



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

PORCELANA PARA MATERIAL DE LABORATORIO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Q U I M I C A

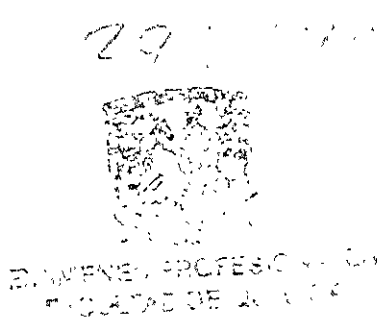
P R E S E N T A :

SILVIA VARGAS NAVARRO



MEXICO, D. F.

2001





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.

Jurado asignado:

Presidente Prof. MARTHA RODRÍGUEZ PEREZ

Vocal Prof. MERCEDES MEIJUEIRO MOROSINI

Secretario Prof. MARTHA GARCIA REYES

1er sup. Prof. MA. LOURDES CHAVEZ GARCIA

2do sup. Prof. MARIA ELENA VILLAFUERTE Y CASTREJO

Sitio donde se desarrollo el tema **Laboratorio de química inorgánica, edificio "C"**,

Facultad de Química

Nombre del asesor

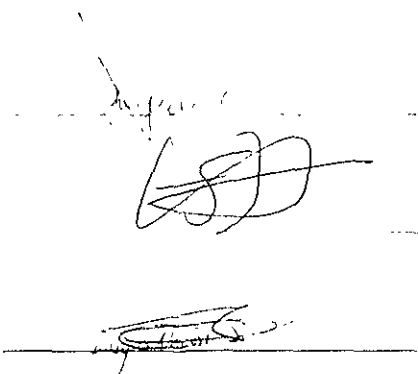
MERCEDES MEIJUEIRO MOROSINI

Supervisor técnico

EMILIO BARRAGÁN HERNÁNDEZ

Sustentante

SILVIA VARGAS NAVARRO



The image shows two handwritten signatures. The first signature is located above the supervisor's name and appears to be 'Emilio Barragán Hernández'. The second signature is located below the sustentante's name and appears to be 'Silvia Vargas Navarro'. There are also some faint, illegible markings and lines around the signatures.

Agradecimientos a:

Mi asesor de tesis

Q. Mercedes Meijueiro Morossini.

Mis hermanos

*Katty Raquel, Leticia y Adrián Vargas
Navarro.*

Mis hijos

*Maximiliano yachi y Edgar Gonzalo Ortiz
Vargas.*

Mí esposo

Samuel Ortiz Herrera.

Y muy especialmente a mis padres

*Sr. Pablo Vargas Torres
Sra. Concepción Navarro Navarro.*

*Quienes hicieron posible la culminación de mis estudios
universitarios.*

INDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	1
Cerámica	1
Antecedentes	1
Evolucion de la Cerámica	2
Clasificación de las Pastas Cerámicas	4
Porcelana	10
Antecedentes	10
Definicion	11
Propiedades de la Porcelana	12
Clasificación de la Porcelana	13
Fabricacion de la Porcelana	18
Lineas Principales del Proceso de Producción	19
Cambios Químicos en materiales Cerámicos	20
Cambios en la composición del caolín a altas temperaturas	23
Cambios Químicos durante la cocción	27
Cambios físicos que ocurren a altas temperaturas	28
Propiedades del Vidriado	35
Vitrificación de Porcelana Dura	38
Diseño Factorial	39
Diseño de Plackett-Burman	40

BIBLIOGRAFÍA	75
GRAFICAS	78
Grafica 1 . % de Resistencia a Choques Térmicos (pastas 1-8)	
Grafica 2 . % de Resistencia a Soluciones Ácidas (pastas 1-8)	79
Grafica 3 . % de Resistencia a Soluciones Ácidas (pastas 1-8)	80
Grafica 4 . % de Resistencia a Soluciones Básicas (pastas 1-8)	81
Grafica 5 . % de Resistencia a Choques Térmicos (pastas 9-12)	82
Grafica 6 . % de Resistencia a Soluciones Ácidas (pastas 9-12)	83
Grafica 7 . % de Resistencia a Soluciones Básicas (pastas 9-12)	84
Grafica 8 . % de Resistencia a Choques Térmicos (vidriado 1-10)	85
Grafica 9 . % de Resistencia a Soluciones Ácidas (vidriado 1-10)	86
Grafica 10 . % de Resistencia a Soluciones Básicas (vidriados 1-10)	87

DIAGRAMAS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS " X " ORIGINALES

Caolín	88
Cuarzo	89
Feldespató	90
Pastas (1-6)	91
Pastas (7-8)	92
Porcelana 2	93
Porcelana 7	94
Porcelana 8	95
Porcelana 9	96
Porcelana 10	97
Porcelana 11	98
Porcelana 12	99
Vidrio 1	100

Vidrio 2	101
Vidrio 3	102
Vidrio 4	103
Vidrio 5	104
Vidrio 6	105
Vidrio 7	106
Vidrio 8	107
Vidrio 9	108
Vidrio 10	109

INTRODUCCIÓN:

CERÁMICA.

1) Antecedentes:

La cerámica es la combinación perfecta de los cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego del cual está constituido el mundo según los antiguos Griegos. Está elaborada con tierra, moldeada con agua, secada al aire, y consolidada mediante el fuego. Su manufactura comprende los mismos pasos que la hornada de pan, es decir, triturada, mezclada con agua, amasada, moldeada, secada y cocida. En los tiempos del neolítico, los hornos para el pan se utilizaban también para la cocción de la alfarería.

El punto esencial en la cerámica es su elaboración, moldeado en frío y expuesto al calor, igual que en la panificación. Al evolucionar la alfarería, fue embellecida mediante dibujos, color y cubierta. Hoy en día la mayoría de las piezas de cerámica están cubiertas por esmalte. La cubierta es aplicada a modo de suspensión básica, a las piezas ya cocidas, una vez enfriadas. En esta segunda cocción se forma sobre la pieza una fina capa de vidrio. La decoración se consigue coloreando con óxidos, antes o después de la vitrificación. Una posterior cocción fija de modo permanente los colores.

La cerámica fue el primer material sintético descubierto por el hombre, es una piedra artificial producida por la cocción de arcilla a una temperatura suficientemente alta como para cambiar las propiedades físicas y químicas del material original en una nueva sustancia que presenta muchas de las características de una piedra. Esta peculiaridad de ser similar a una piedra es lo que hace de la cerámica algo inestimable para los arqueólogos.

La cerámica apareció por primera vez alrededor de 15000-10000 años a C. En los albores del neolítico. Los nómadas conocían la cerámica, pero no la utilizaban dado que para ellos era demasiado frágil. Es pues una característica o más bien el símbolo de la vida sedentaria. Su aparición y evolución determina un importante paso en la evolución del hombre.

Los arqueólogos dependen ampliamente de los tipos de cerámica para distinguir distintas culturas y establecer su orden cronológico. La alfarería puede ser justificadamente denominada un calendario en la prehistoria.

2) Evolución de la Cerámica:

Por lo general, se ha asumido que la cerámica fue precedida por la manufactura de cestos. El hombre prehistórico, o mejor dicho la mujer, reforzaba sus recipientes de cestería untando arcilla. La idea de la alfarería pudo partir al quemarse accidentalmente uno de dichos cestos. Se han encontrado piezas de barro cocido con huellas de cestería, que datan de 15000 a 10000 años a C., en Gombes Cave, Kenia. Las marcas dejadas por el mimbre del cesto tenía el papel de una decoración, siendo las mismas posteriormente copiadas en recipientes al torno.

Otro método común de modelado manual de cerámica eran los rollos, formación de vasijas mediante largos rollos montados en espiral.

La introducción del torno de alfarería, probablemente la más antigua máquina creada por el hombre, marcó el inicio de la mecanización de la alfarería. La primera utilización del torno de alfarero conocida se sitúa en la ciudad de Mesopotamia de Uruk (5000 a C.). Los alfareros utilizaron ruedas durante la civilización del valle del Indo (2500-1500 a C.). En

La cerámica apareció por primera vez alrededor de 15000-10000 años a. C. En los albores del neolítico. Los nómadas conocían la cerámica, pero no la utilizaban dado que para ellos era demasiado frágil. Es pues una característica o más bien el símbolo de la vida sedentaria. Su aparición y evolución determina un importante paso en la evolución del hombre.

Los arqueólogos dependen ampliamente de los tipos de cerámica para distinguir distintas culturas y establecer su orden cronológico. La alfarería puede ser justificadamente denominada un calendario en la prehistoria.

2) Evolución de la Cerámica:

Por lo general, se ha asumido que la cerámica fue precedida por la manufactura de cestos. El hombre prehistórico, o mejor dicho la mujer, reforzaba sus recipientes de cestería untando arcilla. La idea de la alfarería pudo partir al quemarse accidentalmente uno de dichos cestos. Se han encontrado piezas de barro cocido con huellas de cestería, que datan de 15000 a 10000 años a. C., en Gombes Cave, Kenia. Las marcas dejadas por el nudo del cesto tenía el papel de una decoración, siendo las mismas posteriormente copiadas en recipientes al torno.

Otro método común de modelado manual de cerámica eran los rollos, formación de vasijas mediante largos rollos montados en espiral.

La introducción del torno de alfarería, probablemente la más antigua máquina creada por el hombre, marcó el inicio de la mecanización de la alfarería. La primera utilización del torno de alfarero conocida se sitúa en la ciudad de Mesopotamia de Uruk (5000 a. C.). Los alfareros utilizaron ruedas durante la civilización del valle del Indo (2500-1500 a. C.). En

tiempos del antiguo testamento {2000 a C }, el torno de alfarero fue de uso común en el sur de Palestina.

Gran parte de la antigua cerámica era sin vidriar, aunque el barniz ya era conocido por los Egipcios en el año 1200 a C. Prácticamente no existe información sobre la cocción de la antigua alfarería, era la parte más misteriosa la que necesitaba más destreza del alfarero y como tal era considerado, era un secreto del gremio. Los antiguos griegos solicitaban la ayuda de los dioses, los alfareros medievales ofrecían oraciones antes de la cocción.

No toda la cerámica era cocida, los Indios de Norteamérica protegían de la ruptura platos y bandejas aplicando grasa hasta saturar la arcilla, los utensilios que no utilizaban para cocinar. Tablitas de barro con inscripción eran normalmente cocidas, tan sólo *accidentalmente como resultado de haberse desencadenado un fuego, así como el hacer ladrillos para casas.*

Coincidiendo con los perfeccionamientos en los métodos de realización, también se fueron refinando las materias primas utilizadas.

Al eliminar los contaminantes, no solo los óxidos de hierro, sino también la arena, minerales feldespáticos y calcáreos, adquirió control sobre la característica de los materiales, seleccionando los fundentes, variando las tonalidades de marrón-rojo según la cantidad de óxido de hierro presente, aumentando o disminuyendo la plasticidad. Las piezas realizadas de esta arcilla excesivamente plásticas se romperían durante el secado y la cocción. Al encontrar el hombre tan finas arcillas sin los minerales contaminantes aprendió a adicionarles materiales sin plasticidad. Los Indios del Colorado, al igual que otros alfareros, consiguieron prevenir la ruptura, incorporando pequeños fragmentos de cerámica finamente triturada.

Estos minerales auxiliares también afectan al comportamiento durante la cocción, actuando la mayoría como fundentes. Un fundente muy potente es el óxido de hierro, presente invariablemente en las arcillas próximas a la superficie de la tierra, con las cuales el hombre estaba en contacto casi directo. En la búsqueda de refinamiento y perfección el alfarero se esforzó en conseguir cerámica blanca, lo que consiguió por primera vez cubriéndola con barniz opaco, el resultado fue la porcelana. Al volverse selectivo en la elección de arcilla, al incorporar mayores cantidades de materiales no arcillosos de cocción blanca como el pedernal, y al incrementar la temperatura de cocción produjo la loza de pasta blanca, porcelana, etc. Por otra parte utilizando arcillas ricas en contaminantes fundentes y cociendo a temperaturas lo suficientemente altas (1400 °C), consiguió productos no porosos los gres. Cuando, no obstante su arcilla así como los otros materiales eran de bajo contenido en óxidos de hierro, y la cocción era realizada a una temperatura muy alta el material no sólo era no poroso, sino también blanco y traslúcido, el logro supremo del alfarero.

3) Clasificación de las pastas cerámicas:

Una pasta cerámica es una mezcla de arcilla 50%, caolín 25% y feldespato 25% siendo esto el cuerpo del producto.

El nombre que se les da a las pastas depende en algunas ocasiones de características que presentan, tales como su color, textura o plasticidad, otras pueden llamarse por el uso que se les va a dar haciendo todo esto muy confuso, ya que pueden presentar en ocasiones diferentes nombres. En general las pastas cerámicas se clasifican de la siguiente manera:

Estos minerales auxiliares también afectan al comportamiento durante la cocción, actuando la mayoría como fundentes. Un fundente muy potente es el óxido de hierro, presente invariablemente en las arcillas próximas a la superficie de la tierra, con las cuales el hombre estaba en contacto casi directo. En la búsqueda de refinamiento y perfección el alfarero se esforzó en conseguir cerámica blanca, lo que consiguió por primera vez cubriéndola con barniz opaco, el resultado fue la porcelana. Al volverse selectivo en la elección de arcilla, al incorporar mayores cantidades de materiales no arcillosos de cocción blanca como el pedernal, y al incrementar la temperatura de cocción produjo la loza de pasta blanca, porcelana, etc. Por otra parte utilizando arcillas ricas en contaminantes fundentes y cociendo a temperaturas lo suficientemente altas (1400 °C), consiguió productos no porosos los gres. Cuando, no obstante su arcilla así como los otros materiales eran de bajo contenido en óxidos de hierro, y la cocción era realizada a una temperatura muy alta el material no sólo era no poroso, sino también blanco y traslúcido, el logro supremo del alfarero.

3) Clasificación de las pastas cerámicas:

Una pasta cerámica es una mezcla de arcilla 50%, caolín 25% y feldespato 25% siendo esto el cuerpo del producto.

El nombre que se les da a las pastas depende en algunas ocasiones de características que presentan, tales como su color, textura o plasticidad, otras pueden llamarse por el uso que se les va a dar haciendo todo esto muy confuso, ya que pueden presentar en ocasiones diferentes nombres. En general las pastas cerámicas se clasifican de la siguiente manera:

3.1.0) CERÁMICA POROSA .

3 1 1) Alfarería común { loza coloreada }

3 1 2) Loza blanca y semivítrea

3 1 3) Ladrillería

3.2.0) CERÁMICA NO POROSA .

3 2 1) Gres

3 2 2) China vítrea

3 2 3) Porcelana blanda

3 2 4) Porcelana dura

3 2 5) China de hueso

3 2 6) Especialidades electrónicas y altamente refractarias

3.1.0) CERÁMICA POROSA

3.1.1) Alfarería común:

Con frecuencia la arcilla es de origen local, su tratamiento y uso constituye una tradición. Los principios para la composición de tales pastas coloreada son los mismos que para loza blanca. Por otra parte las arcillas coloreadas tienden a vitrificarse a temperaturas más bajas que las de cocción blanca y por consiguiente necesitan menos fundentes.

3.1.2) Loza blanca y loza semivítrea:

La pasta porosa de cocción blanca constituye una pasta general en tres campos principales de aplicación, baldosas para paredes, vajillas y material sanitario. Las composiciones y materias primas varían ligeramente para estas tres clases, pero se aplican las reglas para toda cerámica fina, relativa a los cuidados en la elección de materias primas.

Puras de composición y granulometría conocida

La loza tradicional comprende tres tipos siguientes

- i) Loza calcárea, suavemente cocida: Arcilla 50 %, pedernal 35%, carbonato de calcio 15%.
- ii) Loza mixta, de cocción media: Arcilla 50%; pedernal 40%; carbonato de calcio 7.5% y feldespatos 2.5%
- iii) Loza feldespática: arcilla 50%; pedernal 45%; feldespatos 5%

De los fundentes calcáreos, el carbonato de calcio, y la caliza son los más comunes. La dolómita encuentra aplicación en este campo, y para material cocido a baja temperatura, del cono 03 al cono 1 [1040°C-1100°C] reduce la tendencia al agrietamiento debido a la humedad.

Los fundentes feldespáticos, piedra de Cornwall y piedra de Carolina, a los que puede añadirse sienita nefelina que posee un amplio campo de sinterización, se comienza a reblandecer a la temperatura de cono 2 [1120°C].

1.3) Ladrillería:

Para su elaboración se utiliza arcilla o una mezcla de arcillas naturales, la absorción de agua está comprendida aproximadamente entre un 5 y 20 %. Sus usos principales son la fabricación de ladrillos y baldosa.

La preparación de las pastas de ladrillería se hace por uno o más de los siguientes métodos:

- a) Empleo de la arcilla tal como se extrae, con o sin separación de material indeseable.
- b) Mezclado de varias capas superpuestas de diferentes arcillas en la proporción en que se encuentra, generalmente durante la operación de extracción.

c) Mezclado de varias capas superpuestas de diferentes arcillas en proporciones distintas a aquellas en que se encuentra naturalmente. En este caso las capas deben extraerse individualmente mediante terrazas adecuadas.

d) Adición de arena, chamota, pizarras de huleras u otros productos de desecho.

3.2.0) CERÁMICA NO POROSA

3.2.1) Gres:

El gres es básicamente una pasta densa pero económica. Es de color variable, impermeable pero opaco, rompiéndose con fractura concooidal o pétrea. Fabricado tradicionalmente con arcillas plásticas de grano fino, puede moldearse en piezas muy grandes.

El gres se subdivide en Gres fino, resistente al choque térmico, gres eléctrico y también Gres químico blanco.

3.2.1) GRES FINO:

Las pastas modernas mejor definidas que se utilizan para gres químico o vajillas de mesa son pastas compuestas por arcilla 30-70%, feldespato 5-25% y cuarzo 30-60%.

La proporción de la pasta que se cuece previamente y se cuece como chamota depende en parte del tamaño de las piezas a fabricar. Las piezas mayores requieren mas chamota a fin de impedir la deformación y el agrietamiento pero la pieza cocida resultante es un poco más porosa, 2,0-2,5% en comparación con 0,5%. Un mayor contenido de chamota reduce también la resistencia a la tracción resultante.

3.2.1.1) Gres blanco:

Requiere materia prima más pura y excluye cualquier posibilidad de contaminación. Una selección cuidadosa de las arcillas, feldspatos, cuarzos y una preparación correcta en condiciones óptimas de cocción da lugar a pastas de gres notablemente finas, las cuales son blancas con un completo grado de vitrificación y con absorción nula de agua

3.2.1.2) Gres eléctrico:

La necesidad de aislantes eléctricos de gran tamaño y de una sola pieza apunta hacia el empleo de pastas de gres. Desgraciadamente el gres, ordinario no presenta suficiente resistencia a la perforación. Sin embargo, esta propiedad depende no solo del espesor de la pieza sino también de su composición química y de la condición física de sus constituyentes. Se logran mejoras por introducción de dióxido de titanio y/o titanatos, obteniéndose mejores valores cuando están presentes conjuntamente compuestos férricos y titánicos.

3.2.2) China vitrea:

La porcelana vitrea posee una pasta blanca, opaca, vitrificada, con una absorción de agua comprendida entre 0 y 10%. Las pastas se basan en mezclas de caolines, arcillas grasas, cuarzo o pedernal y feldespato.

3.2.3) Porcelana blanda.

Son esencialmente pastas finas, blancas de color marfil y menos traslucidas fabricadas originalmente en Europa para simular la porcelana china importada. Se incluye un cierto número de tipos de composición diferente. Las temperatura de cocción están comprendidas entre los conos 7 y 12.

