
K_2O	4.50	5.20	10.50	10.10
Na_2O	6.70	6.90	3.20	3.80
Ignition Loss	.10	.24	.20	.26
Screen Analysis Ground to:	170 Mesh	200 Mesh	120 Mesh	200 Mesh
	200 Mesh		170 Mesh	
	250 Mesh		250 Mesh	
Price per ton in bulk f.o.b. plant	$38.25	$41.75	$58.00	$59.00
Bagging per ton				
50 lb. bags	10.50	10.50	10.50	unavailable
100 lb. bags	8.50	unavailable	8.50	8.50
Palletizing Per Wood Pallet				
Single-faced Rail		7.50		**7.50
Truck	6.50	6.50	6.50	**5.50
Corrugated Paper Pallets	1.50	1.50	1.50	1.50
Shipping Point	Spruce Pine, N.C.	Middletown, Conn.	Monticello, Ga.	Kings Mtn., N.C.
Freight Rate to:				

LTL prices on all spars: Less than 24,000 lbs. - $85.00/ton, including bags.

**Truck pallets (40" x 40") - Rail pallets (40" x 52")

April 1, 1980

Cyprus Industrial Minerals Company
CLAY DIVISION
Post Office Box A
Sandersville, Georgia 31082
Telephone 912-552-0725

Technical Data

Ceramic Grade Kaolins

CHEMICAL ANALYSIS

WT %	Monarch	Kingsley	Hillman	Samson	Carver	Rogers	Hamilton
% SiO_2	45.20	45.22	45.22	45.66	45.36	46.10	45.21
% Al_2O_3	38.75	38.74	38.14	37.78	38.26	36.81	37.75
% Fe_2O_3	0.35	0.35	0.66	0.74	0.36	1.11	1.01
% TiO_2	1.48	1.47	1.55	1.31	1.52	1.15	1.97
% CaO	0.08	0.11	0.06	0.22	0.47	0.31	0.08
% MgO	0.17	0.15	0.13	0.21	0.04	0.26	0.12
% K_2O	0.10	0.11	0.06	0.21	0.21	0.32	0.18
% Na_2O	0.22	0.23	0.10	0.23	0.11	0.24	0.19
% L.O.I.	13.85	13.70	13.59	13.68	13.47	13.65	13.65
Total	100.20	100.08	99.51	100.04	99.80	99.95	100.16

PARTICLE SIZE ANALYSIS

% Finer Than							
20.0 μm	89.0	90.5	97.0	94.0	98.0	99.0	99.5
10.0 μm	78.0	80.0	93.1	87.8	93.5	97.5	98.5
5.0 μm	65.0	67.0	84.0	79.9	83.0	94.0	95.5
2.0 μm	42.0	46.5	65.0	63.9	65.0	85.0	84.0
1.0 μm	24.0	28.0	48.4	47.0	48.5	70.0	70.0
0.5 μm	11.0	14.0	32.6	31.3	32.0	51.0	50.5
0.2 μm	3.5	5.5	13.6	12.9	15.0	22.0	20.5

OTHER PROPERTIES

Dry M.O.R.$_{psi}$	80	150	290	370	480	650	260
C.E.C.$_{meq/100g}$	1.8	2.3	4.4	5.8	7.8	9.5	3.6
P.C.E.	34-35	34-35	33-34	34	34-35	34-35	33-34
pH	4.1	4.2	4.8	5.0	7.2	5.8	4.1

Shipping Points:
Hamilton: Aiken, South Carolina
Others: Sandersville, Georgia

Data presented are representative of recent testing conducted under Cyprus standard procedures and are offered in good faith as being typical of normal production

S E G U N D A P A R T E

III.- DESCRIPCION DEL PROCESO

Teniendo el caolin, feldespato y arena silica limpios, y con el mismo tamaño de grano (Malla # 200), se mexclan - durante 2 ó 3 min., después de este tiempo se agrega a-- gua a la pasta. La cantidad de agua a agregar varía según el tamaño del batch a preparar, pero debe conservarse de un 12% a un 17% de humedad, según la pieza que vaya a fabricarse.

El tiempo de mezclado de las materias primas con el agua y el silicato debe ser de 4 min., aproximadamente, hasta obtener la pasta en forma de pequeños "granulitos". Ya teniendo la pasta lista, ésta se vacía en cajones receptores de pasta, los cuales son transportados al pulverizador y a la "Prensa", donde se agrega la cantidad de -- pasta requerida al molde que le dará la figura adecuada. Ya teniendo la pasta en el molde se comprime con la prensa y se le da la forma deseada. Ya estando lista la pieza, ésta es puesta a secarse durante un día a temperatura ambiente (dentro de la planta), después de estar seca la pieza, pasa por un horno de secado, el cual deja las piezas con un 3% de humedad aproximadamente.

Este horno de secado usa únicamente calor para secar las piezas por medio de resistencias eléctricas. La temperatura máxima de este horno debe ser de 100°C para elimi-- nar únicamente el agua de las piezas. El tiempo de - -

secado dura aproximadamente 12 hrs., ya que la humedad -- de las piezas puede variar debido a la temperatura ambiente en que se horeó la pieza. El secamiento es parte im-- portante del proceso, pues el exceso de humedad durante - la calcinación puede ocasionar ampollas, grietas y aún roturas a causa de vapor que hace erupción.

Calcinación.- Para comenzar el ciclo se colocan los artículos en el horno, operación que requiere gran destreza - para introducir el mayor número de piezas posibles de diversos tamaños y formas, siempre y cuando sea una indus-- tria que fabrique diversos artículos cerámicos; y colocarlos de una manera que sea correcta la contracción y que - no haya deformaciones al llegar el ciclo de calcinación - a su punto máximo.

Poco a poco se va aumentando la temperatura hasta la de - cono 11 (1260°C) en un período de 37 hrs., y se mantiene esta temperatura hasta doblar el cono, aproximadamente -- 5 hrs. más, en cuya mayor parte la atmósfera del horno -- fué oxidante. Una vez que ha concluído el ciclo de calcinación, se aminoran los fuegos y se da comienzo al período de enfriamiento, teniendo buen cuidado de evitar la entrada súbita de aire frío en el horno. El período de en-- friamiento puede durar hasta 2 días dependiendo la clase de horno que sea usado.

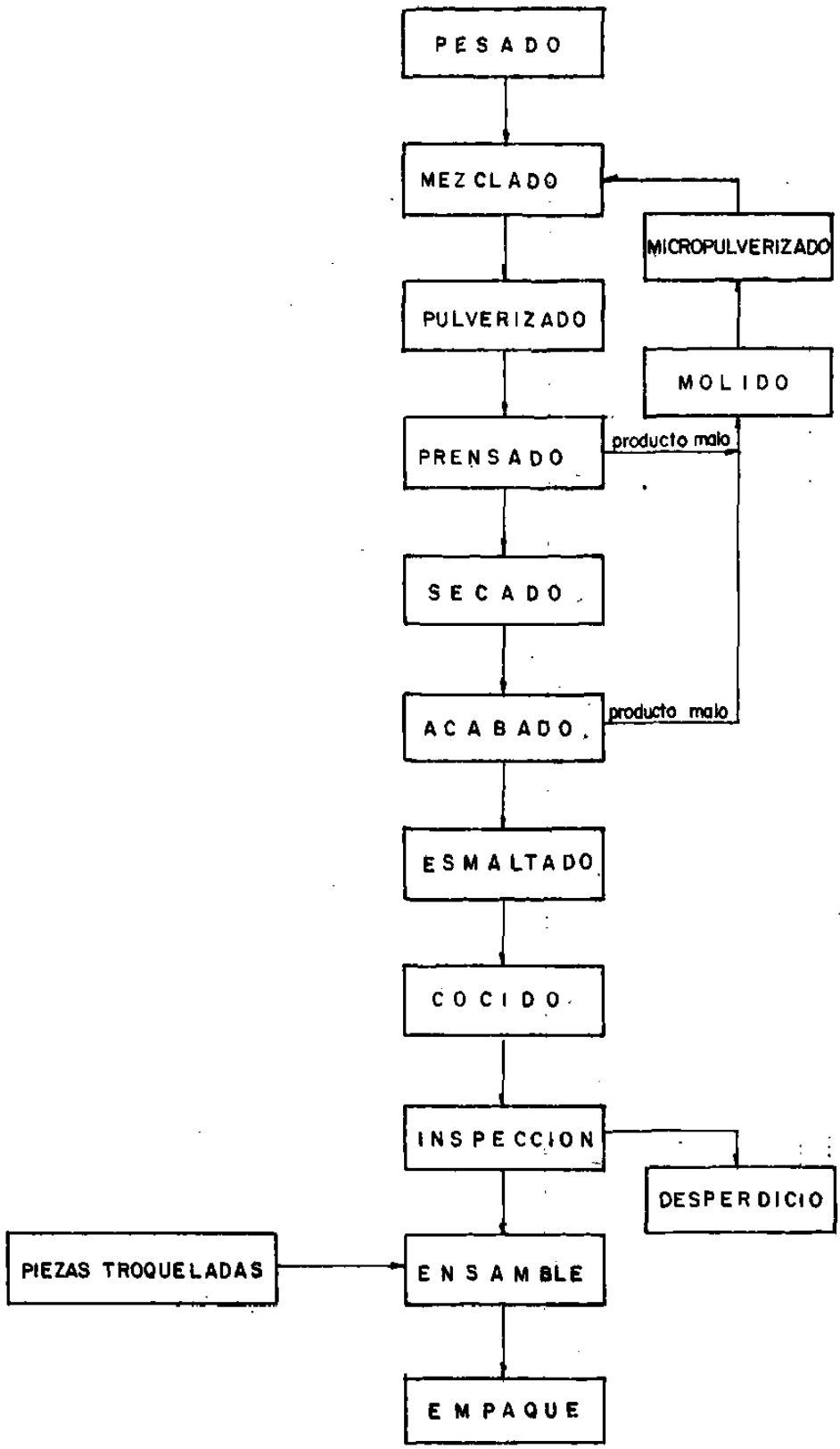
El procedimiento y equipo para porcelana química y artículos porosos son muy semejantes a los que se emplean para