Las pastas contienen caolin, arcilla grasa, cuarzo y feldespato, algunas veces se

adiciona dolomita y carbonato de calcio

3.2.4) Porcelana dura :

Es una pasta pura, completamente vitrificada, traslúcida, resistente y dura. Es la más solicitada de las pastas triaxiales, y requiere materias primas muy puras, fabricación experimentada y cocción fuerte, entre los conos 12 y 15. La composición química de las pastas es la siguiente: Sílice 58-73 %, alúmina 18 -- 36 %, potasa 0 - 4%

3.2.5) China de hueso:

La porcelana de huesos puede clasificarse también como una porcelana blanda, es una pasta muy traslúcida de color marfil a blanco. La composición original de la pasta está constituida por: Ceniza de hueso 50%, caolín 25%, piedra de corwall 25%. Su temperatura de cocción va del cono 8 al 12.

3.2.6 Especialidades electrónicas y altamente refractarias:

La pasta para especialidades electrónicas es esencialmente vítrea susceptible de absorber la humedad de la atmósfera. Su resistencia mecánica es relativamente alta, generalmente se encuentra atornillada a metal o madera, etc. Para su elaboración se utilizan arcillas grasas y arcillas blancas de gres, pedernal calcinado o arena fina de cuarzo.

Las pastas altamente refractarias son utilizadas para la construcción de hornos, estufas, crisoles de fusión, etc. Están compuestas principalmente por aluminosilicatos, circon, óxidos de cromo, carburo, etc. solos o combinados según su uso.

PORCELANA:

1) Antecedentes

Los Chinos fueron los primeros que fabricaron porcelana, utilizaron como materia prima el cuarzo, la mica, y el caolín, reconociéndose este último como el esqueleto de la porcelana. A la pasta se le proporcionó la plasticidad necesaria mediante una larga maduración.

La porcelana es conocida en China desde el período Han [206 a de n. e.]. En la producción de porcelana China se destaca los períodos Tang [618-907], Sung [960-1279], Ming [1367-1643], Kang-hi [1662 - 1722], Kien- Lung [1723-1795] y el moderno 1795, por el desarrollo de formas y decorados, la porcelana alcanza su esplendor durante el período Kang-Hi.

En Europa, el alto precio de la porcelana china, introducida en los siglos XV -XVII, provocó que se hicieran imitaciones. Tales fueron la porcelana de Médicis, la porcelana Francesa fritada con adición de arcilla y creta de vidrio, porcelana de Reomur y otras. En 1709, el alquimista de la ciudad de Meissen, J. F. Boeter logró preparar el prototipo Europeo de porcelana mediante caolín, arena y creta, pero ya a partir del año 1720 la creta se sustituyó por feldespato y se obtuvo la porcelana dura. La manufactura se mantuvo en riguroso secreto.

En el siglo XVIII se desarrollaron importantes manufacturas y, posteriormente, fábricas en la misma ciudad de Meissen, famosa por su porcelana de Sajonia, en Viena [1718], en Chelsea [1730] y en Berlín [1740-1760].

En Rusia, la porcelana fue inventada en el año de 1746 por el Bergmeister D. L. Vinogradov, quien implantó la producción de porcelana en la factoría imperial situada en

las afueras de Petersburgo La composición de la porcelana es cuarzo calcinado 63%, arcilla 31%, arsénico 6% En dicha masa, el papel de desgaste lo desempeña el cuarzo, el del fundente el arsénico y el de aglomerante plástica, la arcilla .

2) Definición:

La palabra "Porcelana" tiene su origen en la palabra Italiana "Porcella", cuyo significado es "pequeño cerdo", caracol de mar Mediterráneo cuya concha es blanca y translúcida Marco Polo fue el primero en aplicar el nombre a la porcelana Sin embargo Solon [1907-8], un eminente alfarero y autoridad declaró una vez

"En la producción de un cuerpo de porcelana se han obtenido una curiosa similitud en apariencia externa mediante combinaciones diferentes de materiales consecutivos, por lo cual el término no admite una definición científica, que sería igualmente apropiada para numerosas variedades de alfarería "

Es por lo tanto un término colectivo que comprende todos los objetos cerámicos que son blancos y translúcidos, sin importar que ingredientes son utilizados para su fabricación o el uso para lo que están destinados

La porcelana es un producto cerámico vidriado La pasta es blanca, pero se vuelve en mayor o menor grado translúcida al aplicar el vidriado y su dureza aumenta con el grado de vitrificación, la resistencia química es elevada sólo los ácidos extremadamente fuertes, como el ácido fluorhídrico atacan la pasta

3) Propiedades:

Blanca y translúcida son características esenciales para que un cuerpo cerámico se denomine porcelana. Superficie blanca es aquella en la que el coeficiente de reflexión en cualquier sector del espectro visible es igual a la unidad. La blancura como fenómeno físico se caracteriza por la intensidad de la luz reflejada.

Los óxidos colorantes óxido de hierro y óxido de titanio, presentes como impurezas prácticamente en todos los tipos de materias primas colorean débilmente el bizcocho reduciendo sustancialmente la blancura y el valor comercial de la porcelana. El óxido de titanio intensifica la coloración al formarse la espinela ferrica de color oscura.

El grado de blancura de la porcelana varía con el aumento de la temperatura de cocción de forma peculiar, cerca de los 1250° C, la blancura baja del 80-75 % al iniciarse con intensidad la sinterización y disminuir la porosidad, seguidamente sube un poco gracias al desarrollo de fase mullita de cristal fino, después de lo cual vuelve a bajar como consecuencia del incremento de la fase vítrea, así como la disolución de una parte de cristales finos en la masa fundida y de la recristalización de otra parte en cristales de gran tamaño.

La translucidez de la porcelana se determina por la intensidad de la luz que pasa a través del bizcocho, un papel importante en la translucidez lo desempeña la estructura del cuarzo. Cuando más fino es el grano de cuarzo más translucidez se obtiene. No menos influencia tiene la finura del grano de caolín sobre la translucidez, las partículas finas de caolín producen pequeños cristales de mullita y la absorción de luz es mayor. Por esta razón el caolín de cristales grandes da un bizcocho más translucido. La retención prolongada de calor, seguida de un lento enfriamiento ayuda al desarrollo de mullita y cristobalita reduciendo la translucidez.

4) Clasificación de la Porcelana:

- 4.1) China semivítrea y China vítrea
- 4.2) Porcelana Blanda.
- 4.3) Porcelana de Huesos
- 4.4) Porcelana Dura.
- 4.5) Porcelana Eléctrica
- 4.6) Porcelana Química
- 4.7) Porcelana Rica en Mullita

4.1) China semivítrea y china vítrea:

La china vítrea y particularmente la china semivitréa, es translúcida. la principal característica de las dos es tan solo, la delgadez de sus paredes. La definición casi ha cesado de ser significativa, y los nombres dados a este tipo de objetos depende más de la situación geográfica, los de lenguaje, factores históricos y de asociaciones, que de los criterios técnicos. La designación “ China vítrea o vitrificada “ deriva de la noción popular, de que toda alfarería blanca debe ser china, y es un nombre inapropiado, dado que de acuerdo, tanto a la definición de los Estados Unidos como a la Gran Bretaña, China implica que el cuerpo es vítreo en cualquier caso

La China semivítrea, presenta una baja porosidad, aproximadamente 5-7 % La China vítrea se encuentra casi libre de poros abiertos o interconectados

En los Estados Unidos, la china vítrea o semivítrea junto a la loza son el tipo básico de alfarería [o más bien “ loza blanca “], producida. Los ingredientes son generalmente los siguientes: 47.5% de arcilla, 37.5% de cuarzo, 15% de feldespato, aunque el feldespato a sido reemplazado por siemita nefelinita

La mayoría de los tipos de alfarería, el cuerpo de china semivítrea y vítrea es primero madurado a alta temperatura [1100 o 1120 °C], el esmalte es madurado a baja temperatura [500-1100 °C]. La china semivítrea y aún más la china vítrea es resistente mecánicamente, superando a la porcelana dura y a la loza. La superficie del esmalte es mejor que el usado para la loza debido a la densidad del cuerpo, y más brillante que el usado en la mayoría de las porcelanas duras, la microestructura de la china vítrea es más cercana a la loza que a la porcelana dura [bien cocida].

Esta pasta se ha desarrollado en gran parte por razones utilitarias a fin de disponer de un material resistente y relativamente impermeable, que pueda convertirse fácilmente en material sanitario y loza.

Las pastas de porcelana vítrea se basan en mezclas de caolines, arcillas grasas, cuarzo o pedernal y feldespato, cierto número de variedades de nefelina sienita en lugar de feldespato. Con frecuencia se emplea carbonato cálcico [blanco de España] y ocasionalmente talco. La temperatura de cocción varía desde el cono 5 al 12, siendo los más usuales el cono 8, 9 y 10.

4.2) Porcelana blanda:

Porcelana blanda es el término que abarca cierto número de pastas diferentes, todas las cuales son vítreas, blancas y translúcidas, se vitrifican por debajo del cono 12 y la mayoría lo hacen en la cocción a bricocho y subsiguientemente se esmalta a una temperatura menor. La porcelana blanda se subdividen de acuerdo a las materias primas que las componen, en porcelana Seger, porcelana doméstica americana, porcelana eléctrica británica, porcelana de fritas, porcelana de Bellek, porcelana fina Americana, material de jaspe, etc.

y con frecuencia se utiliza prensado en seco. Por el contrario, no son importantes el color ni la apariencia.

4.6.0) Porcelana química:

Resistencia química, mecánica y al choque térmico son características que requiere una porcelana para ser utilizada en laboratorios e industrias químicas, si bien presenta importancia también la blancura. Para obtener estas características es necesario eliminar el cuarzo libre de la pasta cocida, si ese tiene un contenido de sílice elevado puede introducirse en forma de vidrio de sílice, el cual tiene un bajo coeficiente de expansión.

Se logra una mayor resistencia mecánica aumentando el contenido de alúmina más allá del obtenido mediante el empleo de caolín y feldespato; puede añadirse hidróxido de aluminio, alúmina o un mineral de silimanita.

Es necesaria una cocción a temperatura elevada combinada con un prolongado periodo de recalentamiento para lograr la disociación máxima del cuarzo y su conversión en mullita. Las porcelanas cocidas al cono 13-14 presentan coeficientes de expansión notablemente mayores que las cocidas a cono 9.

4.7) Porcelana rica en mullita:

Para obtener porcelanas de mejor resistencia al choque térmico, mejor índice de refracción y mayor conductividad térmica se deben considerar siguientes condiciones:

- 1 - La pasta cocida no debe contener en absoluto sílice libre, ya sea en forma de cuarzo, cristobalita o tridimita.
- 2 - La pasta cocida deberá contener un mínimo de matriz vítrea y un máximo de cristales de formación reciente.

Su temperatura de cocción va desde el cono 18 al 32.

5) Fabricación de Porcelana

a) Materias primas

1 -Caolín

2 - Cuarzo

3 - Feldespato

b) Técnicas de refinamiento

1 - Calcinación

2 - Trituración

c) Preparación de la pasta

1 - Amasado

2 - Prensado

3 -Agitado (barbótina)

d) Métodos de moldeo

1.- Torneado

2 - Usando moldes

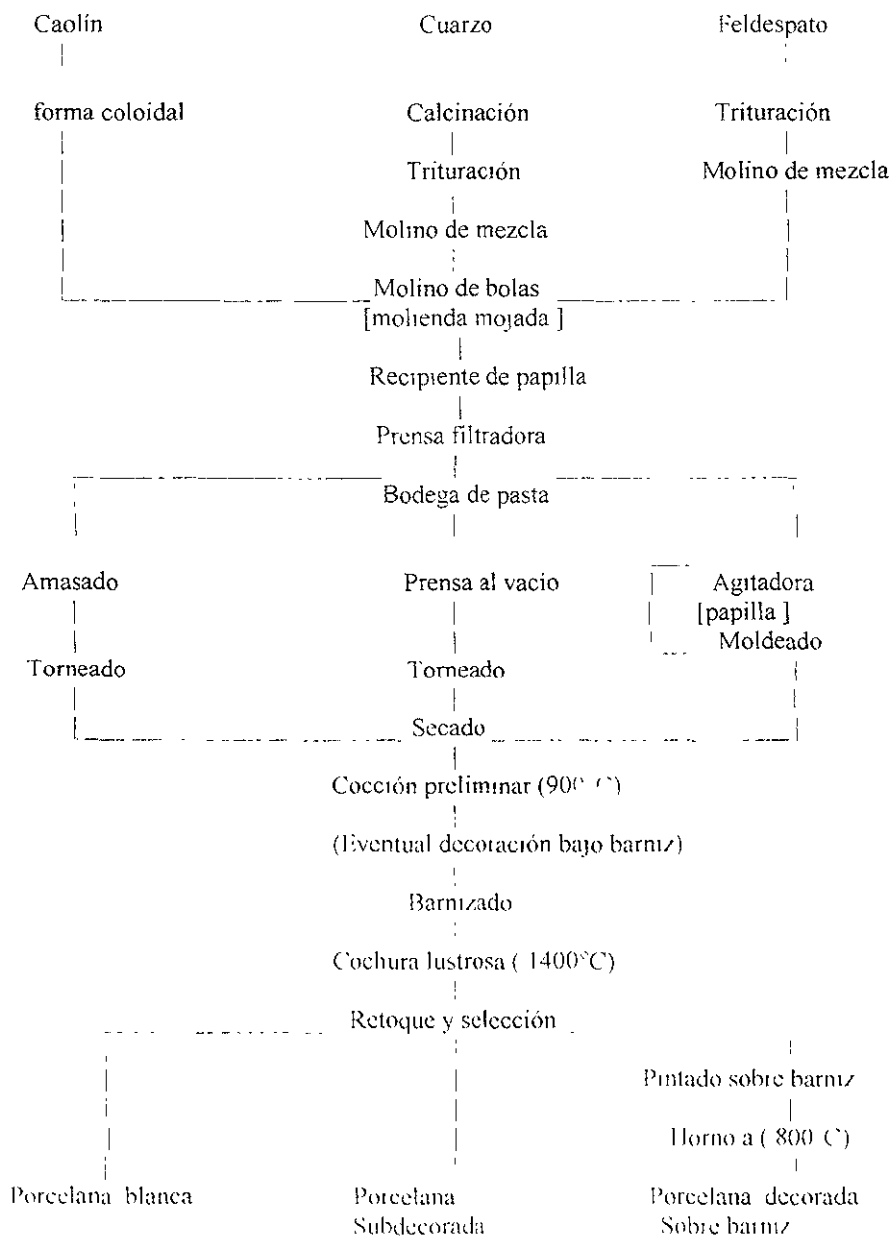
b) Tipos de decoración:

1 - Sin decorar

2 -Bajo barniz

3.- Sobre barniz

5.1.5 Líneas principales en el proceso de producción:



CAMBIOS QUÍMICOS EN MATERIALES CERÁMICOS

1 Cambios químicos a temperatura ambiente:

Las reacciones químicas que suceden a temperatura ambiente dependen de la acción del agua, ácidos y sustancias alcalinas presentes en el material cerámico

1.1 ACCIÓN DEL AGUA

El agua *no reacciona rápidamente a temperatura ambiente, sin embargo, cuando se encuentran presentes, óxidos metálicos, como el magnesio, hierro y dolomita son hidrolizados*

El agua es un intermediario a través del cual los constituyentes del material cerámico puede encontrarse activamente. El efecto más importante en caolines es la habilidad para formar iones solubles, esto es de gran importancia, influye en la textura. El tipo y concentración de cationes absorbidos es determinado por la naturaleza del caolín. Los caolines naturales están constituidos por óxidos de hierro (en pequeñas cantidades como impurezas), el óxido de hierro es convertido en hidrato y la pirita, es oxidada y forma sulfatos

1.2 Acción de los ácidos:

Los ácidos orgánicos e inorgánico con frecuencia son producidos por la acción de algunas bacterias en carbonatos y pueden atacar directamente, caolines con los que se encuentran en contacto. Algunos ácidos disuelven ciertas sustancias químicas en caolines, y alteran su composición química así como su estructura física. Los álcalis y sustancias férricas son atacadas rápidamente. El ácido clorhídrico ataca sustancias calcáreas y ferrosas, incluyendo la dolomita, magnesita, calcita, óxidos de hierro, clorita, leucita, apatita, fosfatos, sulfitos, etc

El ácido sulfúrico reacciona energicamente cuando se encuentra concentrado y caliente, ataca caolines y otros materiales hidratados, como los aluminosilicatos. Cuando el caolín es calentado con ácido sulfúrico, durante un tiempo prolongado, el caolín se descompone en sílice y se forma el sulfato de aluminio. El ácido fosfórico, ataca el gluciado de sílice y algunos silicatos a temperaturas por arriba de los 400°C, formando el correspondiente fosfato.

La sílice calcinada y cristalizada es difícilmente atacada por el ácido fosfórico por debajo de los 300°C, pero la sílice precipitada es atacada a baja temperatura.

El ácido fluorhídrico descompone algunos minerales silíceos que no son atacados por otros ácidos, formando el fluoruro de silicio.

La sílice es muy resistente a casi todos los ácidos, a excepción del ácido fluorhídrico y al ácido fosfórico a altas temperaturas.

1.3 Los álcalis

Los compuestos alcalinos, usualmente se combinan con ácidos, pero su acción en frío con los silicatos y aluminio-silicatos es débil, con silicatos cristalinos es difícil que haya reacción. La sílice, es soluble, en condiciones alcalinas.

El efecto de la presión puede provocar que el caolín u otros materiales cerámicos pueden ser afectados por la acción de agua, ácidos y álcalis.

2 - Cambios que ocurren a altas temperatura:

Los cambios químicos que ocurren al aumentar la temperatura dependen de los siguientes factores:

a) Composición mineralógica de los materiales.