utensilios de gres, pero el horno se calienta con combustóleo ó gas, para evitar la contaminación con partículas de polvo.

Algunas veces la porcelana se cuece a temperatura de cono 15 (1390°C) con lo que se produce un cuerpo sumamente denso y fuerte. Los utensilios de laboratorio se pueden calentar a temperatura de cono 16 (1410°C), y las piezas porosas a igual temperatura que las de gres, ó sea, de cono 11 (1260°C). Los artículos de porcelana porosos son algunas veces de tamaño, forma y cantidad que permiten la calcinación en horno de túnel.

Por lo regular, los artículos de cerámica quedan concluídos después de que se cuecen y son sacados del horno, pero los sockets de porcelana requieren del ensamble de los herrajes, los cuales se fabrican de manera convencional o sea que las láminas se cortan, troquelan y machuelan por los métodos conocidos.

DIAGRAMA DE SECUENCIA DE OPERACIONES



IV.- ESTUDIO DE FORMULACION PARA EL PROCESO

Como no se tenía información disponible sobre el proceso de fabricación de sockets, así como tampoco de la formulación apropiada para la fabricación de éstas piezas, se realizaron 22 pruebas para encontrar la fórmula óptima; basándonos en la experiencia y en el triángulo de composiciones para sistemas de 3 componentes; en la cual los componentes era: Caolín K-4, Feldespato y en lugar de la Mullita se utilizó la Sílica. La causa principal de utilizar la Sílica en lugar de la Mullita, era que ésta es de un costo muy elevado y aparte que la Sílica se puede conseguir aquí en México.

La finalidad de este diagrama de composiciones, es conocer las propiedades de cada uno de los componentes; y -- así combinarlos con los otros 2 componentes para conocer como cambian sus propiedades.

Para poder seleccionar la fórmula óptima, se hará en base a los siguientes criterios: que tenga plasticidad la masa, que el color de quemado sea blanco, que el encogimiento sea poco, y que vitrifique.

Todas estas pruebas se llevaron a calcinación en un horno bajo un ciclo de 42 hrs. y a una temperatura de cono 11 (1260°C).

Las pruebas realizadas fueron las siguientes:

1	40%	Kaolín	10%	Feldespato	50%	Sílica
2	40%	Kaolín	20%	Feldespato	40%	Sílica
3	40%	Kaolín	30%	Feldespato	30%	Sílica
4	40%	Kaolín	35%	Feldespato	25%	Sílica
5	40%	Kaolín	40%	Feldespato	20%	Sílica
6	50%	Kaolín	10%	Feldespato	40%	Sílica
7	50%	Kaolín	20%	Feldespato	30%	Sílica
8	50%	Kaolín	30%	Feldespato	20%	Sílica
9	50%	Kaolín	40%	Feldespato	10%	Sílica
10	40%	Kaolín	38%	Feldespato	22%	Sílica
11	40%	Kaolín	32%	Feldespato	28%	Sílica
12	38%	Kaolín	35%	Feldespato	27%	Sílica
13	42%	Kaolín	35%	Feldespato	23%	Sílica
14	38%	Kaolín	37%	Feldespato	25%	Sílica
15	42%	Kaolín	33%	Feldespato	25%	Sílica
16	30%	Kaolín	20%	Feldespato	50%	Sílica
17	30%	Kaolín	30%	Feldespato	40%	Sílica
18	30%	Kaolín	10%	Feldespato	60%	Sílic
19	30%	Kaolín	40%	Feldespato	30%	Sílic
20	20%	Kaolín	20%	Feldespato	60%	Sílic
21	20%	Kaolín	30%	Feldespato	50%	Sílic
22	20%	Kaolín	40%	Feldespato	40%	Sílica

Los resultados obtenidos fueron:

1.- Contracciones:

% L = 7.3

% D = 3.9

Módulo de Ruptura en Seco:

104.8 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

3,755.2 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.44 gr./cm^3

2.- Contracciones:

% L = 8.5

% D = 5.4

Módulo de Ruptura en Seco:

104.8 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

1,966.6 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.57 gr./cm^3

3.- Contracciones:

% L = 6.0

% D = 10.0

Módulo de Ruptura en Seco:

104.8 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

1,607.8 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.58 gr./cm^3

4.- Contracciones:

% L = 10.6

% D = 9.1

Módulo de Ruptura en Seco:

104.8 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

4,510.5 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.38 gr./cm^3

5.- Contracciones:

% L = 11.0

% D = 9.5

Módulo de Ruptura en Seco:

104.8 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

5,751.5 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.46 gr./cm.^{3}

6.- Contracciones:

% L = 7.1

% D = 12.1

Módulo de Ruptura en Seco:

104.8 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

6,266.1 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.41 gr./cm^3

7.- Contracciones:

% L = 5.

% D = 7.3

Módulo de Ruptura en Seco:

104.8 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

5,215.17 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.38 gr./cm^3

8.- Contracciones:

% L = 17

% D = 12.8

Módulo de Ruptura en Seco:

104.2 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

4,855.4 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.39 gr./cm^3

9.- Contracciones:

% L = 17.5

% D = 14.7

Módulo de Ruptura en Seco:

103.6 lbs/plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemdo:

8,573.3 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.39 gr./cm^3

10.- Contracciones:

% L = 15.5

% D = 10.0

Módulo de Ruptura en Seco:

104.8 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

1,597 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.45 gr./cm^3

11.- Contracciones:

% L = 9.1

% D = 6.0

Módulo de Ruptura en Seco:

104.8 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

5,215.1 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.38 gr./cm^3

12.- Contracciones:

% L = 12.4

% D = 11.9

Módulo de Ruptura en Seco:

113.0 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

5,924.0 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.39 gr./cm^3

13.- Contracciones:

% L = 14.1

% D = 12.5

Módulo de Ruptura en Seco:

104.6 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

7,351.4 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.39 gr./cm^3

14.- Contracciones:

% L = 15.4

% D = 11.0

Módulo de Ruptura en Seco:

106.0 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

6,882.4 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.36 gr./cm^3

15.- Contracciones:

% L = 13.4

% D = 13.3

Módulo de Ruptura en Seco:

108.3 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

5,317.6 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.39 gr./cm^3

16.- Contracciones:

% L = 12.8

% D = 11.0

Módulo de Ruptura en Seco:

103.6 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

6,661.6 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.37 gr./cm^3

17.- Contracciones:

% L = 12.2

% D = 13.4

Módulo de Ruptura en Seco:

109.6 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

5,912.9 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.33 gr./cm^3

18.- Contracciones:

% L = 12.6

% D = 10.3

Módulo de Ruptura en Seco:

106.0 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

6,642.8 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.31 gr./cm^3

19.- Contracciones:

% L = 11.9

% D = 10.6

Módulo de Ruptura en Seco:

104.8 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

4,943.9 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.31 gr./cm^3

20.- Contracciones:

% L = 11.8

% D = 10.3

Módulo de Ruptura en Seco:

106.0 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

5,924.6 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.39 gr./cm^3

21.- Contracciones:

% L = 12.3

% D = 9.1

Módulo de Ruptura en Seco:

104.8 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

5,789.6 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.37 gr./cm^3

22.- Contracciones:

% L = 11.3

% D = 10.3

Módulo de Ruptura en Seco:

107.1 lbs./plg.^{2}

Módulo de Ruptura en Quemado:

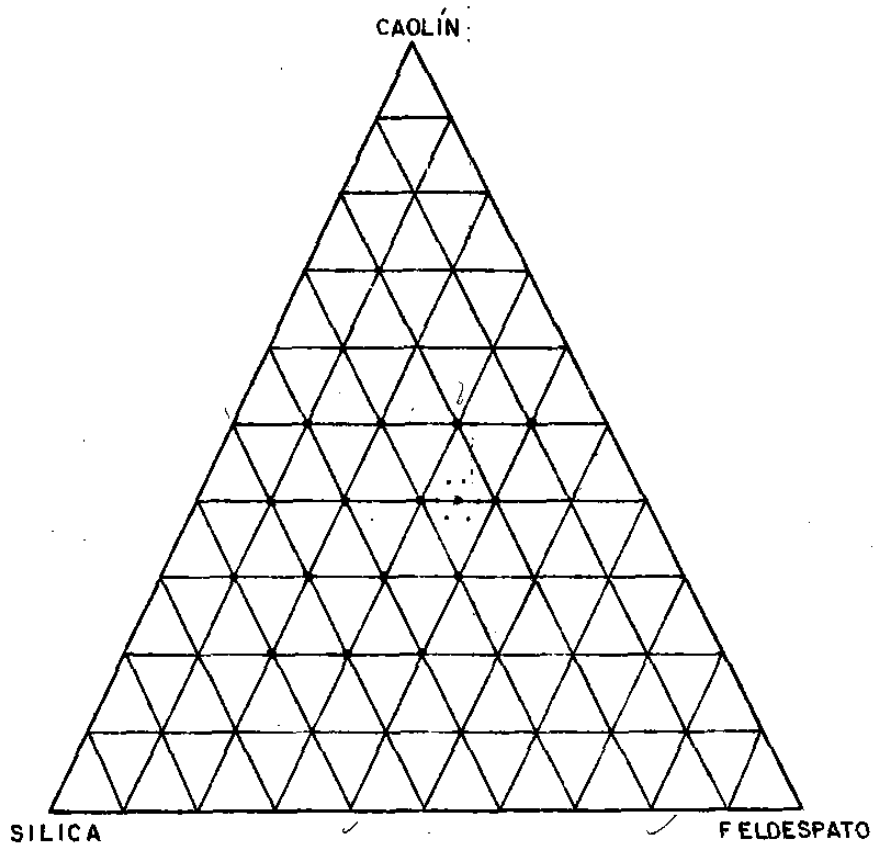
7,360.9 lbs./plg.^{2}

Densidad = 2.34 gr./cm^3

Al observar estos resultados con sus muestras físicas - hemos seleccionado la fórmula número 4, para llevar a - cabo nuestro estudio ya que su comportamiento en la operación es bueno, además de que sus contracciones son -- uniformes y su vitrificación es excelente, aunque su módulo de ruptura no es muy alto.

Es posible utilizar otras formulaciones como la: 5, 12, 13, 15, 17, 19; debido a sus propiedades, pero escogi-- mos la # 4, por su comportamiento en el proceso.

Fórmula Optima: 40 Kaolín, 35% Feldespato, 25% Sílica.



LA FORMULA OPTIMA ES LA #4 (•)

V.- DESCRIPCION DEL EQUIPO

En este punto, haremos la selección del equipo considerando los siguientes criterios generales:

a) Ejecución de la operación en forma práctica.
Esto debido a que existen varios tipos de equipos que pueden llevar a cabo la operación pero alguno de ellos, el más adecuado a nuestro proceso.

b) Capacidad de produccion.
En base a la capacidad de producción seleccionáremos el equipo de tamaño adecuado ó ligeramente sobrado para preveer modificaciones en la producción.

1.- BASCULA:

Este equipo lo usaremos para llevar a cabo la operación de pesaje de las materias primas, las cuales estan molidas en la finura que deseamos y se venden en bultos. Como esta operación la llevaremos a cabo en un rango entre 0 y 50 Kg. para cada materia prima, haremos la selección del equipo considerando este rango.

Existen varios modelos de básculas con las cuales podemos efectuar la operación adecuadamente, de ma

nera que la decisión depende del rango de pesaje y del precio. Seleccionamos la báscula revuelta modelo RP-5A, debido a que es para uso industrial, se ajusta al rango de nuestras necesidades, es de excelente calidad y de fácil acceso.

2.- MEZCLADOR:

La operación llevada a cabo en este equipo es la de mezclar las materias primas primeramente solas y después con el agua para dar lugar a la formación de pasta cerámica, la cual debe ser lo más homogenea posible con respecto a sus componentes.

Esta operación puede llevarse a cabo en dos tipos convencionales de mezcladores; los de listón, los cuales son usados para mezclar concreto, cerámica y otros materiales; y los de paletas, los cuales son usados en la industria del carburo de silicio, en la industria productora de resistencias eléctricas así como también en la industria cerámica. Recomendamos un mezclador de listón, de los utilizados en la industria de la construcción para mezclar el concreto, ya que aparte de ser más baratos que los de tipo paleta y poder efectuar la operación practicamente son de fácil acceso.

El tanque del mezclador deberá tener un volúmen de 80 litros o más ya que el volúmen de un batch de - pasta (53 Kg) es de aproximadamente 40 litros y se necesita otro igual para poder mezclarlo.

El mezclador seleccionado para esta operación es - el MIPSA modelo 3 1/2 S, ya que cumple satisfactoriamente nuestros requerimientos.

3.- PULVERIZADOR DE PASTA HUMEDA:

Este equipo es utilizado para granular la pasta, - la cual aparte de ser granulada es homogenizada en su humedad y tamaño de partícula, lo que la hace - estar en condiciones apropiadas para el prensado - ya que de no ser así sería practicamente imposible el prensado de cerámica para formas caprichosas, - debido a los huecos de aire atrapados en la pasta.

El equipo necesario para llevar a cabo esta operación no es de fabricación comercial, es una adaptación de un molino de martillos para material seco, a uno para material húmedo, ya que si intentaramos pulverizar la pasta húmeda en el molino para material seco lo taparíamos al comenzar la operación.

La modificación consiste en darle forma de caracol a la carcasa, eliminar el tamiz para producto pro-

cesado y eliminar los gusanos alimentadores. Re-- comendamos mandar fabricar este equipo con quien - conozca de estos molinos ó supervisarlo por quien haya visto funcionar un equipo de estos. Su capacidad es bastante sobrada ya que el equipo más pequeño puede pulverizar 100 Kg./hr. aproximadamente con 5 H.P. Debido a que no es un equipo complejo se sabe que su fabricación es relativamente rápida y su costo no es elevado (aprox. = 150,000.00).

4.- PRENSA:

La función de este equipo es comprimir la pasta en los moldes, los cuales le dan la forma deseada mediante el sistema hidráulico de accionamiento ma-- nual integrado en la prensa. Existen varios tipos de prensas hidráulicas, algunas para troquelados - especiales, otras para tratamientos de vidrio y algunas otras de fabricación especial para alguna -- función específica.

Entre los diferentes tipos de prensas existentes - tenemos las tipo "C" las cuales son usadas en la - fabricación de porcelana prensada y representan para nosotros el tipo más apropiado, debido a su forma. Es más conveniente que la prensa sea de accionamiento manual debido a que cuando se está en producción resulta más fácil la separación del produc

to prensado bueno del malo y se facilita la limpieza del dado, no siendo así para un equipo automático. Otro factor a tomar en cuenta para la selección del equipo son sus dimensiones ó características de trabajo, ya que deben poder producirse todos los diferentes sockets en la misma prensa.

Recomendamos para ejecución de esta operación la prensa PCS-25-"MM", debido a que es de accionamiento manual y es posible fabricar en ella los diferentes tipos de sockets, teniendo las siguientes características:

a) Fuerza de avance - 25 toneladas.
b) Dimensiones de la mesa - 500 x 470 mm.
c) Garganta - 225 mm.
d) Claro máximo - 450 mm.
e) Carrera - 305 mm.

5.- MOLDES:

Este equipo nos servirá para darle la forma a la pasta, ó sea que necesitamos el mismo número de moldes como piezas que deseemos fabricar. Estos moldes pueden ser de una, dos ó cuatro cavidades, lo cual dependerá de la forma de la pieza a fabricar y de las necesidades de producción de la misma.

Estos equipos no son de fabricación comercial, de manera que es necesario mandarlos fabricar a un taller mecánico de acuerdo con la pieza que se desea fabricar y se tendrá cuidado con ellos ya que son equipo delicado.