- b) Composición química
- c) Tamaño y distribución de los minerales
- d) Área de contacto de las partículas que reaccionan
- e) La cantidad de calor en cada período
- f) Temperatura máxima durante el calentamiento
- g) Duración del calentamiento en cada período
- h) Atmósfera circulante durante el calentamiento del material

Las principales reacciones que ocurren en materiales cerámicos cuando son calentados se clasifican en general, de la siguiente manera

- i) Reacciones que sólo dependen del efecto del calor y de sustancias simples.
 - a) Disociación
 - b) Rearreglo de átomos
 - c) Descomposición
- ii) Reacciones que dependen de 2 o más constituyentes de la mezcla, incluyendo sustancias presentes como impurezas o adicionadas a propósito, como catalizador
 - a) Descomposición unitaria
 - b) Doble descomposición
 - c) Combinación directa
- iii) Reacciones que dependen de la presencia de un gas, tal como el oxígeno atmosférico, que causa oxidación, o monóxido de carbono que puede causar reducción. El gas se puede formar por acción del aire, sobre uno o más constituyentes del material cerámico (como los carbonatos presentes en las arcillas), o puede ser introducido directamente en forma gaseosa

CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN DEL CAOLÍN A ALTAS TEMPERATURAS:

A) Reacciones en las que interviene el caolín:

- 1 - Pérdida de agua higroscópica y de hidratación
- 2 - Reacciones de descomposición
 - a) En la pérdida de el agua de combinación
 - b) En la descomposición de las oxi-sales
 - c) Durante el Proceso de oxidación
 - d) Durante el Proceso de reducción
- 3 - Reacción de reformación
 - a) En la recristalización
 - b) En la recombinación.
- 4 - Formación líquida
- 5 - Cambios en el enfriamiento

El punto al que llegue la reacción, de una arcilla dependen de la naturaleza de los minerales presentes y de la temperatura a la que se le someta

1.-Pérdida de agua higroscópica y de hidratación:

La pérdida del agua higroscópica generalmente, cerca de los 100° C. La liberación depende del tamaño de grano de los minerales contenidos en el caolín, la medida es asociada con el de superficie

El agua higroscópica retenida en el caolín es función de la humedad atmosférica. El agua de hidratación es el agua de cristalización asociada con sales y cationes en el caolín

La pérdida de agua durante el calentamiento a 110°C . se debe a una reacción de deshidratación, la pérdida total de agua se da mediante una reacción de disociación o descomposición, a temperatura más alta. La pérdida de agua en algunos caolines se da entre 110°C y 640°C

La temperatura con que se mueve es variable y depende de la combinación del agua con los minerales típicos del caolín

2.- Reacción de descomposición:

a) Pérdida del agua de combinación

Algunos de los minerales asociados a caolines, contienen agua como parte inherente de su estructura. Al aumentar la temperatura estos minerales se descomponen a una temperatura específica, con la consecuente pérdida de agua

Las reacciones de este tipo generalmente son lentas y la pérdida de agua se da en el intervalo de temperatura, en la que empieza a aumentar. Por ejemplo La caolinita se descompone a 415°C , manteniéndola a esa temperatura durante una semana, en cambio a 550°C el agua se pierde en unos 30 min

La pérdida de agua depende de la estructura cristalina del mineral y de el número de grupos hidroxilos unidos. Cuando los minerales se descomponen con la consecuente pérdida de agua, el producto sólido resultante, es una mezcla de componentes óxidos

b) Descomposición de oxi-sales

Algunos minerales presentes en el caolín, se descomponen en el calentamiento. Los carbonatos y sulfatos son oxi-sales, se descomponen en dióxido de carbono y trióxido de sulfato respectivamente

Los caolines de origen marino generalmente contienen carbonato de calcio, su temperatura de descomposición es a los 880°C , pierde un peso de 44%. El carbonato de

magnesio. $MgCO_3$, que se encuentra en el mineral dolomita $(Ca,Mg)CO_3$, se descompone en dióxido de carbono a $790^\circ C$ con pérdida de peso de 52.4%

d) Proceso de oxidación

En general se define como una pérdida de oxígeno, formando compuestos conocidos como óxidos

Más estrictamente, la oxidación es un cambio de cargas en término de electronegatividad, en un compuesto se incrementa, por ejemplo en la conversión de Cu_2O a CuO (óxido cuproso a óxido cuprico) o $FeCl_2$ a $FeCl_3$ (cloruro ferroso a cloruro ferrico). Las reacciones de oxidación son de gran importancia en la industria cerámica, por ejemplo

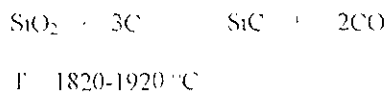
1) La conversión de impurezas durante el proceso de cocción, dentro del cual pueden ser movidos, convertidos a gas o sustancias solubles

2) La oxidación de compuestos férricos, para desarrollar el color rojo en la manufactura de ladrillos, terracotas etc

3) Proceso de reducción

La reducción de una sustancia, consiste en el incremento de carga electrónica electro-negativa

La reducción toma un papel importante en los procesos químicos, por ejemplo



Proceso de reducción en un material refractario

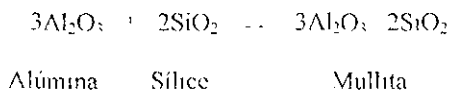
3.- Formación cristalina:

a) Reaccion de recristalización

Es aquella donde, óxidos individuales, cambian de estructura atómica y originando compuestos cristalinos. Por ejemplo. La alúmina Al_2O_3 , a temperatura ambiente, no tiene estructura cristalina, al aumentar la temperatura a $500^\circ\text{C} - 1000^\circ\text{C}$ cambia a la estructura cristalina (γ) y a temperaturas más altas cambia a la forma (α) conocido como corindón.

b) Reacción de recombinación

Es aquella donde dos o más componentes cristalinos, se combinan y forman otros compuestos cristalinos. La reacción se lleva a cabo en estado sólido y también se puede dar el fenómeno de recristalización; estas reacciones se llevan a cabo muy lentamente. Por ejemplo en un sistema arcillosa, la alúmina se combina con la sílice, dando como producto mullita.



4.4) Formación líquida:

La formación líquida, comienza a la temperatura del punto eutético de los componentes en la mezcla, y con el aumento progresivo de la temperatura, la fase líquida se incrementa rápidamente. Los minerales alcalinos o arcillas con alto poder de absorción, y cationes alcalinos, empiezan a fundirse a bajas temperaturas. Las mezclas de sodio, alúmina y sílice, por ejemplo, tienen un punto de fusión de 732°C ; en cambio, la mezcla con potasio reemplazado por sodio, muestra un punto de fusión de 695°C .

CAMBIOS QUÍMICOS DURANTE LA COCCIÓN:

Sistema triaxial (álcali-alúmina-silice):

El cambio más importante que sucede es la ruptura inicial de la red de caolinita. Esto significa, que ocurre una pérdida de agua por evaporación. La primera interacción entre los constituyentes tiene lugar cuando el feldespato empieza a fundirse alrededor de los 1010°C - 1100°C (dependiendo de la proporción de álcalis). Este disuelve entonces una apreciable cantidad de cuarzo introducido en el cuerpo. Así como la cristobalita desarrollada como resultado de la ruptura de la red de caolinita. Esta reacción aumenta la viscosidad de la colada. El aumento de temperatura, no obstante, tiende a contrarrestar el efecto de la sílice sobre la viscosidad.

Simultáneamente a la disolución del cuarzo, se forman pequeños cristales "escamosos" de mullita de las partículas de arcilla, durante la ruptura de la red de caolinita. La formación de mullita es acelerada por óxidos de alcalí presente.

Si estas reacciones se detiene a 1100 - 1150°C , la fase líquida es muy viscosa y quedarían poros abiertos, pero los cristales de sílice y mullita formarían una fuerte unión.

Si se permite que las reacciones continúen hasta 1200 - 1250°C , estará presente la superficie fase líquida para penetrar prácticamente en todos los intersticio interparticulares, de modo que el cuerpo se vuelve lo suficientemente denso.

Cuando la temperatura se incrementa, aproximadamente a 1280°C , crecen los cristales de mullita en forma de agujas (mullita secundaria) mucho mayores que los cristales escamosos derivados de la arcilla. El crecimiento de estos cristales provoca que la fase vítrea se vuelva menos viscosa. Esta fase más reactiva disuelve los cristales libres de sílice.

hasta que todos han desaparecidos. Racimos de cristales de mullita en forma de agujas son entonces los únicos cristales visibles bajo el microscopio óptico. Cuando esto sucede, se ha obtenido porcelana de laboratorio, resistente a un alto choque térmico, con su contenido inicial bajo en feldespato y cuarzo.

CAMBIOS FISICOS QUE OCURREN A ALTAS TEMPERATURAS:

Los cambios físicos que se originan al incrementarse la temperatura son los siguientes:

- a) Cambio en las temperaturas de la masa
- b) Cambio en el estado del material
- c) Cambio en el volumen
- d) Cambio en la porosidad del cuerpo cerámico
- e) Cambio en la gravedad específica del material
- f) Cambio en la textura

a) Cambios en la temperatura de la masa:

El cambio de temperatura es un fenómeno puramente físico, donde se transfiere calor de un cuerpo frío a uno caliente. El calor es energía que puede originarse por conducción y radiación en cuerpos sólidos (materiales cerámicos). La conducción tiene lugar cuando un cuerpo frío se encuentra en contacto con otro caliente o cuando gases calientes circulan alrededor de la masa; el grado de conducción es directamente proporcional a la temperatura.

El calor que se origina por radiación es similar a la luz que puede ser transmitida en forma de energía con una cierta longitud de onda y frecuencia. El calor se transfiere a través de un medio que puede ser aire o gas. La absorción de calor depende de la naturaleza del material que absorbe y también el medio que lo transfiere.

El calor específico de cada material, determina la capacidad de absorción de calor. Unos cuerpos necesitan más, otros menos para mantenerse a cierta temperatura.

La difusión térmica de los cuerpos o el grado de calor transmitida a otros cuerpos o materiales cerámicos, así como los cambios exotérmicos, endotérmicos y el calor específico son factores que determinan un cambio en la temperatura durante el proceso de cocción. Las reacciones químicas que ocurren al aumentar la temperatura van acompañadas por una absorción o liberación de energía, originando una descomposición o recombinación. Cambios de estado de sólidos a líquidos o de líquidos a gas.

b) Cambio de estado de el material:

El calor es un factor importante en el cambio de estado de sólido a líquido. La formación del estado líquido en un material es verdaderamente un cambio físico, pero en un material de composición compleja, la licuefacción va acompañada por un cambio químico.

El cambio de materiales cerámicos en estado vapor es simplemente un cambio físico. Por ejemplo en la descomposición química por reducción de sílica a monóxido de silicio o silicón son volatilizados a altas temperaturas pero se vuelven a oxidar y son depositados como un polvo blanco.

La fusión de algunos componentes en materiales cerámicos altera las características físicas de las sustancias. Cambios en el tamaño, textura y apariencia. La vitrificación también puede ser alterada drásticamente en el color.

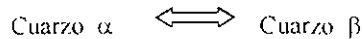
c) Cambios en el volumen:

Un cambio de volumen es originado al aumentar la temperatura, se da un incremento en el volumen de las sustancias, una expansión o concentración de los materiales.

Los cambios de volumen producidos por el calor, se dividen en dos grupos: reversibles e irreversible.

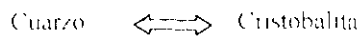
1.- Los cambios reversibles

Son aquellos, en el cual el volumen de las sustancias se altera al aumentar la temperatura; pero vuelve a su volumen original cuando regresa a su temperatura inicial. Por ejemplo la inversión del cuarzo.



2.- Cambios irreversibles

Se originan al aumentar la temperatura, pero el volumen inicial no se recupera al bajar la temperatura. Este cambio se debe a la formación de sustancias con diferente gravedad específica; por ejemplo la conversión del cuarzo a cristobalita.



Los cambios reversibles se clasifican en Aquellos que dependen del coeficiente normal de expansión o contracción térmica de cada material y los que van acompañados de reacciones químicas

El coeficiente de expansión térmica o contracción es expresado con una fracción de longitud, de área o volumen de la sustancia cuando la temperatura a aumentado 1°C .

El coeficiente de expansión lineal representado por "a", la longitud original por L_0 a una temperatura de 0°C , Y L_t a una temperatura $T^{\circ}\text{C}$ la ecuación original es

$$L_t = L_0 (1 + aT)$$

Si la longitud es unitaria, la expansión será $(1 + a)$ y la expansión en volumen será $(1 + 3a)^3$ o $1 + 3a + 3a^2 + a^3$.

Las principales causas de cambio en volumen se deben a :

- 1) La naturaleza y composición de la mezcla cerámica.
- 2) Al tratamiento previo
- 3) Al tamaño del grano
- 4) La presión aplicada al moldear los objetos.
- 5) Proporción de agua usada para mezclar los componentes de la mezcla
- 6) Temperatura a la cual el material es calentado
- 7) Porosidad del material

d) Cambio en la porosidad del cuerpo cerámico

- 1) Cambios en la permeabilidad

La permeabilidad esta estrechamente asociada con la porosidad, pero éstas dos propiedades son distintas con frecuencia se presta a confusión. Un cuerpo permeable es

aquel que contiene un gran número de poros abiertos, gases o líquidos que pueden pasar a través de ellos. Un cuerpo poroso no es necesariamente permeable.

ii) Cambios en la porosidad

La porosidad se define como una proporción total de poros o intersticios en un cuerpo o masa aglomerada. Lo fino del grano es un factor importante en cambios de porosidad, cuando se somete a altas temperaturas, también incrementa la rapidez de las reacciones que se llevan a cabo. A alta temperatura, los materiales con partículas pequeñas se funden rápidamente; los líquidos formados llenan los intersticios, reduciendo la porosidad.

La porosidad de un cuerpo puede aumentarse o disminuirse conforme se aumenta la temperatura, dependiendo de la composición y de los minerales presentes.

La porosidad de un cuerpo en general puede ser incrementada, cuando los componentes presentes se volatilizan, evaporan o descomponen con liberación de gas a una determinada temperatura. Durante el secado de cuerpos cerámicos, el agua que se evapora se encuentra llenando los poros del cuerpo, al evaporarse es reemplazada por aire, formándose una superficie porosa.

Los carbonatos y otros constituyentes orgánicos incrementan la porosidad cuando se oxidan. Los cuerpos porosos pueden ser producidos artificialmente por la incorporación de un combustible, tal como el coque finamente molido. Las reacciones de composición liberan gas, incrementan la porosidad de la masa. La destrucción de las arcillas minerales y otras sustancias hidro, combinadas con la disociación, de los carbonatos tienden a manifestar su máxima porosidad en los cuerpos a 880°C.

Una gran reducción en la porosidad se logra, usando feldespato de grano fino quemándolo a altas temperatura. Cuando la temperatura de cocción es alta se asegura la fusión de los componentes arcillosos, se alcanza el estado líquido y tanto se cierran los poros.

La sinterización o crecimiento de cristales, logran reducir la porosidad, sin embargo; a temperatura arriba de 1500°C, se reduce casi totalmente (porcelanas y óxidos refractarios)

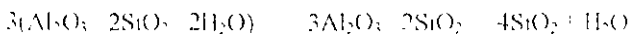
e) Cambios en la gravedad específica:

Cuando a un material se le cambia la temperatura, también cambia la gravedad específica o la densidad del cuerpo.

La verdadera gravedad específica de un material es el promedio del valor de la verdadera densidad de los materiales presentes. Si la cantidad de cada material en la mezcla se conoce, el promedio de la gravedad específica puede ser calculado. Por medio de la aritmética se puede evaluar los componentes, también aquellos cambios que ocurren durante el calentamiento. Por ejemplo la caolinita, tiene una gravedad específica de 2.615. Durante su calentamiento se disocia forma mullita y cristobalita de acuerdo con la siguiente ecuación:

Mullita (gravedad específica 3.03)

Cristobalita (gravedad específica 2.32)



El peso de mullita y cristobalita en el producto tiene valor de 426 y 240 respectivamente. La gravedad específica final es.

$$\frac{426 \times 3.03 + 240 \times 2.32}{426 + 240} = 2.77$$

Los cambios en la densidad de los cuerpos cerámicos durante el calentamiento depende del cambio en la gravedad específica y la porosidad de las masas como un todo

g) Cambios en la textura del cuerpo:

La textura es relativa al tamaño, a la forma de las partículas y a la porosidad de la masa, un cambio en ella, es consecuencia de un cambio físico o químico, que se da cuando aumenta la temperatura.

Algunos otros cambios que se producen al aumentar la temperatura son la dureza, lo compacto de sus partículas y otros que involucran un cambio en sus propiedades térmicas, ópticas y eléctricas

VIDRIADO:

1. Propiedades del vidriado:

Los vidriados para cerámica tiene propiedades distintas en cada una de sus diferentes formas o estados bien como polvo, barbotina, capa seca, masa fundida o capa vitrificada naturalmente con sus otras propiedades respectivas, sobre las que el ceramista puede influir a través de la elección de las materias primas, de la forma de preparación, la aplicación, las condiciones de la cocción y el enfriamiento, así como mediante el soporte para el vidriado (pasta cerámica)

En el estado crudo las propiedades están determinadas principalmente por la composición mineralógica de las materias primas utilizadas y por las características propias de las mismas sobre todo, su comportamiento en suspensiones acuosas, así como por la clase e intensidad de la molienda y preparación de la mezcla vítrea. Aquí tiene un papel importante la capacidad de adsorción de algunas de las materias primas, la capacidad de retener agua, así como la posibilidad de hidrólisis de ellas.

En forma de polvos los vidriados suelen poder utilizarse sin problemas. Los polvos que entre otras cosas, también se pueden espolvorear como tales sobre superficies cerámicas, han de fluir bien, representar una mezcla homogénea y no debe aglomerarse, lo que puede suceder, sobre todo con vidriados ricos en álcalis y polvos con elevado contenido de magnesita, cuando absorben humedad del aire. Los polvos con elevado contenido de magnesita, cuando absorbe humedad del aire. Los polvos del vidriado pueden desmezclarse, se agitan cuando se componen de partículas de peso o formas diferentes por ello es preferible que tengan una estructura granular uniforme y que los componentes de

peso específico especialmente alto. Como polvos, lo mejor es barbotina seca a punto de pulverización.

Como suspensiones acuosas fluidas (barbotina de vidriado) los vidriados son más o menos viscosos, según sea el contenido de sólidos. El contenido de partículas sólidas se caracteriza por el peso por litro de barbotina. Las sustancias muy melchables producen una gran contracción por secado de la capa de vidriado. Variaciones indeseables se pueden evitar procurando que la barbotina siempre tenga el mismo peso por litro. Los pesos por litro corrientes se hallan entre los 1300 y los 1900 g. Pero también son importantes los efectos electrónicos, sobre todo de las materias primas con mayor contenido de Na_2O o bien K_2O , los cuales se intensifican cuando se emplean las materias primas en forma de harinas molidas muy finamente o cuando se muele intensamente la barbotina del vidriado y se deja reposar por largo tiempo.

La correcta consistencia de la barbotina del vidriado pero también debido a ello su velocidad de absorción y el espesor de la capa, el vidriado, se aplica por inmersión, vertido o centrifugado, y por esta razón, la adherencia de la capa seca, puede regularse en muchos casos con aditivos de efectos electrónicos, que se caracterizan por sus propiedades huedoras. Los desflocurantes hacen que las partículas más pequeñas se aglomeren para formar agregados algo mayores, lo equivalente a un espesamiento de la barbotina y ayuda a que el agua de la mezcla penetre con rapidez en los capilares de la de la pasta cerámica porosa. En determinados casos se puede evitar a corto plazo una sedimentación rápida de las sustancias sólidas en las barbotinas muy alcalinas, mediante neutralización. El mojado de la pasta cerámica por una barbotina de vidriado acuosa, está influenciada sobre todo por la estructura de la superficie de la pasta.

Como capa en proceso de secado y ya seca, la capa de vidriado se compone, es ésta fase, de una mezcla porosa, más o menos suelta, de distintos tamaños de grano, con una cohesión interna escasa la mayoría de las veces

2 Proceso de secado:

El revestimiento de vidriado que se ha aplicado presenta una gran contracción por secado, cuando la mezcla del mismo se compone, principalmente de materias primas arcillosas o cuando contiene mayores cantidades de materia primas hinchables tales como óxido de zinc o sepiolita. La contracción por secado disminuye cuando mayor es la cantidad de materias primas no plásticas (cuarzo, feldespatos, carbonatos alcalinotérreos, etc) y cuando menos se han molido las materias primas o barbotinas para vidriados

Puede evitarse una importante contracción de la capa de vidriado que esta secando si se aplica la barbotina con una pistola de pintar, de tal forma que las distintas gotitas seque inmediatamente sobre la superficie de la pasta antes de que se puedan formar una película *mojada coherente*

Puede influirse de diversas maneras sobre la adherencia de la capa de vidriado crudo, seca antes de la cocción

1 - Mediante una cantidad suficiente de materias primas arcillosas en la mezcla, la cual, sin embargo, no debe ser tan grande que aparezca una elevada contracción por secado. Por esto se intenta generalmente tener como mínimo un 10% de arcilla o caolin en la mezcla del vidriado

2 - Con la adición de adhesivos orgánicos, tales como azúcar, dextrina, leche, cerveza, albúmina, almidón, adhesivo de celulosa, goma arábiga, etc

Que puede aumentar la adherencia, pero también alteran la adsorción y la contracción de secado de la barbotina sobre la pasta, a veces de forma indeseada. Este aumento de la adherencia no la produce tan sólo el efecto adhesivo, sino también un desprendimiento más lento de agua de la barbotina, a causa de la obstrucción de las entradas de los poros de la pasta.