6.- SECADOR:

La operación a llevar a cabo en este punto es la de secar las piezas de porcelana después de que han sido formadas en la prensa. Para efectuar esta operación existen dos tipos generales de hornos: Los Eléctricos, los cuales mediante un banco de resistencias producen el calor necesario para llevar a cabo la operación, siendo de fabricación estándar en diferentes tamaños y los de Combustible, los cuales mediante la quema de algún hidrocarburo elevan la temperatura de una cámara ó bóveda donde es efectuada la operación. Para nuestro proceso y capacidad de producción hemos seleccionado un horno eléctrico para laboratorio debido a que son más económicos y menos complicados para el control de la operación, de 64,000 cm^3 (40 x 40 x 40), ya que con este volúmen basta para cubrir nuestra producción con solo 2 cargadas por turno. Recomendamos el horno eléctrico MAPSA modelo HDT-18, ya que se ajusta adecuadamente a nuestras necesidades.

7.- MOLINO DE BOLAS:

La operación llevada a cabo por este equipo es la de moler los componentes del esmalte y homogenizar sus tamaños de partícula, cuando la carga ha sido preparada y mezclada con agua. El equipo apropiado para efectuar esta operación es un molino de -- bolas, debido a lo práctico y simple para control de la operación.

El volúmen necesario en el molino para cubrir nuestras necesidades de producción es de 1.0 galón, -- usando bolas de 1/2" de diámetro ya que la densi-- dad del esmalte es de 1.55 gr./cm^3 y la cantidad - requerida es de 7 Kg./día. Recomendamos el molino marca MC Danel modelo MCJT-16, ya que se ajusta a nuestras necesidades.

8.- HORNO DE CALCINACION:

El proceso realizado por este equipo es el de co-- cer la porcelana. Se puede llevar a cabo en dos - tipos de hornos, que son los eléctricos y los de - combustibles.

Los hornos eléctricos resultan poco prácticos debido a que el consumo de energía es muy elevado y a que continuamente presentan problemas en las resistencias porque aparte de ser delicadas son de vida

Los hornos de combustible por el contrario de los eléctricos no presentan frecuentes problemas en -- sus quemadores ya que son de larga vida y poco delicados. Los hornos de combustible pueden ser de muchas clases ya que los hay de diesel, gas L.P., combustóleo y gas natural, siendo estos los más -- apropiados para nuestro proceso debido a que es el combustible más limpio ya que no dejan ningun residuo ó marca en la porcelana y a que se tiene un mejor control en la operación.

En base a la capacidad de producción establecida - las dimensiones interiores de nuestro horno de gas natural serán de 1.2 m x 1.2 m x 1.2 m. El diseño de este equipo se anexa en nuestro estudio junto - con la lista del equipo de combustión y control -- así como un manual de operación y lista de materiales como veremos posteriormente.

9.- VISCOSIMETRO:

La operación efectuada por este equipo es la de medirle la viscosidad al esmalte para poder ajustarlo antes de aplicarlo al producto y así evitar desperdicio por encogimiento y dilución de esmalte -- después de cocido.

Existen muchos tipos diferentes de viscosímetros - de los cuales algunos son para algún uso ó líquido específico y otros son de uso más general ó tienen un rango de medición más amplio.

El viscosímetro que hemos seleccionado para nues-- tro proceso es el Brookfield modelo RVF ya que es especial para medirle la viscosidad a los esmaltes cerámicos y lo hace de una manera fácil y rápida, lo que satisface nuestras necesidades de una manera apropiada.

10.- BALANZA GRANATARIA:

La finalidad de tener este equipo es la de llevar a cabo el pesaje de los componentes para las car-- gas de esmaltes, ya que sí usaramos la báscula seleccionada anteriormente serían pesajes muy inexactos debido a la pequeña magnitud del pesaje. Otra razón es la de checar apropiadamente la densidad - al esmalte antes de aplicarlo ya que es la otra -- propiedad que debe checarse para obtener buenos resultados, después de cocer las piezas. La balanza seleccionada es la OHAUS modelo R-0305 para laboratorio, debido a que ajusta perfectamente con nuestras necesidades.

11.- MICROPULVERIZADOR:

La operación efectuada por este equipo es la de -- pulverizar el producto defectuoso ó roto que se obtiene después de prensado y se encuentra seco.
El objetivo de tener este equipo es el de poder reprocesar como materia prima este material, que de no ser así se desperdiciaría.

Los equipos apropiados para efectuar esta operación, usados en la industria de los cosméticos, procesadoras de arcillas y otras son los molinos de martillos, ya que tienen un rango amplio de molienda y pueden trabajar muchos tipos diferentes de materiales.

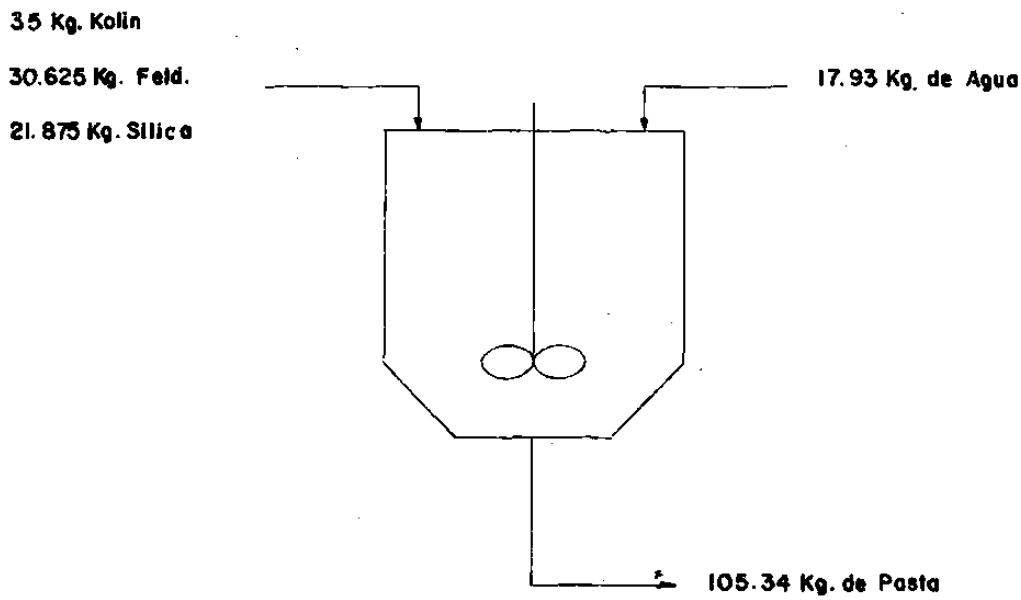
La selección del equipo la haremos de acuerdo a -- los de fabricación estándar buscando el que tenga la capacidad más aproximada a nuestros requerimientos. El equipo seleccionado para la operación es el micropulverizador marca MICRO modelo Bantam construído en acero inoxidable, ya que es el más pequeño de fabricación estándar pudiendo procesar 34 Kg. /hr. de polvos, lo cual es más que suficiente para cubrir nuestras necesidades.

VI.- BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA

A continuación se muestran las etapas del proceso con sus respectivos balances de materia y energia.

Base: 1 dia (8 hrs.)

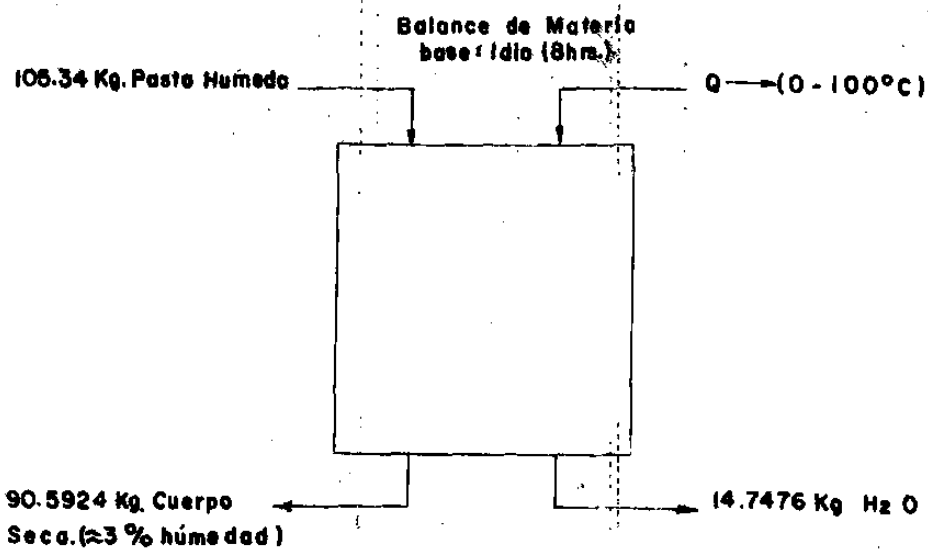
1.- MEZCLADOR



La pasta de aquí se vaciará a un pulverizador, donde éste tiene la función de reducir ó moler la pasta a pequeños - granulitos y de aquí, pasará ésta a cajones donde se en-- vían a la prensa para darle la forma de la pieza. De - - aquí pasa la pieza a horearse y después a un horno de se cado.

Las pérdidas de materia prima en el pulverizador y en la prensa se consideran despreciables.

2.- HORNO DE SECADO



Balance de Energía

$$Qp = \Delta H$$

$$Qp = mCp\ \Delta T$$

$$\Delta H_{H_2O} = \Delta H_{25-100} + \Delta H_{vap.}$$

$$\Delta H_{25-100} = 14.7476\ Kg. \times 0.45025\ \frac{Kcal}{Kg°C} \times 75\ °C$$

$$\Delta H_{25-100} = 498.00802\ Kca$$

$$\Delta H_{vap.} = 9.710\ \frac{K\ cal}{mol\ Kg.} \times \frac{14.7476\ Kg.}{18\ Kg./mol\ Kg.} = 7955.5109\ Kcal$$

$$\Delta H_{H_2O} = 8,453.5189\ Kcal$$

ΔH Cuerpo Seco:

$$\Delta H \text{ (Feldespato)} + \Delta H \text{ (Caolín)} + \Delta H \text{ (Sílica)}$$

ΔH Feldespato:

M Feldespato = 31.707 Kg.

Cp Feldespato = 69.26T + .00821 T 2/2 + 233100/T(Kcal/mol-

$$Cp \text{ Feldespato} = 69.26\ (75)\ \frac{+.00821(75)^2}{2} + \frac{233100}{75}$$

Cp Feldespato = 5,194.5 + 23,0906 + 3,108

Cp Feldespato = 8,325.5906 Kcal/mol-Kg.

$$\Delta H_{Feldespato} = (31707 \text{ Kg})\ (8325.5906 \text{Kcal/mol-Kg°C})\ \frac{1 \text{ mol-K}}{556.49 \text{Kg}}$$

$\Delta H_{Feldespato}$ = 474.36 Kca

ΔH (caolín) :

M Caolín: 36.236 Kg.

$Cp_{Caolín}$ = 58.62T = 58.62 (75) = 4,396.5

$Cp_{Caolín}$ = 4,396.5 Kcal/mol-Kg.

$$\Delta H_{Caolín} = (36.236 \text{ Kg})\ (4,396.5 \text{ Kcal/molKg°C})\ \frac{1 \text{ mol-Kg.}}{258.06 \text{ Kg.}}$$

$\Delta H_{Caolín}$ = 617.34 Kcal.

$\Delta H_{Sílica}$:

$$M_{Sílica} = 22.6481 \text{ Kg.}$$

$$Cp_{Sílica} = 16.92T + .000435 \frac{T^2}{2} + \frac{599,700}{T}$$

$$Cp_{Sílica} = (22.6481 \text{ Kg})\ (9,266.2234 \text{ Kcal/molKg})\ \frac{1 \text{ mol}}{60.06}$$

$$\Delta H_{Sílica} = 3,494.2117 \text{ Kcal}$$

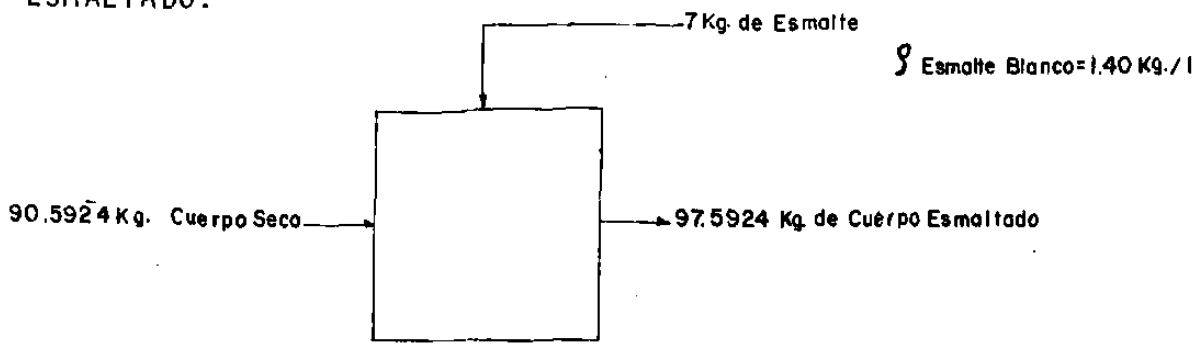
$$\Delta H_{Cuerpo\ Seco} = \Delta H_{Feld.} + \Delta H_{Caolín} + \Delta H_{Sílica}$$

$$\Delta H_{Cuerpo\ Seco} = 4,585.9197 \text{ Kcal}$$

$$\Delta H_{Total} = \Delta H_{H_2O} + \Delta H_{Cuerpo\ Seco} = 8,453.5189 + 4585.9197$$

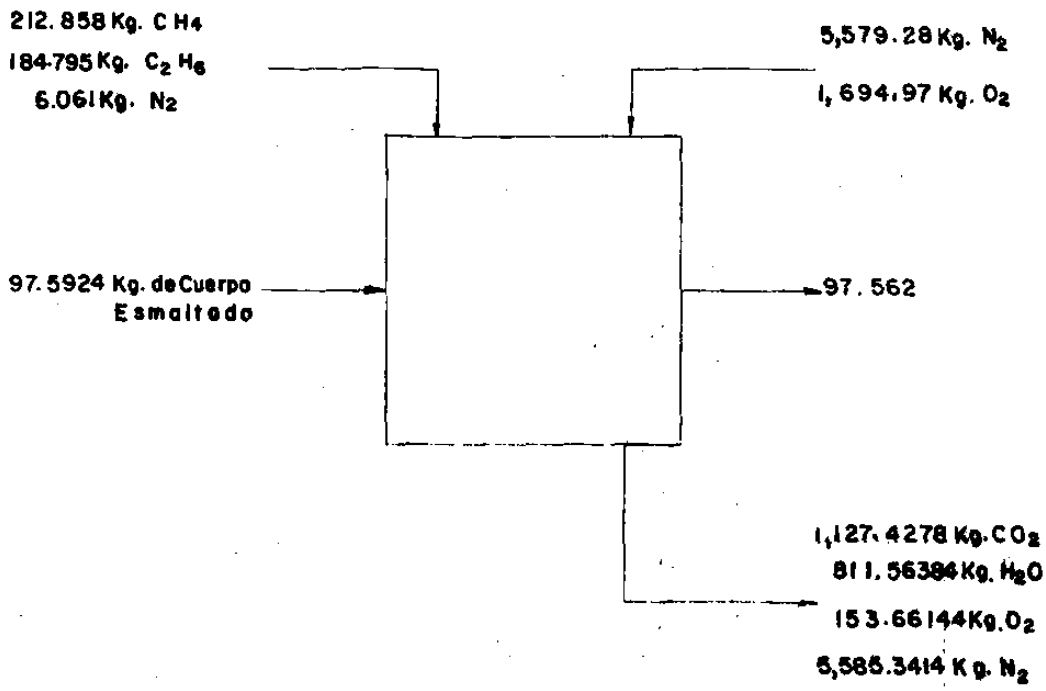
$$\Delta H_{Total} = 13,039.439 \text{ Kcal}$$

ESMALTADO:



HORNO DE CALCINACION

Gas Natural



Se utilizará un gas que tiene la siguiente composición:

67.6 %	CH_4 (Metano)
31.3%	C_2H_6 (Etano)
1.1%	N_2

Este gas nos dá 310.464 Kcal/pie^3; para determinar cuán-- tos mol - Kg es un pie^3 se hará lo siguiente:

$$1 \text{ pie}^3 \times \frac{1000 \text{ lts.}}{(3.28 \text{ pies})^3} \times \frac{273°K}{288.5°K} \times \frac{1 \text{ molgr}}{22.4 \text{ lts.}} = .0012 \text{ molkg de gas}$$

Para conocer la cantidad de Kcal que nos da 1 molkg de -- gas se tiene que:

$$\frac{310.464 \text{ Kcal}}{.0012 \text{ molkg de gas}} \times \text{molkg de gas} = 258720 \text{ Kcal}$$

Pero ahora falta considerar cuántas Kcal requerirán los - gases de combustión, para ésto, tomaremos como base 1 - - molkg de gas:

.676 molkg CH_4

.313 molkg C_2H_6

.011 molkg N_2

Para quemar el gas natural se utilizará un 10% de exceso de aire. Ahora bien:

1o. $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$

$$\frac{1 \text{ molkg } CO_2}{1 \text{ molkg } CH_4} \times .676 \text{ molkg } CH_4 = .676 \text{ molkg } CO_2$$

$$\frac{2 \text{ molkg } H_2O}{1 \text{ molkg } CH_4} \times .676 \text{ molkg } CH_4 = 1.352 \text{ molkg } H_2O$$

$$\frac{2 \text{ molkg } O_2}{1 \text{ molkg } CH_4} \times .676 \text{ molkg } CH_4 = 1.352 \text{ molkg } O_2$$

$$2.- \quad C_2H_6 + 7/2\ O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$

$$\frac{2 \text{ molkg } CO_2}{1 \text{ molkg } C_2H_6} \times .313 \text{ molkg } C_2H_6 = .626 \text{ molkg } CO_2$$

$$\frac{3 \text{ molkg } H_2O}{1 \text{ molkg } C_2H_6} \times .313 \text{ molkg } C_2H_6 = .939 \text{ molkg } H_2O$$

$$\frac{3.5 \text{ molkg } O_2}{1 \text{ molkg } C_2H_6} \times .313 \text{ molkg } C_2H_6 = 1.095 \text{ molkg } O_2$$

$$\frac{1 \text{ molkg aire}}{.21 \text{ molkg } O_2} \times 2.447 \text{ molkg } O_2 \times 1.1 \text{ exceso} = 12.817 \text{ molkg de aire}$$

$$\frac{.79 \text{ molkg } N_2}{1 \text{ molkg aire}} \times 12.817 \text{ molkg aire} = 10.125 \text{ molkg } N_2$$

$$\frac{.21 \text{ molkg } O_2}{1 \text{ molkg aire}} \times 12.817 \text{ molkg aire} = 2.691 \text{ molkg } O_2$$

Gases de Combustión: CO_2 = 1.302 molkg

H_2O = 2.291 molkg

N_2 = 10.136 molkg

O_2 = 0.244 molkg

Conocemos que un molkg de gas natural nos da 258720 Kcal, así como también su composición; y que al quemarlo con un 10% en exceso de aire dá:

CO_2 = 1.302 molkg

H_2O = 2.291 molkg

N_2 = 10.136 molkg

O_2 = 0.244 molkg

La cantidad de Kcal de los gases de combustión a 1240°C será:

CO_2:

$$\Delta H = nCp$$

$$NCO_2 = 1.302 \text{ molkg}$$

$$Cp_{CO_2} = 10.34\ T + .00274\frac{T^2}{2} + \frac{195500}{T}$$

$$Cp_{CO_2} = 10.34\ (1215) + \frac{.00274\ (1215)^2}{2} + \frac{195500}{1215}$$

$$\Delta H_{CO_2} = nCp = (1.302 \text{ molkg})\ (14{,}746.4336)\text{Kcal/molkg})$$

$$\Delta H_{CO_2} = 19{,}199.85 \text{ Kcal.}$$

H_2O :

$$\Delta H_{H_2O} = \Delta H_{1240 - 100} + \Delta H_{cond} + \Delta H_{100 - 25}$$

$$\Delta H_{1240 - 100} = m\ Cp\ \Delta T$$

$$\Delta H_{1240 - 100} = 2.291 \text{ molkg} \times 18 \frac{\text{kg.}}{\text{molkg}} \times 1.518 \frac{\text{Kcal}}{\text{molkg}} \times 1140°C$$

$$\Delta H_{1240 - 100} = 71{,}363.184 \text{ Kcal.}$$

$$\Delta H_{cond} = 9{,}710 \frac{\text{Kcal}}{\text{molkg}} \times 2.291 \text{ molkg} = 22{,}245.61 \text{ Kcal}$$

$$\Delta H_{100 - 25} = 2.291 \text{ molkg} \times \frac{18 \text{ kg.}}{\text{molkg}} \times .45025 \frac{\text{Kmol}}{\text{Kg°C}} \times 75$$

$$\Delta H_{100 - 25} = 1{,}392.555 \text{ Kcal.}$$

$$\Delta H_{(H_2O)} = 95{,}001.349 \text{ Kcal}$$

N_2 : $\Delta H = nCp$

$N_2 = 10.136$ molkg x

$$Cp_{N_2} = 6.50\ T + .001\ \frac{T^2}{2}$$

$$Cp_{N_2} = 8{,}635.61 \text{ Kcal/molkg}$$

ΔH_{N_2} = (10.136 mol-Kg) (8,635.61 Kcal/molKg.)

ΔH_{N_2} = 87,530.54 Kcal

O_2 : ΔH = nCp

N_{O_2} = 0.244 mol-Kg

$$Cp_{O_2} = 8.27\ T + .000258\ \frac{T^2}{2} + \frac{187700}{T}$$

$$Cp_{O_2} = 8.27\ (1215) + \frac{.000258}{2}\ (1215)^2 + \frac{187700}{1215}$$

Cp_{O_2} = 10,392.96 Kcal/Kg- mol

ΔH_{O_2} = (0.244 mol-Kg) (10,392.96 Kcal/Kg-mol)

ΔH_{O_2} = 2,535.88 Kcal

ΔH (gases) = 204,267.61 Kcal

Entonces la cantidad real de Kcal de 1 mol-Kg de gas natural a 1240 ° C para nuestro proceso será :

258,720.00 - 204,267.61 = 54,452.39 Kcal

BALANCE DE ENERGIA :

$Q_p = \Delta H$

$Q_p = mCp\Delta T$

La reacción principal que se lleva a cabo en el horno es:

$$3(Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O) \longrightarrow (2Al_2O_3.2SiO_2) + (4SiO_2+6H_2O)$$

Caolín Mullita Cristobalita

Para determinar la cantidad de Caolín que reacciona así como también cantidades que se obtienen de Mullita y Cristobalita, se tiene que:

Entran en el Horno 97.592 Kg. de cuerpo esmaltado; pero de aquí lo que nos interesa es el cuerpo, por lo tanto, tendremos 90.5924 Kg. de los cuales el 40% es de Caolín; de ahí que reaccionarán 36.236 Kg.

Ahora bien, los molKg. de Caolín, Mullita y Cristobalita serán:

Caolín: $\frac{36,236 \text{ Kg.}}{258.06 \text{ Kg./molKg.}} = 0.140417$ molKg.

Mullita:

$\frac{1 \text{ molKg Cristobalita}}{3 \text{ molKg Caolín}}$ X 0.140417molKg Caolín = 0.0468057mol

Cristobalita:

$\frac{1 \text{ molKg Cristobalita}}{3 \text{ molKg Caolín}}$ X 0.1404117molKg Caolín = 0.0468057mol

ΔH (reacción) = ΔH (prod) - ΔH (react.)

ΔH (reacción) = ΔH (Mullita) + ΔH (crist.) - ΔH Caolín

ΔH Mullita : ΔH = nCn

$N_{Mullita} = 0.0468057$ molkg

$$Cp_{Mullita} = 59.65T + .067\frac{T^2}{2}$$

$Cp_{Mullita} = 121,928.2$ Kcal/molkg = Kcal/molkg

$\Delta H_{Mullita} = (0.0468057)\ (121,928.2) = 5,706.93$ Kcal

$\Delta H_{Cristobalita}$

$N_{Cristobalita} = 0.0468057$ molkg

$$Cp_{Cristobalita} = 17.09T + .000454\frac{T^2}{2} + \frac{897200}{T} = 22,264.184$$

$$\Delta H_{Cristobalita} = (0.0468057 \text{ molkg})\ (21,837.88 \frac{\text{Kcal}}{\text{molkg}}) = 1,022.13 \text{ Kcal}$$

$\Delta H_{Caolín}$

$N_{Caolín} = 0.140417$ molkg

$Cp_{Caolín} = 58.62\ T = 71,223.3$ Kcal/molkg

$\Delta H_{Caolín} = 10,000.96$ Kcal

$\Delta H_{reacción} = 5706.93 + 1022.13 - 10,000.96$

$-\Delta H_{r\ x'n} = -3271.9$ Kcal

También debemos tomar en cuenta el $\Delta H_{Feld.}$, el de la sílica y el del esmalte:

$\Delta H_{Feld.}$:

$$N_{Feld.} = 31.707 \ \frac{1 \text{ molkg}}{556.49 \text{ Kg}} = 0.05697 \text{ molkg}$$

$$Cp_{Feld.} = 69.26\ T + .00821\ \frac{T^2}{2} + \frac{233100}{T}$$

$$Cp_{Feld.} = 90{,}402.65 \text{ Kcal/molkg}$$

$$\Delta H_{Feld.} = (.05697 \text{ molkg})\ (90{,}402.65 \text{ Kcal/molkg})$$

$$\Delta H_{Feld.} = 5{,}150.23$$

$\Delta H_{Sílica}$:

$$N_{Sílica} = 22.648 \text{ Kg.} \times \frac{1 \text{ molkg.}}{60.06 \text{ kg.}} = 0.377 \text{ molkg}$$

$$Cp_{Sílica} = 16.92\ T + .000435\ \frac{T^2}{2} + \frac{599700}{T}$$

$$Cp_{Sílica} = 21{,}372.45 \text{ Kcal/molkg}$$

$$\Delta H_{Sílica} = (0.377 \text{ molkg})\ (21{,}372.45 \text{ Kcal/molkg})$$

$$\Delta H_{Sílica} = 8{,}057.41 \text{ Kcal}$$

$$\Delta H_{Esmalte} = 7 \text{ Kg.} \times .328 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg°C}} \times 1215°C = 2{,}789.64 \text{ Kcal}$$

Placas de Si C :

$$\Delta H = 8 \text{ kg./PL} \times 13{,}183.00 \text{ Kcal/molkg} \times \frac{1 \text{ molkg}}{40.06 \text{ kg}} = 2{,}632.65$$

$$Cp_{SiC} = 8.89\,T + .00291\,\frac{T^2}{2} + \frac{284000}{T}$$

$$Cp_{SiC} = 13{,}183.00 \text{ Kcal/molkg}$$

$$\Delta H_{SiC} = 2{,}632.65 \text{ Kcal/placa} \times 72$$

$$\Delta H_{SiC} = 189{,}550.8 \text{ Kcal}$$

8 niveles de placas (9 placas x nivel).