VITRIFICACIÓN DE PORCELANA DURA:

La porcelana dura vitrifica casi siempre sobre la cocida en atmósfera oxidante de 900°C a 1000°C. Se emplean vitrificantes térreos, cuya composición se adapta ampliamente al vidrio que posee la piedra de porcelana.

La cocción lisa de la porcelana dura se desarrolla en los siguientes pasos:

- 1) La cocción oxidante de 900-1000°C
- 2) Reducción 1000- 1350°C
- 3) Atmósfera inerte ligeramente reductora a partir de la temperatura de cocción compacta hasta el enfriamiento a 100°C
- 4) La oxidación durante el enfriamiento

i) La lentitud al enfriamiento del producto cocido a 700-800°C, es decir, en la zona del punto de transformación del vidrio de feldespato, ya que de lo contrario existe peligro de ruptura.

ii) El mantener durante mucho tiempo a la temperatura de cocción para tener una homogeneidad en la pasta.

iii) La formación de grietas debidas a coeficientes de dilatación térmica elevado del vitrificante o por cocción deficiente.

DISEÑO FACTORIAL

El diseño factorial es utilizado en experimentos, en los que intervienen varios factores, para estudiar su efecto conjunto de éstos sobre una respuesta. Es de gran utilidad, valor práctico: porque constituye la base para otros diseños. Cuando se tiene k factores, cada uno con dos niveles, estos niveles pueden ser cuantitativos o cualitativos. Cuantitativo, sería el caso de dos niveles de temperatura, de concentración, presión o de tiempo. Los cualitativos, sería el caso de dos máquinas, dos operadores, los niveles "superiores" e "inferior" podría ser la ausencia o presencia de un factor.

El diseño 2^k es particularmente útil en las primeras fases del trabajo experimental, cuando es probable que haya muchos factores por investigar. Conlleva al menor número de corridas con las cuales pueden estudiarse k factores en un diseño factorial completo, debido a que sólo hay dos niveles para cada factor, debe suponerse que la respuesta es aproximadamente lineal, en el intervalo de los niveles elegidos de los factores.

El diseño 2^4 , cuando cada factor está en dos niveles, dan como resultados 16 ensayos, en los que se encuentra combinados, los nivel "superior" e "inferior" de los 4 factores, ya sean éstos, temperatura, concentración, etc (Fig. 1)

Fig. 1. Diseño factorial 2^4

		A_1		A_2	
		B_1	B_2	B_1	B_2
C_1	D_1	1	2	3	4
	D_2	5	6	7	8
C_2	D_1	9	10	11	12
	D_2	13	14	15	16

DISEÑO DE PLACKETT-BURMAN

Estos diseños, atribuidos a Plackett-Burman (1946), son diseños factoriales fraccionarios de dos niveles, utilizados para estudiar $K - 1$ variables en N ensayos, en donde N es un múltiplo de 4. Los diseños factoriales fraccionales tienen la propiedad de ortogonalidad. Si tomamos dos columnas cualquiera, entonces a los $N/2$ signos más de una le corresponde $N/4$ signos más y $N/4$ signos menos de la otra. Lo mismo ocurre con los signos menos. Admitiendo que todas las interacciones son despreciables, estos diseños permiten estimar sin sesgo todos los efectos principales de las $N - 1$ variables principales y con la mínima varianza. Sin embargo, los diseños obtenidos por plegamiento a partir de ellos son de resolución IV.

Fig. 2. Diseño de Plackett-Burman para $N = 10$, $K = 9$.

No	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	+	-	+	+	+	+	+	+
4	-	-	+	+	-	-	-	-	-
5	+	-	-	-	-	+	+	+	+
6	-	+	+	+	+	-	-	-	-
7	+	-	-	-	-	+	+	+	+
8	-	+	+	+	+	-	-	-	-

9	-	+	+	+	-	+	-	+	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(ACORTADA SEGUN LAS VARIABLES EXPERIMENTALES CON LAS QUE SE TRABAJARON)

OBJETIVOS:

- 1.- Obtención de una Porcelana Química, resistente a choques térmicos, a soluciones ácidas y básicas; cuya cocción sea a 1200 °C
- 2.- Obtención de un vidriado, resistente a choques térmicos, a soluciones ácidas y básicas de cocción a 1200 °C

HIPÓTESIS :

1 - Si se logra reducir el punto de fusión de los componentes de la pasta (feldespato de potasio, caolín, y cuarzo), al adicionar ácido bórico (como fundente), se tendrá una " Porcelana química " La Porcelana Química obtenida presentará cristales de mullita

2 - Por su contenido en óxidos de bajo punto de contracción, el vidriado, presentará similitud con el índice de contracción de la pasta, entonces después de la cocción la pieza vidriada no presentará grietas

3 - Por su contenido de circonio, la pieza esmaltada deberá ser más resistente que la porcelana sin vidriar, a choques térmicos, a soluciones básicas y ácidas

OBJETIVOS:

- 1.- Obtención de una Porcelana Química, resistente a choques térmicos, a soluciones ácidas y básicas, cuya cocción sea a 1200 °C
- 2.- Obtención de un vidriado, resistente a choques térmicos, a soluciones ácidas y básicas de cocción a 1200 °C.

HIPÓTESIS :

1 - Si se logra reducir el punto de fusión de los componentes de la pasta (feldespato de potasio, caolín, y cuarzo), al adicionar ácido bórico (como fundente), se tendrá una

“ Porcelana química ” La Porcelana Química obtenida presentará cristales de mullita

2 - Por su contenido en óxidos de bajo punto de contracción, el vidriado, presentara similitud con el índice de contracción de la pasta, entonces después de la cocción la pieza vidriada no presentará grietas

3 - Por su contenido de circón, la pieza esmaltada deberá ser más resistente que la porcelana

sin vidriar, a choques térmicos, a soluciones básicas y ácidas

PARTE EXPERIMENTAL:

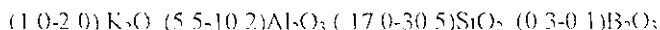
La parte experimental está integrada por dos parte fundamentales

- a) Preparación de una pasta de porcelana resistente a soluciones ácidas, básicas y a choques térmicos
- b) Preparación de un esmalte cerámico, que presente características físicas y químicas, similares a la de la pasta de porcelana, antes mencionadas

a) Preparación de la pasta de porcelana.

Para seleccionar la composición química de la pasta de porcelana se uso el método matemático, denominado " DISEÑO FACTORIAL "

- Formula química de la pasta



- Después de elegir los límites de composición, en los que la pasta manifiesta las características deseadas, se calcula las cantidades de materia prima involucrada (% en peso)

TABLA 1 PESO MOLECULAR

MA TERIA PRIMA	FÓRMULA QUÍMICA	PESO MOLECULAR (g)
Feldespato de potasio	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$	556.8
Caolín	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	258.2
Cuarzo	SiO_2	60.1
Ácido bórico	H_3BO_3	123.7

- CALCULÓ DE LA MATERIA PRIMA, LIMITE SUPERIOR E INFERIOR (% EN PESO)

Con las fórmula química de las materias primas (tabla 1), se hace un balance de la cantidad de óxidos necesarios para completar los óxidos requeridos en la fórmula química de la pasta, en los límites de composición, mínimo y máximo

TABLA 2 NUNERO DE OXIDOS REQUERIDOS EN LA FORMULA QUÍMICA DE DE LA PASTA

* Formula química de composición mínima (1)K₂O (5.5)Al₂O₃ (17.0)SiO₂ (0.3)B₂O₃

MATERIA PRIMA	OXIDOS NECESARIOS			
	K ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	B ₂ O ₃
Feldespato de potasio	1	1	6	-
Caolín	-	4.5	9	-
Cuarzo	-	-	2	-
Ácido bórico	-	-	-	0.3
Oxidos totales	1	5.5	17.5	0.3

* Formula química de composición máxima (2.0)K₂O (10.0)Al₂O₃ (30.5)SiO₂ (0.5)B₂O₃

MATERIA PRIMA	OXIDOS NECESARIOS			
	K ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	B ₂ O ₃
Feldespato de potasio	2	2	12	-
Caolín	-	8	16	-
Cuarzo	-	-	2.5	-
Acido bórico	-	-	-	-
Oxidos totales	2	10	30.5	0.5

• Selección de las pastas usando el método matemático " DISEÑO FACTORIAL "

Caolín	= A	A1 = 4.50	A2 = 8.0
Feldespato de potasio	= B	B1 = 1.0	B2 = 2.0
Cuarzo	= C	C1 = 2.0	C2 = 2.5
Ác Bórico	= D	D1 = 0.3	D2 = 0.5

TABLA 3 . SELECCIÓN DE LAS PASTAS

		A1		A2	
		B1	B2	B1	B2
C1	D1	1			5
	D2		2	6	
C2	D1		7	3	
	D2	8			4

4 A partir del diagrama de el " diseño factorial " se obtienen 8 pastas, cuya combinación, abarca las variaciones más significativas de los componentes

TABLA 4 . PASTAS SELECCIONADAS.

PASTA #	MATERIA PRIMA			
	Caolín	Feldespato de potasio	Cuarzo	Ác bórico
1	4.5	1.0	2.0	0.3
2	4.5	2.0	2.0	0.5
3	8.0	1.0	2.5	0.3
4	8.0	2.0	2.5	0.5
5	8.0	2.0	2.0	0.3
6	8.0	1.0	2.0	0.5
7	4.5	2.0	2.5	0.3
8	4.5	1.0	2.5	0.5

PASTA No	MATERIA PRIMA	% EN PESO	PESO EN (g)
1	Feldespatos de potasio	29.68	148.40
	Cuarzo	6.40	32.00
	Caolín	61.93	309.65
	Ác. Bórico	1.98	9.90
2	feldespatos de potasio	45.77	228.85
	Cuarzo	4.94	24.70
	Caolín	47.75	238.75
	Ác Bórico	1.55	7.65
3	Feldespatos de potasio	19.81	99.05
	Cuarzo	5.35	26.73
	Caolín	73.51	367.58
	Ác Bórico	1.32	6.60
4	Feldespatos de potasio	32.84	164.20
	Cuarzo	4.448	22.15
	Caolín	60.90	304.55
	Ác Bórico	1.82	9.10
5	Feldespatos de potasio	33.38	166.90
	Cuarzo	3.60	18.00
	Caolín	61.91	309.55
	Ác Bórico	1.11	5.56
6	Feldespatos de potasio	45.22	99.25
	Cuarzo	6.10	21.40
	Caolín	73.65	368.25
	ác Bórico	2.20	11.09
7	Feldespatos de potasio	45.22	226.07
	Cuarzo	6.10	30.50
	Caolín	47.17	235.85
	ác Bórico	1.51	7.53
8	Feldespatos de potasio	28.83	144.15
	Cuarzo	7.78	38.90
	Caolín	60.17	300.85
	ac bórico	3.20	16.00

TABLA 5
CALCULO DE LA
COMPOSICION DE
LAS PASTAS

Para realizar los cálculos de la tabla 5, usaron los datos de las tablas 1,2,4. Posteriormente se pesan 500g de cada pasta, con los ingredientes y proporciones, obtenidos en la tabla 5, se disuelven en agua (60% de su peso). El agua con anterioridad se mezcla con 0.7% de silicato. Se mezcla durante 8 días, con agitación diaria 0.5 hrs cada vez, hasta que la pasta sea consistente. Se introduce una varilla de vidrio a la mezcla, si al sacarla está, escurre en forma de hilo quedando limpia, la pasta está lista para moldear.

Para moldear la pasta, se vierte dentro de un molde de yeso (previamente elaborado con yeso cerámico). La pasta se deja secar dentro del molde aproximadamente 5 min. o hasta que las paredes tengan el grosor adecuado; se escurre el molde y en aproximadamente 8 min cuando se observó que las paredes de la pieza se encuentran despegadas del molde se sacan. El agua contenida en las piezas, se deja evaporar a temperatura ambiente, se pulen y posteriormente su cocción a 1200°C (cono pycnométrico 06, escala Seger).

* Silicato: Sol desfloculadora. Compuesta por 8 gr de carbonato de sodio disuelta en 50 ml de agua caliente mezclada con 25 ml de silicato de sodio aforada a 100 ml.

Pruebas físicas y químicas:

• Resistencia a soluciones ácidas:

Los crisoles obtenidos se someten a pruebas físicas y químicas de laboratorio. Las ocho primeras pastas obtenidas mediante el modelo matemático "Diseño Factorial", la prueba de resistencia a las soluciones ácidas se desarrollan de la siguiente manera.

El material a prueba, se muele en un mortero de Agata para evitar que haya contaminación. Se hierve dicha muestra con agua destilada, se lava y se seca. A continuación, una fracción pesada, junto con una mezcla de ácido Sulfúrico y ácido nítrico (1:1), se calienta hasta que se haya evaporado todo el ácido nítrico y comience a humear el ácido sulfúrico.

Se enfría la mezcla, se añade más ácido nítrico. Se repite el calentamiento, después se lava varias veces y finalmente se seca, la muestra hasta peso constante. El resultado se expresa en porcentaje.

Posteriormente se considera, que esta prueba se podría sustituir por la siguiente:

Se vierte una cantidad conocida de ácido clorhídrico concentrado, en el crisol a prueba y se calienta hasta que empieza a evaporar. Después se contabiliza la prueba titulando con hidróxido de sodio, usando como indicador fenolftaleína.

La prueba es menos laboriosa y además no es necesario triturar la muestra, ya que usualmente las sustancias químicas, solo se ponen en contacto con las paredes del crisol.

• Resistencia a soluciones alcalinas:

Se vierte en el crisol una cantidad conocida de hidróxido de sodio 6M, se calienta a ebullición con un mechero. Posteriormente igual que la prueba anterior se cuantifica, titulando con ácido Clorhídrico usando fenolftaleína como indicador.

- **Resistencia a cambios de temperatura:**

El crisol a prueba se calienta en ciclos de tempera de 600-1000°C aumentado cada vez. 100°C El enfriamiento se hace introduciendo el crisol en un recipiente con agua a temperatura ambiente aprox 25°C

- **Difracción de rayos X:**

Se tritura finamente, un trozo de el material a prueba, y se somete a la difracción de rayos X

Pastas cerámicas nuevas.

Después de efectuar las pruebas anteriores, se selecciona la pasta con mejores características químicas; se toma como base la mejor pasta, para formular otras cuatro pastas

TABLA 6 % en peso de los materiales a utilizar para las nuevas pastas

PASTA No	M A T E R I A P R I M A			
	Caolín	Feldespató	Cuarzo	Ac Bórico
9	60.09	14.45	21.63	3.84
10	58.10	18.60	18.60	4.65
11	56.30	22.52	15.76	5.40
12	54.58	26.20	13.10	6.11

Los cálculos matemáticos, y la técnica de elaboración son iguales que para las 8 primeras pastas. Así como la aplicación de los análisis físicos, químicos, y de difracción de rayos X.

b) Preparación de un esmalte cerámico para porcelana.

Al igual que al seleccionar las pastas de porcelana, se toman intervalos entre un mínimo y un máximo, en las que los ingredientes proporcionan las características deseadas (según las propiedades físicas y químicas de ella).

Formulas químicas de esmalte para porcelana.

K ₂ O	0.1-0.2	B ₂ O ₃	0.1-0.2
MgO	0.4-0.5	Al ₂ O ₃	0.3-0.4
BaO	0.1-0.2	ZrO ₂	0.5-0.7

Intervalos de variación :

Materia Prima	Variación	Símbolo usado
Feldespato	13.77-23.67	A
Caolín	12.78-10.98	G
Cuatzo	29.77-25.60	H
Carbonato de calcio	6.19-3.19	C
Carbonato de magnesio	8.32-8.94	B
Carbonato de bario	12.20-6.29	D
Oxido de zinc	15.23-18.33	Y
Ácido bórico	1.73-2.98	F

Para combinar los intervalos de variación se usa el método matemático "Plackett

Burman "

METODO MATEMÁTICO "Plackett Burman "

TABLA 7 Selección de el esmalte, usando el método matemático "Plackett Burman"

No	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	2	2	2	1	2	1	2	1	1
2	2	2	1	2	1	2	1	1	2

3	2	1	2	1	2	1	1	2	2
4	1	2	1	2	1	1	2	2	2
5	2	1	2	1	1	2	2	2	1
6	1	2	1	1	2	2	2	1	2
7	2	1	1	2	2	2	1	2	1
8	1	1	2	2	2	1	2	1	2
9	1	2	2	2	1	2	1	2	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Nivel 2 = variación máxima

Nivel 1 = variación mínima

Temperatura = constante.

Para obtener la cantidad de materia primas de cada esmalte, se parte de la fórmula química inicial y de las variaciones obtenidas del diagrama matemático "Plackett Burman". Los cálculos matemáticos son igual a los efectuados, en el cálculo de las pastas

Obteniendo finalmente la tabla 8, de % en peso de materia prima, que equivale a gramos, si se preparan 100 g de esmalte

Sabiendo el contenido de cada esmalte, se pesan los ingredientes. Se mezclan con el 70% de agua aproximadamente. La pieza de porcelana seleccionada, en bizcocho[†], se esmalta, procurando que la capa adherida sea delgada y uniforme. Las piezas esmaltadas se secan aproximadamente 24 hrs. y se cuecen a 1200°C (cono piroométrico 06)

La pieza terminada, se le aplican las mismas pruebas físicas y químicas realizadas a las pastas de porcelana

[†] Bizcocho: Pasta cerámica cocida a una temperatura menor que su temperatura de cocción, en este caso a 1000°C para que la adhesión de el esmalte sea completa

TABLA 8: % en peso de materia prima, para el esmalte

MATERIA PRIMA	ESMALTE No (% EN PESO)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Feldespato de potasio	28.00	26.80	19.73	11.45	23.14	13.46	24.37	25.68	11.97	15.48
Caolín	13.00	6.08	4.58	15.93	10.74	18.74	5.65	11.91	11.11	14.36
Cuarzo	21.17	22.64	46.15	34.64	4.17	26.19	34.21	19.43	38.82	33.46
Carbonato de calcio	5.03	2.35	3.55	2.06	6.99	2.43	1.85	4.62	4.31	2.78
Carbonato de magnesio	10.58	9.89	5.96	8.65	4.10	10.17	8.76	7.76	9.04	9.35
Carbonato de bario	4.96	9.28	3.50	8.11	4.10	4.77	8.62	9.09	8.48	5.48
Carbonato de circon	15.50	0.28	15.28	17.72	17.92	20.85		19.88	13.24	17.12
Ác Borico	1.76	3.30	1.24	1.44	2.91	3.39	3.07	11.62	3.01	1.95

✦ RESULTADOS

PASTAS 1-8

Tabla No.9 RESISTENCIA A CHOQUES TÉRMICOS.

T°C	MUESTRA No							
	1	2	3	4	5	6	7	8
500	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
600	*****	*****	*****	*****X	*****	*****	*****	*****
700	*****	*****	*****	*****X	*****X	*****XX	*****	*****X
800	*****X	*****	*****	*****X	*****X	*****XX	*****	*****X
900	*****X	*****	*****XX	*****XX	*****XX	*****XX	*****	*****X
1000	*****XXX	*****XX	*****XXX	*****XXX	*****XXX	*****XXX	*****X	*****XX
piezas sin grietas	**	***	*	**	*	*	****	***

* piezas sin cuarteaduras o agrietamientos X piezas con cuarteaduras o agrietamientos

Tabla 10 RESISTENCIA A CHOQUE TÉRMICO (1000°C)

No Pasta	No Piezas al inicio	No Piezas al final	% de Resistencia
1	5	2	40
2	5	3	60

3	5	2	40
4	5	1	20
5	5	1	20
6	5	1	20
7	5	1	40
8	5	3	60

Nota: El % equivale al No. de piezas iniciales

Tabla 11. % de RESISTENCIA A SOLUCIONES ÁCIDAS (Mezcla ác. Sulfúrico y ác. nítrico concentrado)

Muestra No	Peso inicial (g)	Peso de la muestra y vaso despues del tratamiento(g)	Peso del vaso vacío (g)	Peso de la muestra (g)	% de resistencia
1	3.407	62.950	61.520	1.430	41.9
2	3.108	54.257	52.867	1.390	44.7
3	3.030	52.539	51.190	1.350	44.5
4	3.030	57.886	56.827	1.060	34.9
5	3.020	54.638	53.238	1.401	46.3
6	3.125	62.737	61.362	1.375	44.0
7	2.990	57.937	56.562	1.375	46.0
8	3.329	55.008	53.510	1.498	45.5

Tabla 12 % DE RESISTENCIA A SOLUCIONES, ÁCIDAS (HCl, 11.9N)

Pasta No	Volumen gastado de NaOH (ml)			\bar{V} (ml)	Moles (n)	Resistencia %
	\bar{V}_1	\bar{V}_2	\bar{V}_3			
1	1.1	1.2	0.9	1.066	0.00106	44.7
2	1.2	1.3	1.1	1.200	0.00119	50.3
3	1.3	1.2	1.2	1.233	0.00123	51.7
4	0.7	0.9	0.8	0.8	0.00079	33.5
5	1.3	1.1	1.1	1.166	0.00116	48.9
6	1.1	1.2	1.1	1.133	0.00113	47.5
7	1.2	1.3	1.2	1.233	0.00123	51.7
8	1.3	1.5	1.5	1.433	0.00143	60.1
V inicial	0.2 ml	n_{HCl} 11.9N	n_{NaOH} 0.998N			Indicador fenolftaleína

Tabla 13 % DE RESISTENCIA A SOLUCIONES BASICAS(NaOH 6N)

Pasta No	Volumen gastado (ml)			\bar{V} (ml)	Moles gastadas (n)	% resistencia
	\bar{V}_1	V_2	\bar{V}_3			
1	1.5	1.8	1.2	1.50	0.00075	62.5
2	1.0	0.8	2.0	1.26	0.00063	52.7
3	0.9	1.3	1.2	1.13	0.00056	47.2
4	0.95	1.30	1.50	1.25	0.00062	52.2
5	0.90	1.10	1.00	1.00	0.00050	41.6

6	10	0.8	0.7	0.83	0.00041	34.7
7	13	1.0	1.1	1.13	0.00056	47.2
8	12	1.3	1.2	1.23	0.00061	51.3

$V_{NaOH} = 0.2 \text{ ml}$

$n_{HCl} = 0.5 \text{ N}$

$n_{NaOH} = 6 \text{ N}$

Indicador = fenolftaleina

✦ PASTAS 9-12

TABLA 14 RESISTENCIA A CHOQUES TERMICOS (PASTAS 9-12)

T°C	PASTA No			
	9	10	11	12
500	*****	*****	*****	*****
600	*****	*****	*****	*****
700	*****	*****	*****	*****
800	****X	****X	****X	****XX
900	***XX	***XX	***XX	***XX
1000	*XXXX	**XX	**XX	**XX
No PIEZAS RESISTENTES	*	**	***	***

* PIEZAS SIN CUARTEADURAS X PIEZAS CON CUARTEADURAS.

TABLA No 15 % DE RESISTENCIA A CHOQUES TERMICOS (1000°C)

No PASTA	No DE PIEZAS INICIALES	No PIEZAS AL FINAL	% DE RESISTENCIA
9	5	1	20

10	5	2	40
11	5	3	60
12	5	3	60

TABLA No 16 RESISTENCIA A SOL ÁCIDAS (HCl 11.9 M).

PASTA No.	VOLUMEN GASTADO (ml)			VOLUMEN PROMEDIO	MOLES GASTADAS	% DE RESISTENCIA
	V1	V2	V3			
9	1.2	1.2	1.4	1.26	0.0025	42.57
10	2.0	1.9	1.4	1.76	0.0035	59.38
11	1.8	2.2	2.1	2.03	0.0040	68.34
12	2.2	2.5	2.5	2.40	0.0048	80.67

$V_{INICIAL} = 0.5ml$ $C_{HCl} = 11.9 M$ $C_{NaOH} = 2 M$ INDICADOR = fenolftaleina

TABLA No 17 RESISTENCIA A SOL BÁSICAS (NaOH 6M)

PASTA No.	VOLUMEN GASTADO (ml)			VOLUMEN PROMEDIO	MOLES GASTADAS	% DE RESISTENCIA
	V1	V2	V3			
9	1.0	0.9	0.9	0.93	0.00046	38.88
10	1.4	0.9	0.8	1.03	0.00051	43.05
11	1.3	0.9	1.0	1.06	0.00053	44.14
12	1.4	1.3	1.0	1.10	0.00055	45.83

$V_{INICIAL} = 0.2 ml$ $C_{HCl} = 0.5 M$ $C_{NaOH} = 6 M$ INDICADOR = fenolftaleina

PORCELANAS 1-12

TABLA No 18 ANÁLISIS CUALITATIVO "DIAGRAMA DE RAYOS X"

(Porcelana cocida a 1200 C)

PORCELANA No	COMPUESTOS CRISTALINOS QUE CONSTITUYEN LA PORCELANA					
	Cuarzo SiO_2	Mullita $Al_2Si_2O_7$	Tridimita SiO_2	Anartoclase $(Na,K)(Si,Al)_8O_{18}$	Cristobalita SiO_2	Albita $(Na,Ca)(Si,Al)_4O_8$
1	*	*	*			
2	*	*	*			
3	*	*	*			
4	*	*	*			
5	*	*	*			
6	*	*	*			
7	*	*	*	*		
8	*	*	*	*		
9	*	*	*		*	*
10	*	*	*	*	*	
11	*	*	*		*	*
12	*	*	*	*	*	

* - si contiene

no contiene

VIDRIADOS

- "PORCELANA 12", PORCELANA CON MAYOR RESISTENCIA

TABLA No. RESISTENCIA A SOLUCIONES ACIDAS

VIDRIADO No.	VOLUMEN GASTADO (ml)			VOLUMEN PROMEDIO	MOLES PROMEDIO	% DE RESISTENCIA
	V ₁	V ₂	V ₃			
1	3.6	4.4	3.6	3.86	0.00345	64.7
2	2.5	5.3	3.7	3.8	0.00379	63.7
3	4.50	4.6	4.8	4.65	0.00464	77.9
4	2.2	3.15	4.3	3.21	0.00320	53.7
5	3.2	3.4	4.2	3.6	0.00359	60.3
6	5.6	2.5	4.9	4.3	0.00429	72.1
7	3.1	4.0	4.1	3.7	0.00369	62.0
8	4.8	4.9	4.9	4.86	0.00485	81.5
9	4.4	4.6	4.8	4.60	0.00455	76.4
10	4.6	3.7	2.1	3.46	0.00345	57.9

TABLA No RESISTENCIA A SOLUCIONES BÁSICAS

VIDRIADO No	VOLUMEN GASTADO (ml).			VOLUMEN PROMEDIO	MOL: S PROMEDIO	% DE RESISTENCIA
	V ₁	V ₂	V ₃			
1	1 10	1 35	1 05	1 16	0 000556	92 6
2	0 85	0 70	0 80	0 80	0 000386	64 3
3	0 60	0 90	0 90	0 80	0 000384	64 0
4	0 75	0 85	0 75	0 78	0 000375	62 5
5	0 90	0 90	0 70	0 85	0 000408	68 0
6	1 00	1 10	1 00	1 05	0 000504	84 0
7	0 90	0 80	1 10	0 95	0 000451	75 1
8	0 80	0 90	0 85	0 85	0 000408	68 0
9	0 80	1 10	0 70	0 85	0 000412	68 6
10	0 60	0 80	0 70	0 70	0 000336	56 0

TABLA No. RESISTENCIA A CHOQUES TERMICOS

VIDRIADO No	No DE PIEZAS AL		% DE DE RESISTENCIA
	INICIO	FINAL	
1	5	2	40
2	5	2	40
3	5	4	80
4	5	3	60
5	5	2	40
6	5	1	20
7	5	2	40
8	5	3	60
9	5	2	40
10	5	5	100

TABLA No 21 ANÁLISIS CUALITATIVO " DIFRACCIÓN DE RAYOS X "

VIDRIADOS (Vidriados cocidos a 1200°C)

VIDRIADO	CIRCON	CUARZO	CRISTOBALITA	BARITA	SANIDINA	ALBITA
No	ZrSiO ₄	SiO ₂	SiO ₂	BaSO ₄	KAlSi ₃ O ₈	NaAlSi ₃ O ₈
1	*	✓	*	x		-
2	*	*	*	*	-	-
3	✓	✓	✓	-	-	-
4	✓	✓	✓	-	✓	-
5	✓	✓	✓	*		
6	✓	*	✓			*
7	*	*	✓	*		
8	✓	✓	✓	✓		
9		*		*	✓	
10	✓	✓			*	

* SI CONTIENE

NO CONTIENE

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Para seleccionar la pasta de porcelana del primer experimento, se utilizó " El Diseño Factorial ", diseño que nos permite o sirve como base, para diseñar el próximo experimento a seguir.

En primer lugar se calcula, la suma promedio de los resultados obtenidos (% de resistencia, sol Ácidas, básicas ya cambios bruscos de temperatura), al combinar las materias primas en su nivel alto y bajo, en función de sus concentraciones. Los resultados, son la medida de sus cualidades físicas y químicas, estas características nos permiten seleccionar a la pasta con mayor resistencia a situaciones cotidianas de un laboratorio químico

• RESISTENCIA A CHOQUES TÉRMICOS (1000°C).

TABLA No 22 .

		A ₁		A ₂	
		B ₁	B ₂	B ₁	B ₂
C ₁	D ₁	40			20
	D ₂		60	20	
C ₂	D ₁		20	40	
	D ₂	20			20

SUMA PROMEDIO DE LAS COMBINACIONES

$$A_1 = \frac{A_1}{4} = \frac{1}{4} (20 + 40 + 20 + 20) = 27.5$$

$$A_2 = \frac{A_2}{4} = \frac{1}{4} (40 + 20 + 20 + 40) = 32.5$$

$$B_1 = \frac{B_1}{4} = \frac{1}{4} (20 + 20 + 40 + 20) = 27.5$$

$$B_2 = \frac{B_2}{4} = \frac{1}{4} (40 + 60 + 20 + 20) = 37.5$$

$$C_1 = \frac{C_1}{4} = \frac{1}{4} (60 + 20 + 20 + 20) = 32.5$$

$$C_2 = \frac{C_2}{4} = \frac{1}{4} (20 + 20 + 20 + 40) = 27.5$$

• RESISTENCIA A SOLUCIONES ÁCIDAS

TABLA No 23

		A ₁		A ₂	
		B ₁	B ₂	B ₁	B ₂
C ₁	D ₁	44.7			48.9
	D ₂		50.3	47.5	
C ₂	D ₁		51.7	51.7	
	D ₂	60.1			33.5

SUMA PROMEDIO DE LAS COMBINACIONES

$$\begin{aligned}
 A &= z A_2 / 4 - z A_1 / 4 = (48.9 + 33.5 + 47.5 + 51.7) / 4 - (44.7 + 60.1 + 50.3 + 51.7) / 4 = -6.30 \\
 B &= z B_2 / 4 - z B_1 / 4 = (50.3 + 51.7 + 48.9 + 33.5) / 4 - (44.7 + 60.1 + 47.5 + 51.7) / 4 = -4.90 \\
 C &= z C_2 / 4 - z C_1 / 4 = (60.1 + 51.7 + 51.7 + 33.5) / 4 - (44.7 + 50.3 + 47.5 + 48.9) / 4 = +1.40 \\
 D &= z D_2 / 4 - z D_1 / 4 = (60.1 + 33.5 + 50.3 + 47.5) / 4 - (44.7 + 48.9 + 51.7 + 47.5) / 4 = -0.35
 \end{aligned}$$

TABLA No 24

		A ₁		A ₂	
		B ₁	B ₂	B ₁	B ₂
C ₁	D ₁	62.5			41.6
	D ₂		52.7	34.7	
C ₂	D ₁		47.2	47.2	
	D ₂	51.4			52.1

SUMA PROMEDIO DE LAS COMBINACIONES

$$\begin{aligned}
 A &= z A_2 / 4 - z A_1 / 4 = (41.6 + 52.1 + 34.7 + 47.2) / 4 - (62.5 + 52.7 + 47.2 + 51.4) / 4 = -9.55 \\
 B &= z B_2 / 4 - z B_1 / 4 = (52.7 + 47.2 + 41.6 + 52.1) / 4 - (62.5 + 51.4 + 34.7 + 47.2) / 4 = -0.55 \\
 C &= z C_2 / 4 - z C_1 / 4 = (51.4 + 47.2 + 47.2 + 52.1) / 4 - (62.5 + 52.7 + 34.7 + 41.6) / 4 = +1.60 \\
 D &= z D_2 / 4 - z D_1 / 4 = (51.4 + 52.1 + 52.7 + 34.7) / 4 - (47.2 + 47.2 + 62.5 + 41.6) / 4 = -1
 \end{aligned}$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS

TABLA No 25

	A	B	C	D
CHOQUE				
TERMICO	- 10 0	0	- 10 00	0
RESISTENCIA				
A ÁCIDOS	-6 25	-4 90	-1 40	- 1 38
RESISTENCIA				
A BASES	-9 55	-0 55	-1 60	-1 90

De los resultados obtenidos de las operaciones matemáticas efectuadas de la tabla No 22, de Resistencia a Choques Térmicos determina que es necesario disminuir Caolín (A), y cuarzo (C) para aumentar la resistencia a cambios bruscos de temperatura, la presencia de feldespato y ácido no es importante. El signo negativo en los resultados indica que hay un exceso y el signo positivo indica que es necesario una mayor cantidad del compuesto o ingrediente, según sea el caso. El valor absoluto del resultado nos dice que tanto falta o cuanto sobra, si es significativo o no.

Según los resultados de las sumas promedio de las combinaciones de la tabla No 23, indica que es necesario disminuir Caolín (A), feldespato (B), y ácido bórico (D), aumentar el cuarzo (C). Para obtener una pasta más resistente a soluciones ácidas.

De acuerdo a resultado de las sumas promedio de las combinaciones de la tabla No 24

Se observa que es necesario disminuir Caolin (A), feldespato (B), y ác bórico (D), aumentar cuarzo (C) Para aumentar la resistencia a soluciones básicas

Con respecto al contenido de la porcelana, el Análisis Cualitativo de "Rayos X", muestran , que es necesario aumentar la temperatura (fig 3), para que todo el cuarzo pase a la estructura cristalina cristobalita, pues la reacción solo llegó a la estructuras cristalina tridimita

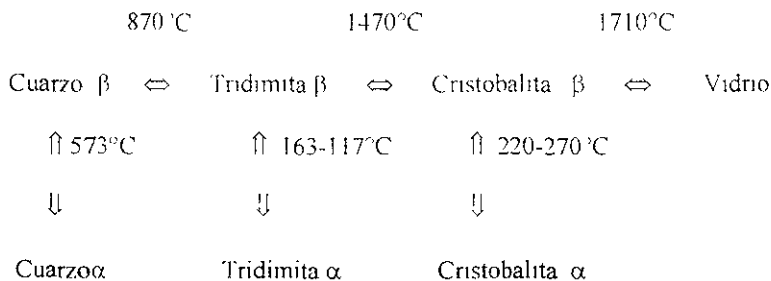


Fig 3

Las porcelanas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 contienen feldespato de calcio, sodio y/o potasio, esto indica que el feldespato no cambio de estructura cristalina, por con siguiente se debe aumentar la temperatura o disminuir su temperatura de fusión Fig 2

Nombre	Tipos de feldespato	Temperatura de fusión
Ortoclase	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	1150 °C
Albita	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	1110 °C
Anortita	$CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	1556 °C

Fig 4

Todas las porcelanas 1-8 contienen mullita lo cual muestran que si cambio de estructura cristalina el caolin según las siguientes reacciones (Fig 1)

Vidriados :

Para obtener datos matemáticos sobre, las cualidades de resistencia a soluciones ácidas, básicas y de choque térmico se siguió trabajando con el método matemático "Plackett Burman", se calculo la suma de cada uno de los ingredientes presentes en los vidriados, los datos se muestran en la siguientes tablas

Tabla No 26 Datos de la resistencia a soluciones ácidas (%)

Vidriado	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	+64	-64.7	+64.7	-64.7	+64.7	-64.7	+64.7	-64.7	+64.7
2	-63.7	+63.7	-63.7	+63.7	-63.7	+63.7	-63.7	+63.7	-63.7
3	+77.9	-77.9	+77.9	-77.9	+77.9	-77.9	+77.9	-77.9	+77.9
4	-53.7	+53.7	-53.7	+53.7	-53.7	+53.7	-53.7	+53.7	-53.7
5	+60.3	-60.3	+60.3	-60.3	+60.3	-60.3	+60.3	-60.3	+60.3
6	-72.1	+72.1	-72.1	+72.1	-72.1	+72.1	-72.1	+72.1	-72.1
7	+62.0	-62.0	+62.0	-62.0	+62.0	-62.0	+62.0	-62.0	+62.0
8	-81.5	+81.5	-81.5	+81.5	-81.5	+81.5	-81.5	+81.5	-81.5
9	+76.4	-76.4	+76.4	-76.4	+76.4	-76.4	+76.4	-76.4	+76.4
10	-57.9	+57.9	-57.9	+57.9	-57.9	+57.9	-57.9	+57.9	-57.9

Tabla No 27 Datos de resistencia a soluciones básicas (%)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	+92.6	-92.6	+92.6	-92.6	+92.6	-92.6	+92.6	-92.6	+92.6
2	-64.3	+64.3	-64.3	+64.3	-64.3	+64.3	-64.3	+64.3	-64.3
3	+61.0	-61.0	+61.0	-61.0	+61.0	-61.0	+61.0	-61.0	+61.0

4	-62.5	+62.5	-62.5	+62.5	-62.5	+62.5	-62.5	+62.5	-62.5
5	-68.0	+68.0	-68.0	+68.0	-68.0	+68.0	-68.0	+68.0	-68.0
6	-84.0	+84.0	-84.0	+84.0	-84.0	+84.0	-84.0	+84.0	-84.0
7	+75.1	-75.1	+75.1	-75.1	+75.1	-75.1	+75.1	-75.1	+75.1
8	-68.0	+68.0	-68.0	+68.0	-68.0	+68.0	-68.0	+68.0	-68.0
9	-68.6	+68.6	-68.6	+68.6	-68.6	+68.6	-68.6	+68.6	-68.6
10	-56.0	+56.0	-56.0	+56.0	-56.0	+56.0	-56.0	+56.0	-56.0