Calor Perdido en el Horno:

Las pérdidas se determinarán por: Conducción, Radiación, y Convección. La temperatura en el interior del horno es de 1240°C, y la temperatura en el exterior del horno es de 90°C.

Pérdidas de Calor por Conducción :

$$q = \frac{t_1 - t_4}{Rt} \qquad Rt = \frac{X_1}{Km_1 \ A} + \frac{X_2}{Km_2 \ A}$$

Las dimensiones del interior del horno son: 1.20 m. x -- 1.20 m. x 1.20 m. ∴ el área de cada lado del horno - será: 1.20 m. x 1.20 m. = 1.44 m^2 (despreciado el calor- perdido en las esquinas).

Datos de los materiales del horno:

Ladrillo Refractario: Km_1 = 0.916 Kcal/hr m°C X_1 = 0.2286 mts

Ladrillo Aislante : Km_2 = 0.041 Kcal/hr m°C X_2 = 0.0762 mts

$$Rt = \frac{.2286 \text{ mts.}}{(.916 \text{ Kcal/hr m°C})\ (8.64 \text{ m}^2)} + \frac{.0762 \text{ mts.}}{(.041 \text{ Kcal/hr m°C})\ (8.64 \text{ m}^2)}$$

$$Rt = 0.0288846 + 0.2151084$$

$$Rt = 0.243993.$$

$$q = \frac{1240 - 90}{0.243993} = 4713.25 \ \frac{\text{Kcal}}{\text{hr-lado}} \times 24 \text{ hr.} \times 6 \text{ lados}$$

$$q = 678{,}708 \text{ Kcal}$$

Pérdida de Calor por Radiación:

Para determinar el calor perdido por radiación se usará la siguiente fórmula:

$$q = \sigma F_e \; F_a \; A_1 \; (T_1^4 - T_2^4)$$

$$\sigma = \text{cte.} = 4.92 \times 10^{-8} \; \text{Kcal/hr m}^2 \; {}^\circ K^4$$

La radiación la estará emitiendo la superficie del horno en este caso el ladrillo común; hacia el medio ambiente.

Emisividad del Ladrillo común = .8 = F_e

Caso.- Cuerpo completamente envuelto, pequeño comparado con el cuerpo envolvente.

A_1 = Area de cada lado exterior del horno L = 1.8096 mts.

F_a = 1

T_1 y T_4 son temperaturas absolutas (°K).

Zona de Fuego:

$$q = \sigma F_e \; F_a \; A_1 \; (T_1^4 - T_2^4)$$

A_1 = 1.8096 largo x 1.8096 ancho = 3.2746522 m^2

T_1 = 363°K T_2 = 298°K

$q = (4.92 \times 10^{-8}$ Kcal/hr $m^2 °K^4)$ (.8) (1) $(3.2746522 m^2)$x6 lados $(9.477 \times 10^9 <$

$q = (1.2214935 \times 10^3) \times 6 = 7.328961 \times 10^3$

$q_{rad.}$ = 7,328.961 Kcal

Pérdidas de Calor por Convección:

Las pérdidas se determinarán por la siguiente ecn.

$$q = C \frac{K}{L} (a L^3 \Delta t)^d A (t_2 - t_1)$$

Esta ecn. se aplicará para una sola pared.

a = una cte. que depende de la temperatura media del aire y la sup. externa del horno.

$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_{vert.}} + \frac{1}{L_{hor.}}$; L no debe ser mayor de .61 m.; y si lo es, L toma este valor.

Δt = dif. de temperatura entre pared exterior del horno y-el aire.

$d = 1/4$ cuando $(a\ L^3\ \Delta t) = <10^3$

$= 1/4$ cuando $(a\ L^3\ \Delta t) = 10^3 - 10^9$

$= 1/3$ cuando $(a\ L^3\ \Delta t) = >10^9$

Δ= área de c/pared del horno.

Placas vert. c = .55

Placas horiz. c = .71

$a = 5.986 \times 10^7/m^3\ °C$

$K = .025$ Kcal/hr m°C. $\Delta t = 90 - 25 = 65°C$

$\frac{1}{L} = \frac{1}{1.2\ m.} + \frac{1}{1.2\ m.} = 1.666$; por lo tanto:

$L = .61$ m.

$(aL^3\ \Delta t) = 8.831 \times 10^8$ $d = 1/4$

Paredes Verticales:

$$C = .55 \times \frac{.025\ \text{Kcal/hr m°C}}{.61\ \text{m}} \times (8.831 \times 10^8)^{1/4} \times \frac{3.2746522}{\text{pared}}$$

$\times\ 65°C \times 4$ paredes $\times$ 24 Hr.

$= 7.9400841 \times 10^4$

$q_{\text{conv. par-vert.}} = 79{,}400.841$ Kcal.

Paredes Horizontales:

$C = .71$

$$q = .71 \times \frac{.025 \text{ Kcal/hr m°C}}{.61 \text{ m}} (8.831 \times 10^8)^{1/4} \times \frac{3.2746522}{\text{Pared}} \times 65°C \times 2 \text{ paredes} \times 24 \text{ hrs.}$$

$$q_{\substack{conv. \\ par-horz.}} = 5.1249634 \times 10^4$$

$$q = 51{,}249.634 \text{ Kcal.}$$

$$q_{\substack{conv. \\ tot.}} = q_{\substack{par. \\ ver}} + q_{\substack{par. \\ hor.}} = 79{,}400.841 + 51{,}249.634 = 130{,}650.475$$

$$q_{\substack{tot. \\ perdido}} = q_{conv.} + q_{rad.} + q_{cond.}$$
$$= 130{,}650.48 + 7{,}328.961 + 678{,}708$$

$$q_{\substack{total \\ perdido}} = 816{,}687.44 \text{ Kcal.}$$

$$\Delta H_{tot.} = \Delta Hrx'n. + \Delta Hfeld. + \Delta Hsil. + \Delta Hesm. + \Delta HplacasSiC + Q_p.$$

$$\Delta H_{tot.} = -3271.9 + 5150.23 + 8057.41 + 2789.64 + 189{,}550.8 \text{ Kcal.} + 816{,}687.44$$

$$\Delta H_{tot.} = 1'018{,}963.62 \text{ Kcal.}$$

El número de mol-Kg. de gas natural que necesitaremos para una combustión eficiente será:

$$\frac{1'018{,}963.62 \text{ Kcal.}}{54{,}452.39 \ \frac{\text{Kcal.}}{\text{molKg}}} = 19.68 \text{ mol-Kg.}$$

Por lo tanto, la cantidad de los gases de entrada será:

CH_4 : 13.30368 molkg x 16 Kg/molkg = 212.858 Kg.

C_2H_6 : 6.15984 molkg x 30 Kg/molkg = 184.7952 Kg.

N_2 : 0.21648 molkg x 28 Kg/molkg = 6.06144Kg.