Tabla No 28 Datos de resistencia a choques térmicos (%)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	+40	-40	+40	-40	+40	-40	+40	-40	+40
2	-40	+40	-40	+40	-40	+40	-40	+40	-40
3	-80	+80	-80	+80	-80	+80	-80	+80	-80
4	-60	+60	-60	+60	-60	+60	-60	+60	-60
5	+40	-40	+40	-40	+40	-40	+40	-40	+40
6	-20	+20	-20	+20	-20	+20	-20	+20	-20
7	+40	-40	+40	-40	+40	-40	+40	-40	+40
8	-60	+60	-60	+60	-60	+60	-60	+60	-60
9	+40	-40	+40	-40	+40	-40	+40	-40	+40
10	-20	+20	-20	+20	-20	+20	-20	+20	-20

Tabla No 29 resultados de la suma de resistencia ácida, básica y choques térmicos

Resistencia	A	B	C	D	E	F	G	H	I
a	K ₂ O	MgO	CaO	BaO	T=cte	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	ZrO ₂
Sól									
Ácidas	-13.0	-9.0	+51.4	+4.4	+46.2	-1.2	-5.6	-9.6	+27.56
Sól.									
Básicas	+24.9	+40.9	+19.3	-26.1	+64.3	-16.9	+47.1	-26.7	-17.5
Choques									
térmicos	+40.0	-40.0	+80.0	+40.0	+40.0	-80.0	0	+80.0	+80.0

Ec. 1 Resistencia sól ácidas

$$Y = -13.0A - 9.0B + 51.4C + 4.4D + 46.2E - 1.2F - 5.6G - 9.6H + 27.56I$$

Ec. 2 Resistencia a sol Básicas

$$Y = +24.9A + 40.9B + 19.3C - 26.1D + 64.3E - 16.9F + 47.1G - 26.7H - 17.5I$$

Ec. 3 Resistencia a choques térmicos

$$Y = +40.0A - 40.0B + 80.0C + 40.0D + 40.0E - 80.0F + 0G + 80.0H + 80.0I$$

Según los valores obtenidos se observa que se debe aumentar "A", óxido de potasio introducido en el feldespato, disminuir "B" óxido de magnesio, introducido como carbonato de magnesio, aumentar "C", óxido de calcio introducido como carbonato de calcio, aumentar "D" óxido de bario introducido como carbonato de bario, aumentar "E"

la temperatura, por que debio tener un valor de cero o muy cercano, por ser constante, disminuir "F" oxido borico, introducido como acido bórico. Aumentar "G" oxido de aluminio, introducido como caolin; aumentar "H" oxido de silicio, introducido como cuarzo, y aumentar "I" oxido de circon introducido como oxido de circon. Según el valor que aparece en las ecuaciones nos dice cuantas veces se debe aumentar los componentes para tener las resistencia deseadas, pero como el valor de la temperatura fue diferente de cero, en primer lugar, se toma en cuenta la temperatura, por que 1200°C, no es la temperatura optima para tener una porcelana química

Todos estos resultados se obtuvieron considerando en primer lugar el signo del valor y en segundo lugar el valor absoluto del mismo, tomando en cuenta que no siempre el signo coincidía en los en los tres parámetros, se eligió el más significativo

El análisis de difracción de rayos "X", muestra que todas las pastas tienen circon, cuarzo y cristobalita, con excepción del 9 que no contienen cristobalita, en general todos los vidriados aumentaron la resistencia física y química de la porcelana sin vidriar, esto gracias a la formación cristalina de circon y cristobalita, ambas estructuras son resistentes choques termicos y a soluciones ácidas y basicas, la presencia del cuarzo indica que es necesario aumentar la temperatura para tenerlo como cristobalita, y aumente más las características como una porcelana química

De estos vidriados se eligio 3 de ellos 3,7 y 8 los que mayor resistencia presentaron, se cocieron a 1300 C, pero su resistencia aumento su resistencia química la porcelana numero 3, sugriendo que es necesario aumentar más la temperatura

Conclusiones

Concluyendo con el trabajo realizado, se puede decir que sí se cumplieron los objetivos fijados. se obtuvo una porcelana química vidriada resistente a sol Ácidas, básicas y a choques térmicos, en aproximadamente un 70% de resistencia química, según los parámetros medidos. Para aumentar su resistencia química, es necesario aumentar la temperatura

Con respecto a la hipótesis propuesta, también los resultados fueron los esperados, Si hubo producción de mullita, el punto de contracción de la porcelana y el esmalte, fue muy semejante, no presentaron grietas ni escamaciones y efectivamente el vidriado con circón, hizo mas resistente la porcelana sin esmaltar

Glosario :

Apatita. mineral con fórmula química $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ usado en vidriados como fundente es portador del CaO

Barbotina Suspensión acuosa y fluida, su viscosidad varía según el contenido de sólidos. El contenido de partículas sólidas se caracteriza por el peso por litro de la barbotina. Cuando mayor es el contenido de sólidos más viscosa es. La viscosidad también depende de la cantidad de sustancias hinchables y arcillas que contenga. Es empleada para el moldeado de pasta cerámica y para la aplicación de vidriado.

Bizcocho Pasta cerámica precocida, con una gran cantidad de poros abiertos, el cual facilita la aplicación de los vidriados.

Creta $\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$ mineral natural, empleado en vidriados como fundente, portador del CaO

Frita Vidrio fundido de composición homogénea.

Nefelina-Sienita Fundente de origen basáltico empleado principalmente en vidriados.

Sienita Roca ígnea básica, rica en álcalis y sustancias alcalinotrreicas SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , CaO , MgO , TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO y MnO .

Sinterización Es la reacción entre partículas sólidas individuales de una sustancia, originando un producto duro, menos poroso y de tamaño menor. Se lleva a cabo por la acción del calor, pero tiene lugar a una temperatura inferior al punto de fusión.

OBJETIVOS	42
HIPÓTESIS	42
PARTE EXPERIMENTAL	43
Preparación de la Pasta de Porcelana	43
Pruebas Físicas y Químicas	48
Pastas Cerámicas Nuevas	50
Preparación de un Esmalte Cerámico para Porcelana	50
RESULTADOS	54
Pastas (1-8) Resistencia a Choques Térmicos	54
Pastas (1-8) Resistencia a Soluciones Ácidas	55
Pastas (1-8) Resistencia a Soluciones Básicas	56
Pastas (9-12) Resistencia a Choques Térmicos	57
Pastas (9-12) Resistencia a Soluciones Ácidas	58
Pastas (9-12) Resistencia a Soluciones Básicas	58
Porcelanas (1-12) Análisis Cualitativo "Difracción de rayos X"	59
Vidriados (1-10) Resistencia a Soluciones Ácidas	60
Vidriados (1-10) Resistencia a Soluciones Básicas	61
Vidriados (1-10) Resistencia a Choques Térmicos	62
Vidriados (1-10) Análisis Cualitativo "Difracción de rayos X"	63
Análisis y Discusión de Resultados	64
Conclusiones	73
Glosario	74

BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR RUMOROSO, ARTURO
 " BREVE ESTUDIO SOBRE PASTAS CERÁMICAS "
 MÉXICO, 1979 (IISIS)
 Págs. 33-47
- AVGUSTINIK, J
 " CERÁMICA "
 ED. REVERTÉ, S.A. BARCELONA, 1983
 Págs. 427, 540-552
- CONRAD, J. W.
 " CERÁMICA , FORMULAS
 ED. Mc MILLAN MILLAN YORK (1973)
 Págs. 345, 358-362
- HERIMANN, R.
 " CHARACTERIZATION OF PORCELAIN GLAZE FAULTS, FOR THE
 PURPOSE OF SIMPLIFYING "
 WORKS STATISTICS, SPRECHSAAZ., 96 (17), 386 (1963)
- JOSEPH FLORENS, ARTIGAS
 " FORMULARIO Y PRÁCTICAS DE CERÁMICA "
 ED. OMEGA S.A., BARCELONA (1990)
 Págs. 53,68-75
- NORTON
 " CERÁMICA FINA, TECNOLOGÍA Y APLICACIONES "

“ CERÁMICA FINA, TECNOLOGÍA Y APLICACIONES “

ED OMEGA, S A , BARCELONA, 1975

Págs 256- 269

- PEDFER, HALD

“ TÉCNICA DE LA CERÁMICA “

ED. OMEGA S A BARCELONA, 1985

Pag 153-156

- RADO, PAUL.

“ INTRODUCCION A LA TECNOLOGÍA DE LA CERÁMICA “

ED OMEGA, S A BARCELONA, 1990

Pág 4-6 45-50

- REX, W GRMSHAW

“ THE CHEMISTRY AND PHYSICS OF CLAYS “

CUARTA, ED LONDON, 1971

Pág 605-618 , 646-651, 698-709

- SALMANG, H

“ LOS FUNDAMENTOS FISICOS Y QUIMICOS DE LA CERÁMICA “

ED REVERTÉ, S A BARCELONA, 1955

Pag 177,176,298 305

- SINGUR T AND SINGUR, S S

“ CERÁMICA INDUSTRIAL “, VOL 9

ED URNO I SPARTERO 10 BILBAO I ESPAÑA 1963

Pag 300-365 454 459, 461 466, 502-507 513-515,572

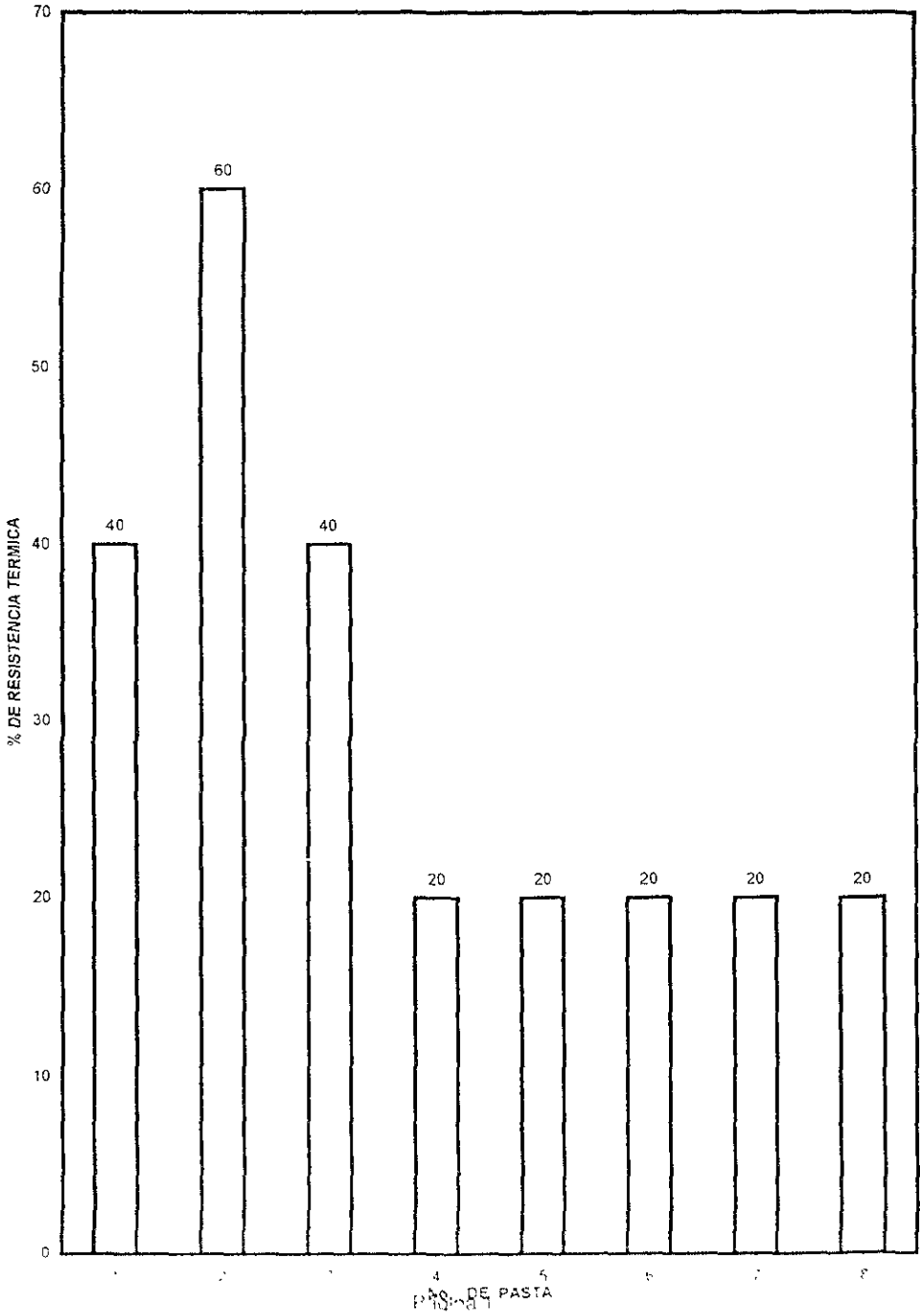
- WOLFF, J. MATTHIS

“ VIDRIADOS CERÁMICOS ”

ED. OMFGA, S.A. BARCELONA, 1990

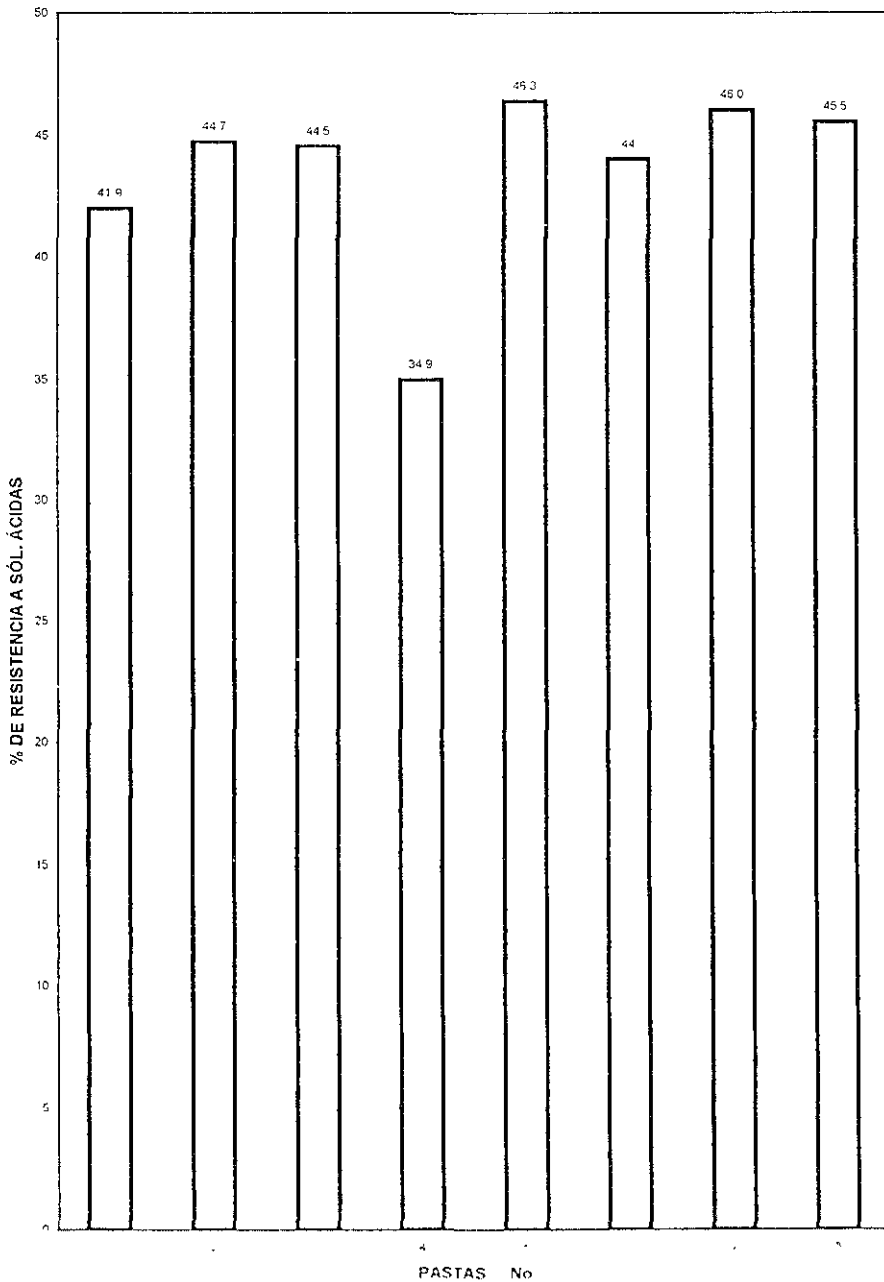
Pag. 40-61, 97, 230, 252-260, 484-487

GRAFICA 1 : % DE RESISTENCIA TERMICA

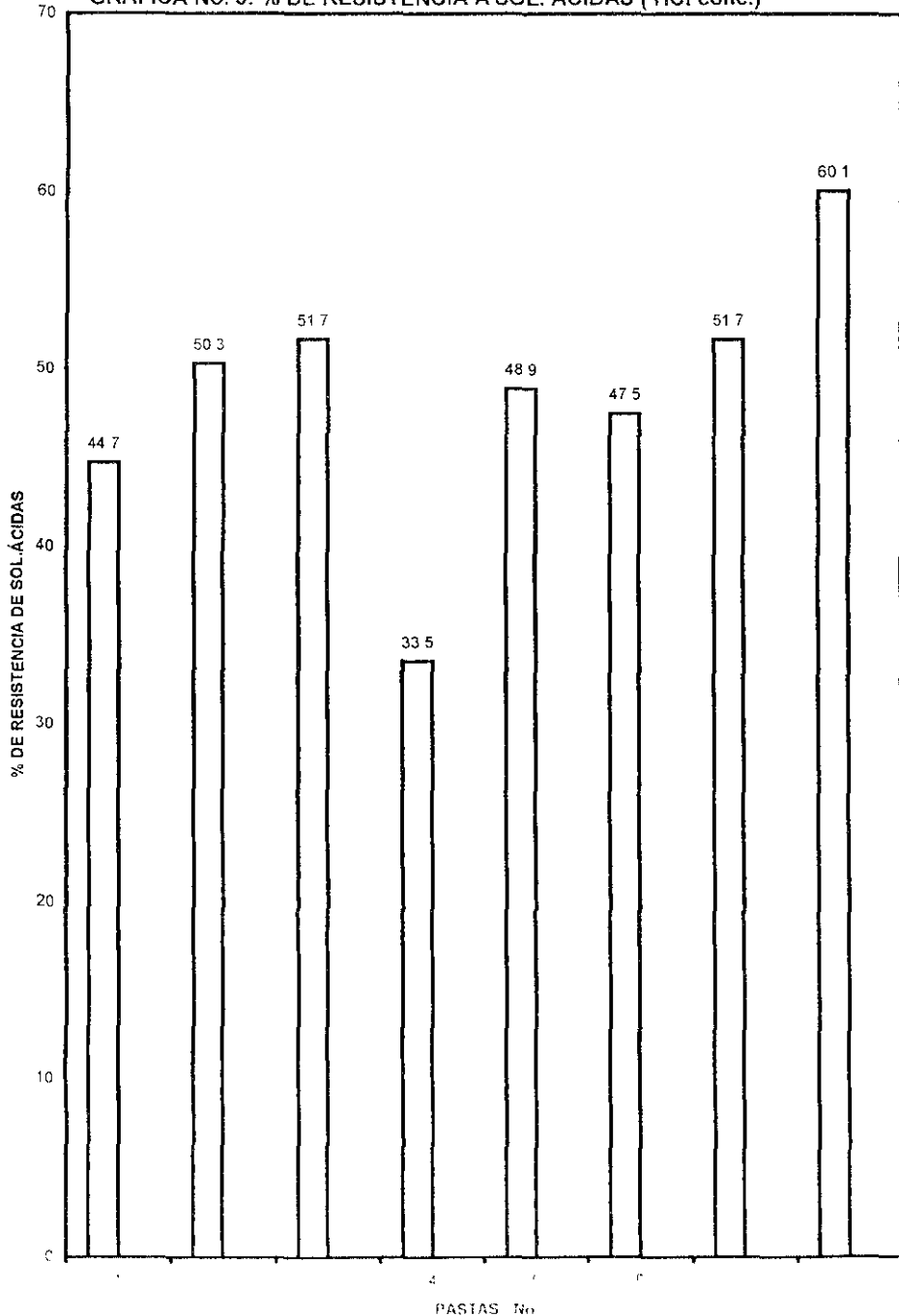


ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

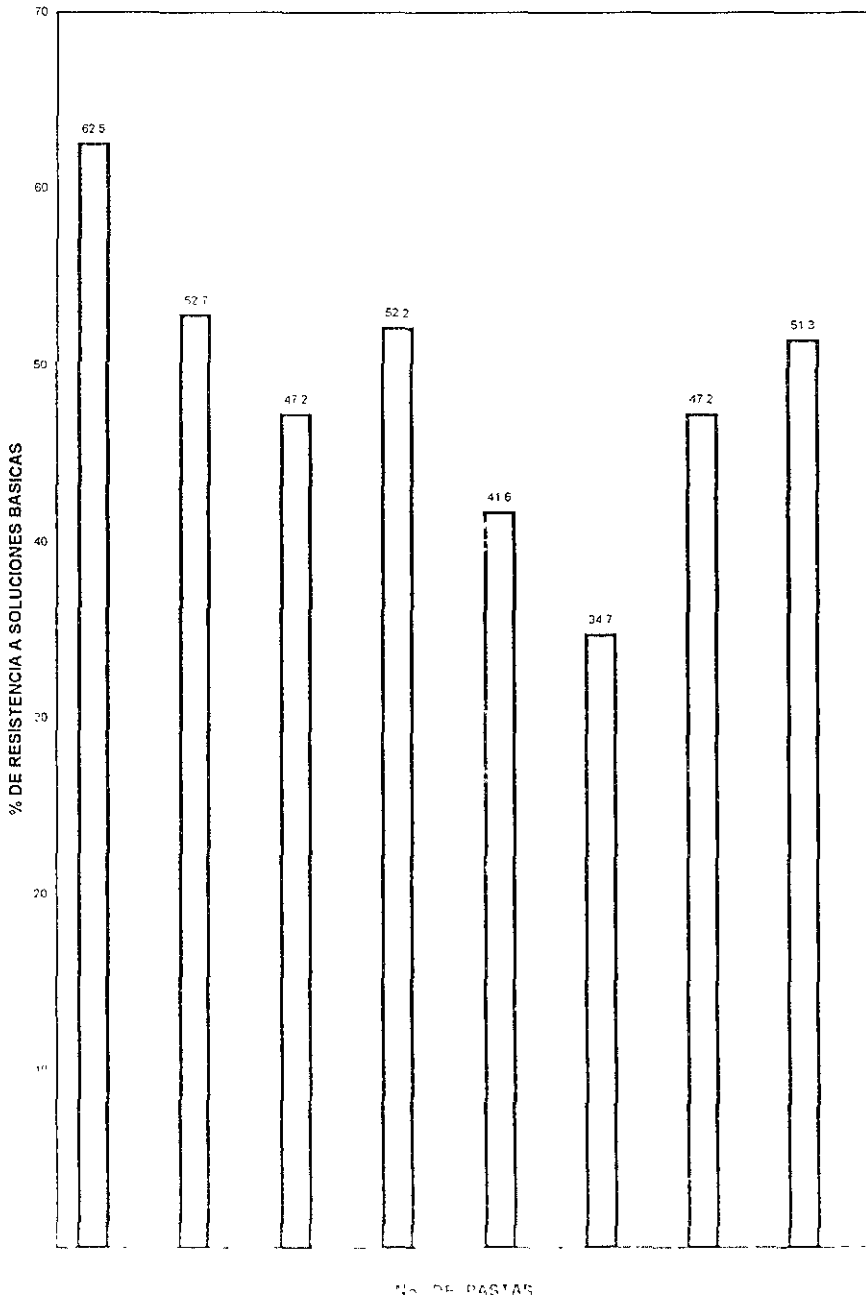
GRAFICA 2 : % DE RESISTENCIA A SOLUCIONES ÁCIDAS (mezcla de ác sulfúrico y nítrico)



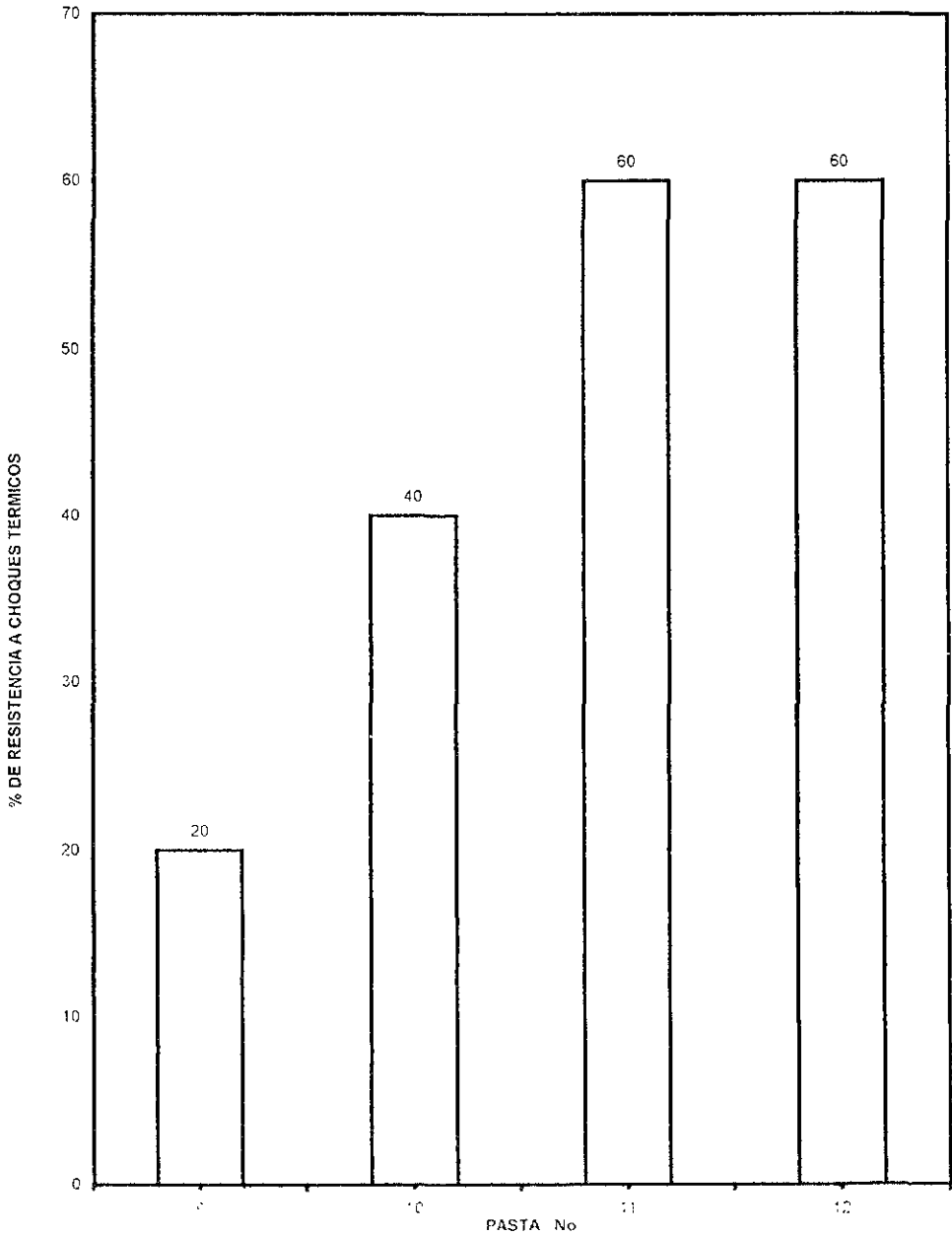
GRAFICA No. 3: % DE RESISTENCIA A SOL. ÁCIDAS (HCl conc.)

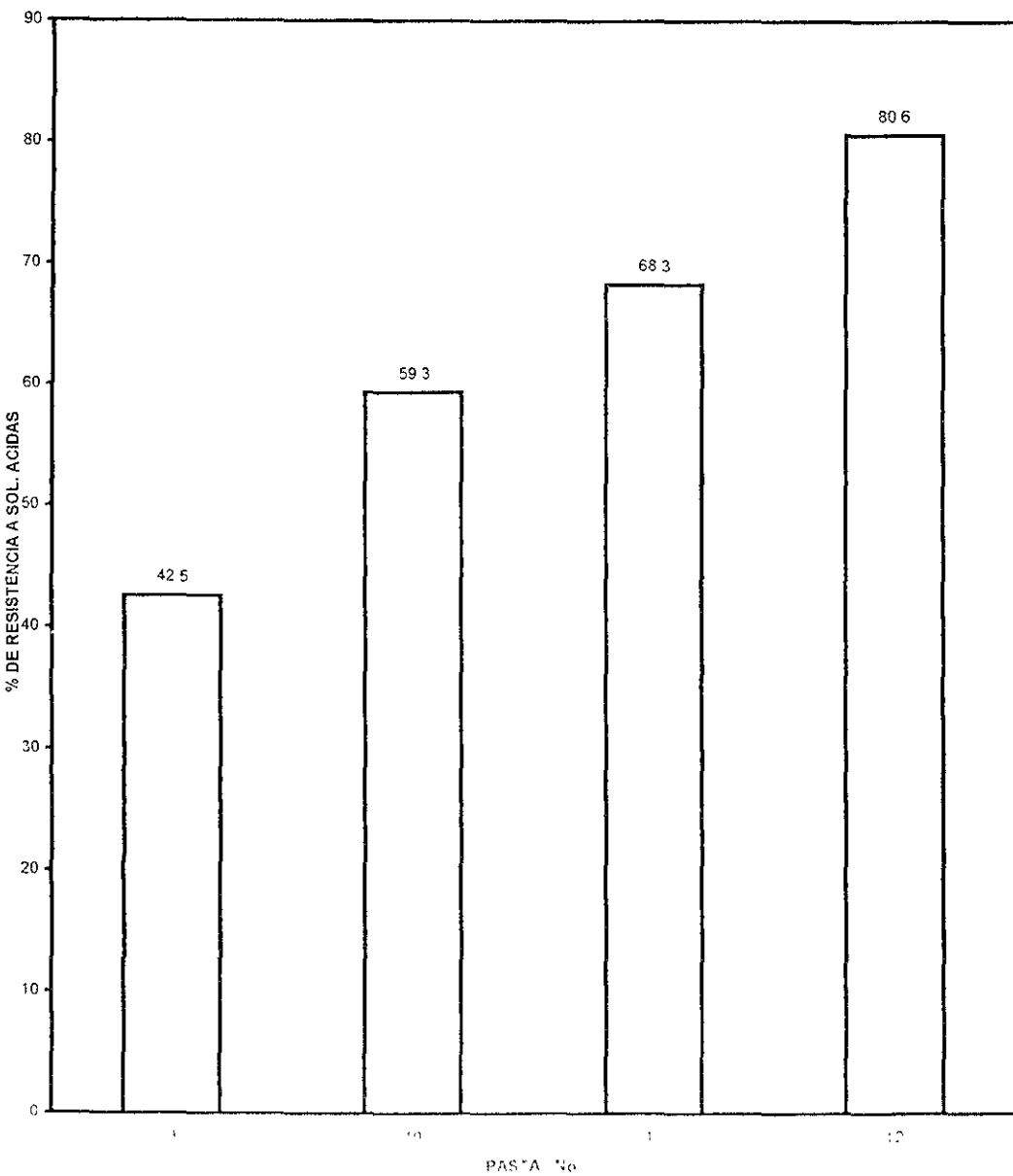


GRAFICA 4: % DE RESISTENCIA A SOLUCIONES BÁSICAS



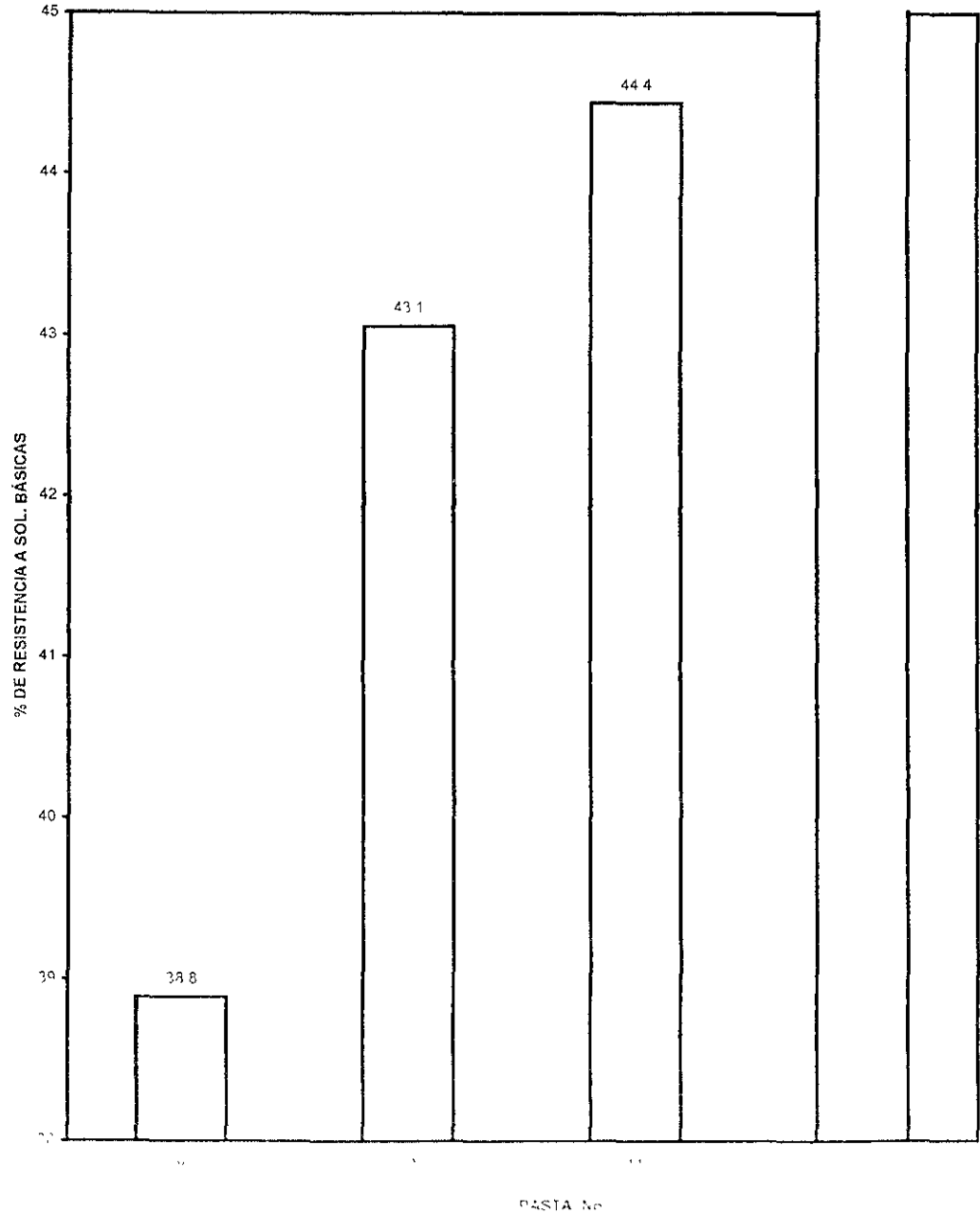
GRAFICA No.5 % RESISTENCIA A CHOQUES TERMICOS



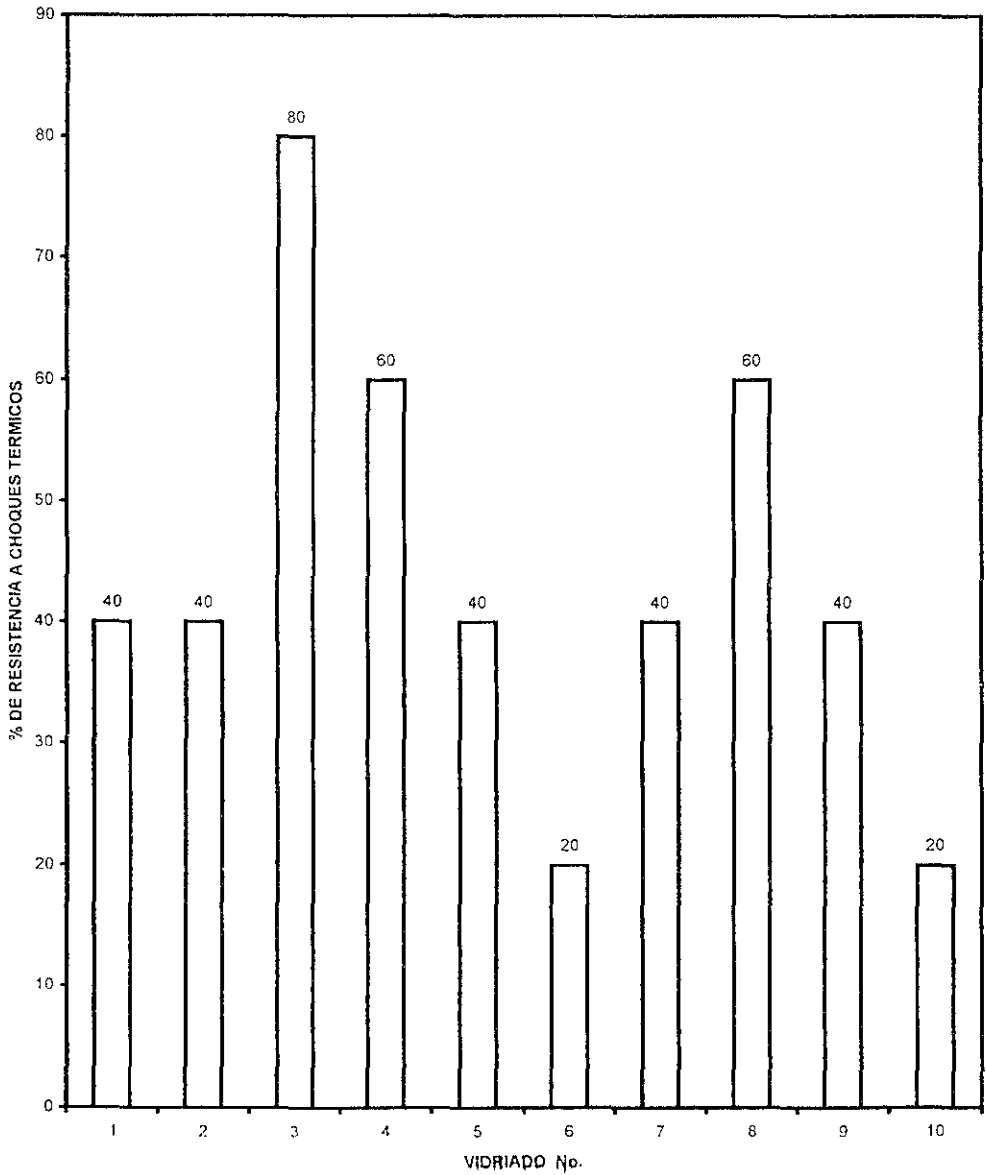
GRAFICA No. 6: % DE RESISTENCIA A SOL. ÁCIDAS
(HCl conc.)