Para determinar los gases de combustión se hará lo si-- guiente:

$$\frac{1.302 \text{ molkg } CO_2}{1 \text{ molkg gas}} \times 19.68 \text{ molkg gas} \times \frac{44 \text{ Kg } CO_2}{\text{mol-Kg } CO_2} = \underline{1,127.4278\text{Kg}}.$$

$$\frac{2.291 \text{ molkg } H_2O}{1 \text{ molkg gas}} \times 19.68 \text{ molkg gas} \times \frac{18 \text{ Kg } H_2O}{\text{mol-Kg } H_2O} = \underline{811.56384 \text{ Kg}}.$$

$$\frac{0.244 \text{ molkg } O_2}{1 \text{ molkg gas}} \times 19.68 \text{ molkg gas} \times \frac{32 \text{ Kg } O_2}{\text{mol-Kg } O_2} = \underline{153.66144 \text{ Kg.}}$$

$$\frac{10.136 \text{ molkg } N_2}{1 \text{ molkg gas}} \times 19.68 \text{ molkg gas} \times \frac{28 \text{ Kg } N_2}{\text{mol-Kg } N_2} = \underline{5,585.3414\text{Kg.}}$$

Cantidad de Aire:

$$10.136 - .011 = \frac{10.125 \text{ molkg } N_2}{1 \text{ molkg gas}} \text{ (aire)} \times \frac{28 \text{ Kg } N_2}{\text{molkg } N_2} \times 19.68 \text{ molk}$$

5,579.28 Kg N_2

$$\frac{1 \text{ molkg aire}}{.79 \text{ molkg } N_2} \times \frac{10.125 \text{ molkg } N_2}{1 \text{ molkg gas}} \times 19.68 \text{ molkg gas} =$$

$$= 252.22785 \text{ molkg aire}$$

$$\frac{.21 \text{ molkg } O_2}{1 \text{ molkg aire}} \times 252.22785 \text{ molkg aire} \times \frac{32 \text{ Kg } O_2}{\text{molkg } O_2}$$

$$= 1{,}694.9712 \text{ Kg } O_2$$

VII.- CALCULO DEL CONSUMO Y COSTO DE ENERGIA

A continuación se especifica el consumo y costo de energía en cada etapa del proceso.

1.- MEZCLADOR:

Se necesitará un motor Briggs & Stratton de 5 H.P. según cotización pedida en Maquinaria Intercontinental del Noreste, S. A.

La potencia en Kw es: 1 H.P. = .746 Kw.

Como se requiere que la mezcla se agite durante 7 minutos en total/día, el consumo de energía será:

$$.746 \frac{Kw}{1\ H.P.} \times 5\ H.P. = 3.730\ Kw.$$

$$3.73\ Kw \times 7\ Min./Día \times 1\ Hr./60\ Min.$$

$$= \underline{\underline{0.4351\ Kw\text{-}Hr./Día}}$$

Aparte de esto, se tiene que considerar el alumbrado de la planta, para ésto se necesitarán 20 focos de 100 w/foco cada uno. Por lo tanto la potencia será:

$$20\ focos \times 100\ w/foco \times \frac{1}{1000} \frac{Kw}{w} = 2\ Kw.$$

Suponiendo que se trabajarán únicamente 8 hrs. diarias, entonces:

$$2 \text{ Kw} \times 8 \text{ hrs./día} = 16 \text{ Kw-hr/día}$$

2.- PULVERIZADOR:

Se necesitará un motor de 5 H.P. La potencia en Kw es:

$$1 \text{ HP} = .746 \text{ Kw}$$

$$5 \text{ HP} = 3.73 \text{ Kw}$$

3.- PRENSA:

Se requiere un motor de 10 H.P. Según cotización de Máquinas Mexicanas, S. A. La potencia será:

$$\frac{.746 \text{ Kw/10 H.P.}}{1 \text{ H.P.}} = 7.46 \text{ Kw.}$$

Esta máquina estará funcionando 8 hrs. diarias, por lo tanto:

$$7.46 \text{ Kw} \times 8 \text{ hrs./día} = 59.68 \text{ Kw-hr/día}$$

4.- SECADOR:

El consumo de energía de este equipo es de 1.18 Kw/hr. y como trabajará las 8 hrs.; el consumo total de energía será:

1.18 Kw x 8 hrs./día = 9.44 Kw-hr/día

5.- MOLINO DE BOLAS:

Esta maquinaria necesitará un motor de 3/4 H.P., por lo tanto:

1 H.P. = .746

3/4 H.P. = .5595 Kw

y su funcionamiento será de 6 hrs./día.

.5595 Kw x 6 hrs./día = 3.357 Kw-hr./día.

6.- MICROPULVERIZADOR:

Se necesitarán 2 motores:

1 Motor de 1 H.P. = .746 Kw

1 Motor de 1/4 H.P. = .1865 Kw

.9325 Kw

Esta máquina estará trabajando 4 hrs./día.

.9325 Kw x 4 Hrs./día = 3.73 Kw/hr-día.

7.- HORNO DE CALCINACION:

Se necesitará un motor de 1 H.P. para el soplador de aire de combustión, por lo tanto 1 H.P. = .746 Kw y como estará 16 hrs., funcionando será:

$$.746 \text{ Kw} \times 16 \frac{\text{Hrs.}}{\text{Día}} = \underline{11.936} \text{ Kw-hr/día}$$

El consumo total de energía para nuestra planta será:

$$108.308 \text{ Kw-hr/día} \times 24 \text{ días} \times 12 \text{ meses} = \underline{31{,}192.704 \ \frac{\text{Kw-hr.}}{\text{año}}}$$

$$31{,}192.704 \frac{\text{Kw-hr.}}{\text{año}} \times 1.4 \ \$/\text{Kw-hr.} = \$43{,}669.785$$

$$\underline{\underline{\$ \ 43{,}669.78/\text{año}}}$$

T E R C E R A P A R T E

VIII.-ESTUDIOS DEL MERCADO PARA LOS PRINCIPALES TIPOS DE SOCKETS DE PORCELANA

TIPOS DE SOCKETS

Entre los muchos tipos de sockets de porcelana que es posible fabricar, hemos encontrado que los de mayor demanda son dos del mismo tipo y de la misma forma, con la diferencia de que uno es mayor que el otro y son los de tipo portalampara de 4" y 3". Se conoce que a estos tipos de sockets lo siguen en orden de importancia otros cuatro, que junto con los anteriores, integran el mercado fuerte de sockets de porcelana en México.

Estos otros tipos de sockets son los siguientes:

i) Socket cuadrado o de pared.
ii) Socket para anuncio.
iii) Socket Mogul.
iiii) Socket para candil.

Existen otros tipos de sockets de porcelana que son posibles de fabricar pero que presentan la desventaja de ser para uso más específico, como sockets para estufas, para candiles caprichosos, para lámparas mercuriales y de vapor de sodio, para hornos de micro-ondas, para cierto equipo fotográfico, así como también para algunos aparatos eléctricos específicos, los cuales no participan en forma activa en nuestro estudio.

IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES

Se estima en este punto, que en México las importaciones de sockets de porcelana han sido eliminadas, ya que el país cuenta con cinco fabricantes importantes de estas piezas, los cuales han desarrollado o traído la tecnología necesaria para producir la demanda específica del país, de estas piezas.

Por el lado de exportaciones se conoce que sólo en raras ocasiones, estas piezas son exportadas a otros países, ya que éstos tienen tecnología y plantas propias, o su demanda es satisfecha por otros países en algún acuerdo comercial.

FABRICANTES

Exisisten en México 5 fabricantes principales de los diferentes tipos de sockets de porcelana, y algunos otros secundarios cuya producción es mínima y muy específica.

Algunos fabricantes importantes son de firma extranjera y otros son 100% nacionales.

Los principales fabricantes de sockets de porcelana en orden de importancia, son los siguientes:

i) Industrias Unidas, S. A.
ii) Cerámica Arrow
iii) Cerámica Eagle

iiii) Porcelanas PINCO, S. A.

iiiii) Ceramica Industrial de Monterrey, S. A.

Los fabricantes de estas piezas, de origen extranjero, son los siguientes:

i) Cerámica Arrow

ii) Cerámica Eagle

CANTIDADES

Las cantidades correspondientes a cada uno de los diferentes tipos escogidos de sockets de porcelana, la estudiaremos con un extrapolación de 9 años, basada en los datos obtenidos de 6 años anteriores.

Cada tipo de socket lo manejaremos por separado, debido a que sus demandas son distintas y sus mercados de naturaleza diferente.

Extrapolaremos los datos obtenidos en una gráfica, la cual nos servirá para obtener la capacidad de producción de la planta y obtener una selección adecuada del equipo que en ella se requiere.

DEMANDA NACIONAL
(No. de Piezas x 1000)

Tipo \ Año	1977	1978	1979	1980	1981	1982
S. Grande	4420	5216	6000	7200	8064	8870
S. Chico	3520	4050	4800	5760	6450	7420
Cuadrado	5300	6100	7322	8640	9680	10840
Anuncio	6750	8130	9760	11520	12672	14572
Mogul	3095	3714	4270	5040	5745	6492
Candilero	5420	6260	7200	8640	9676	10644
T o t a l	28.5	33.47	39.35	46.8	52.28	58.83

Por lo visto en los datos de demanda nacional, los cuales se obtuvieron de la industria cerámica regiomontana se decidió entrar al mercado con una producción anual de 144,000 pzas. lo que equivale a 500 piezas por día, capacidad para la cual se hará el diseño y selección del equipo.