GRAFICA No. 7: % DE RESISTENCIA A SOL. BÁSICAS
(NaOH, 6M)

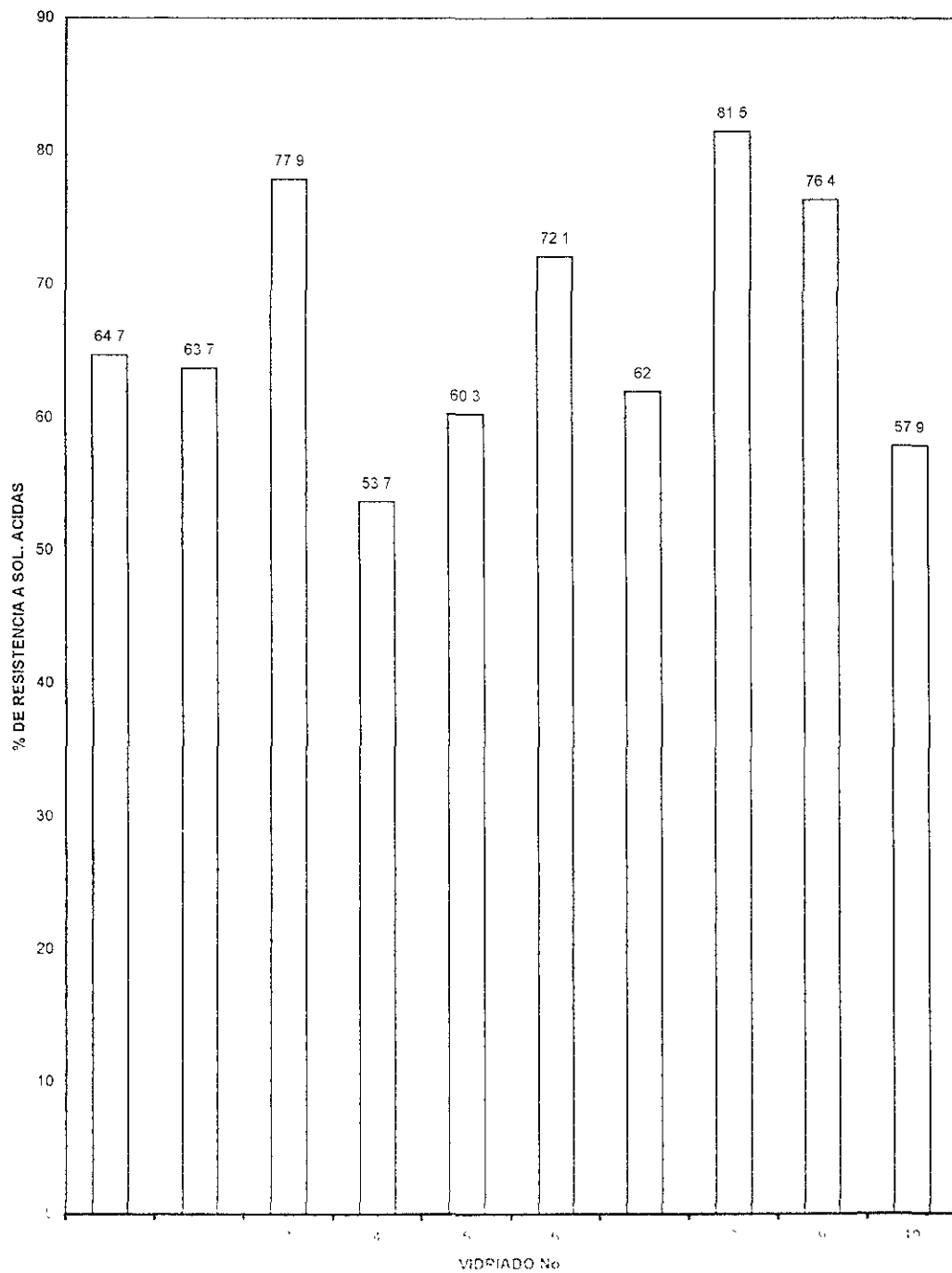
45 8



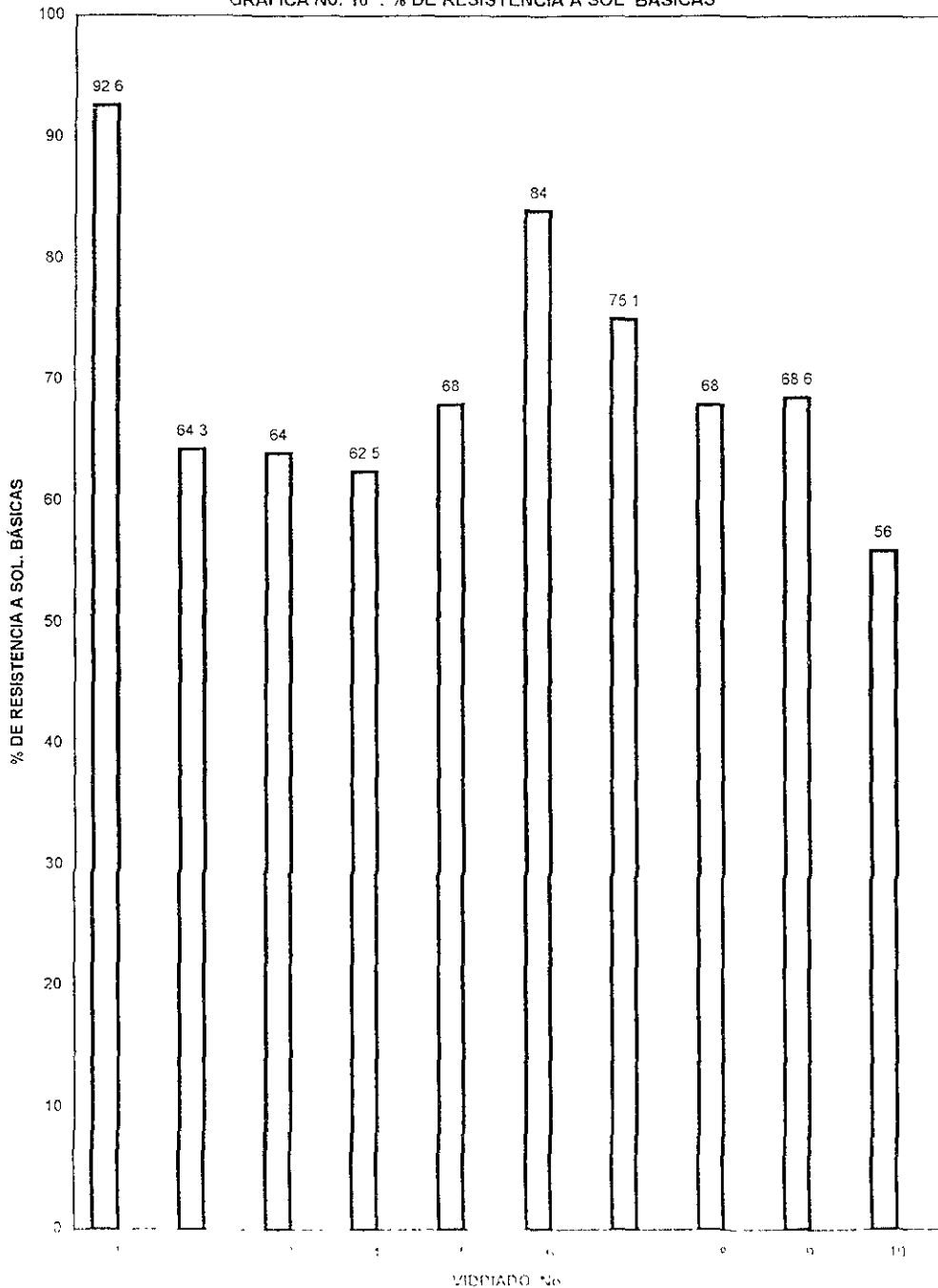
GRAFICA 8 · % DE RESISTENCIA A CHOQUES TERMICOS (1000°C)

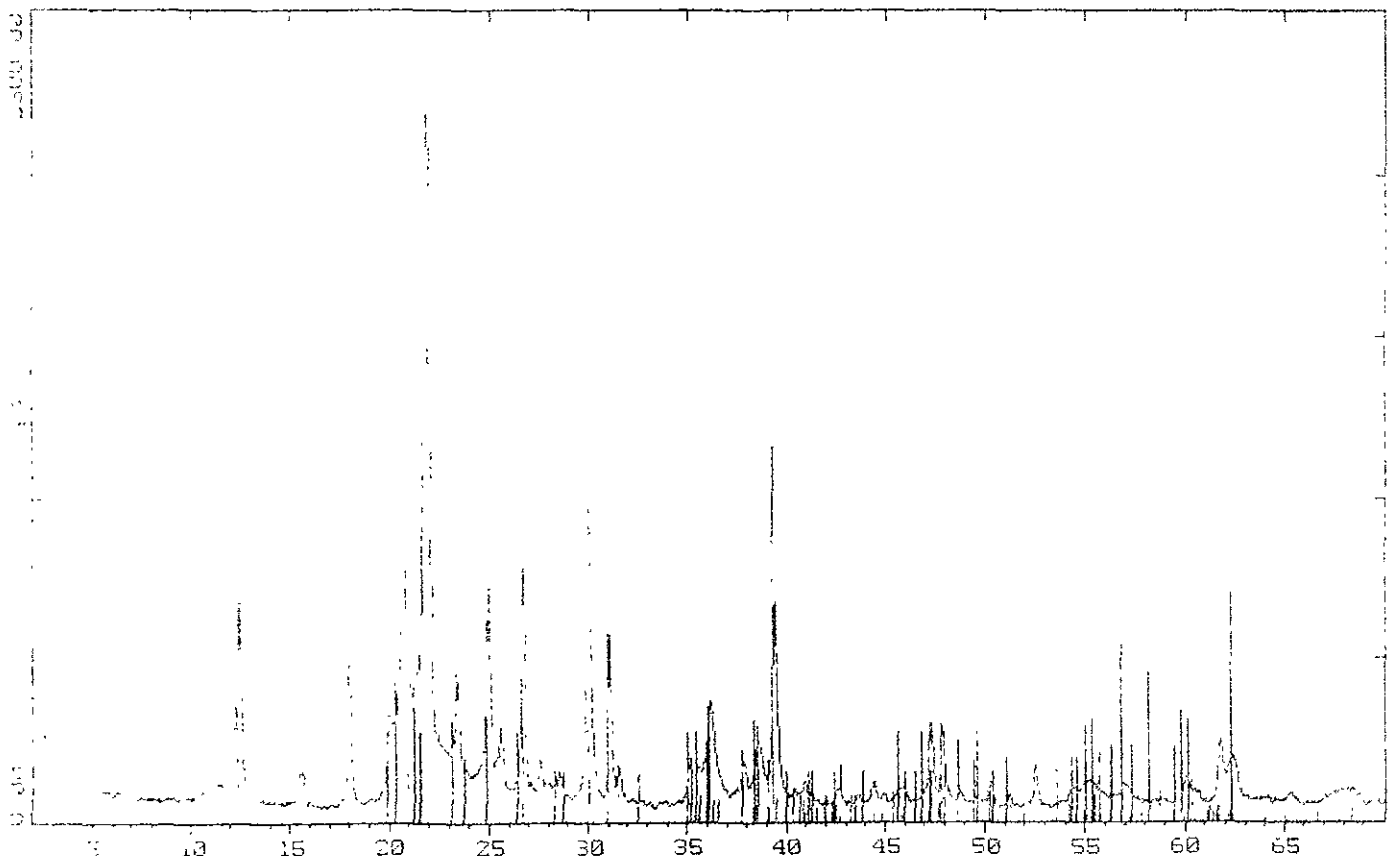


GRAFICA No.9 : % DE RESISTENCIA A SOL. ÁCIDAS



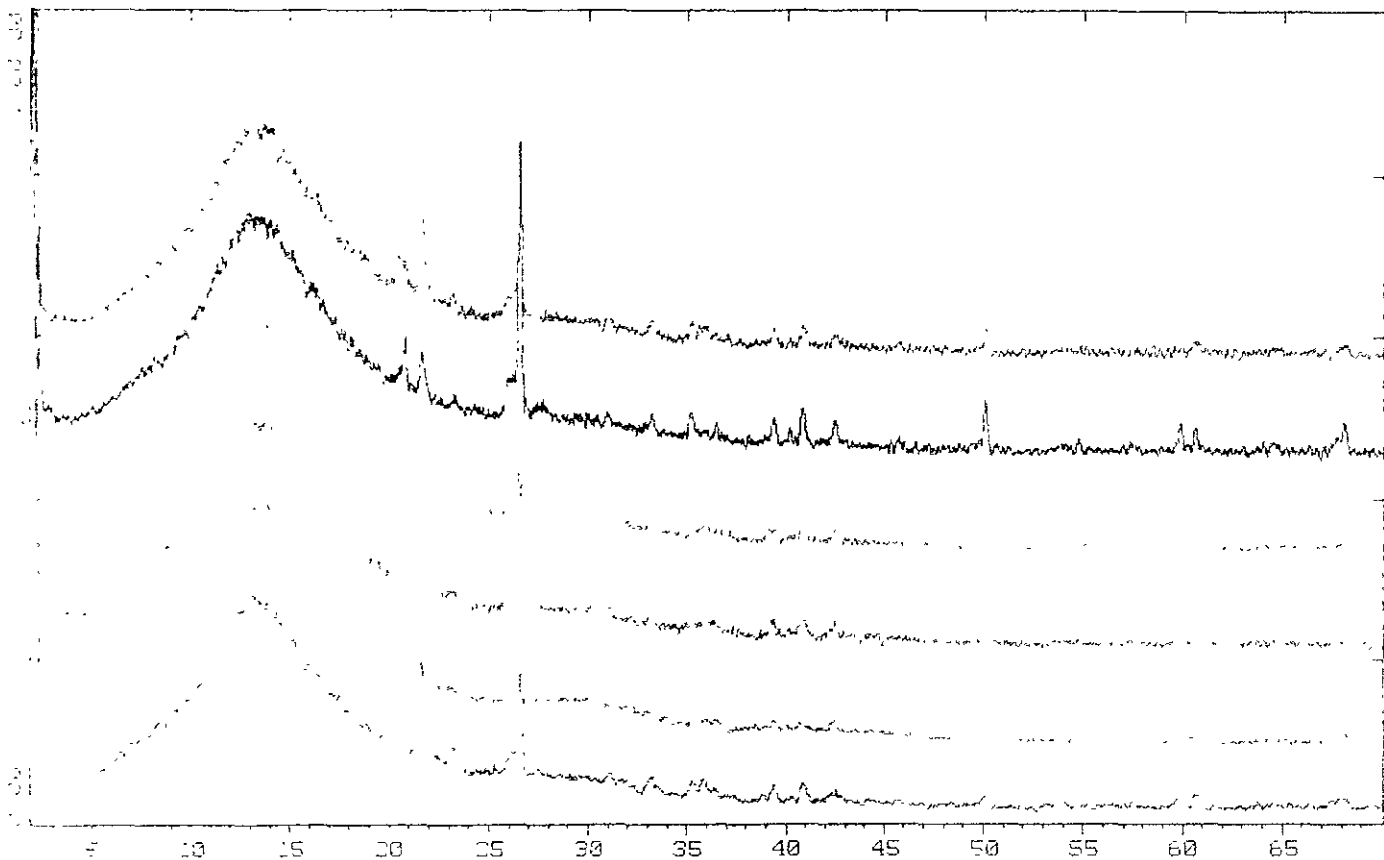
GRAFICA No. 10 : % DE RESISTENCIA A SOL BÁSICAS



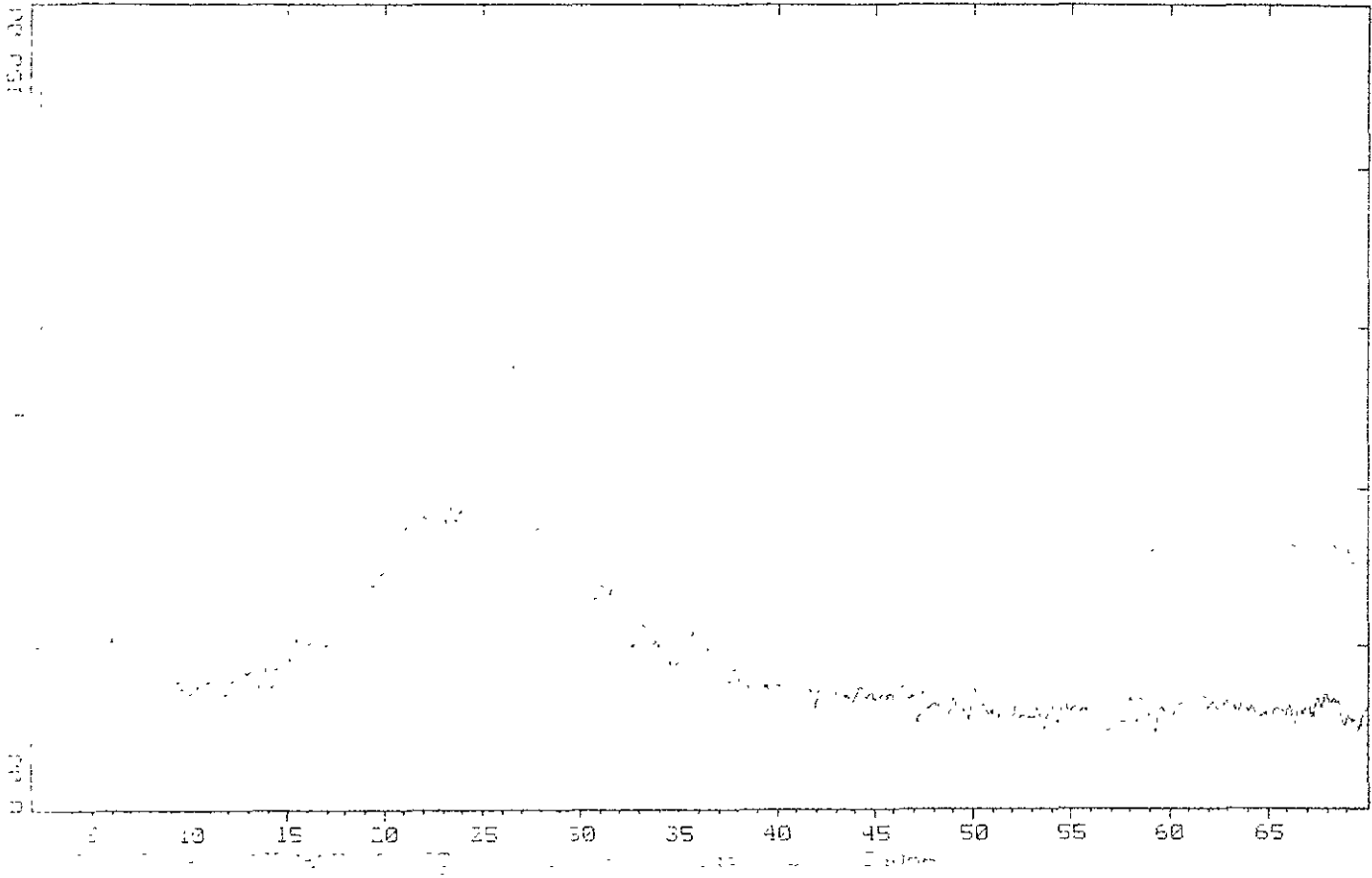


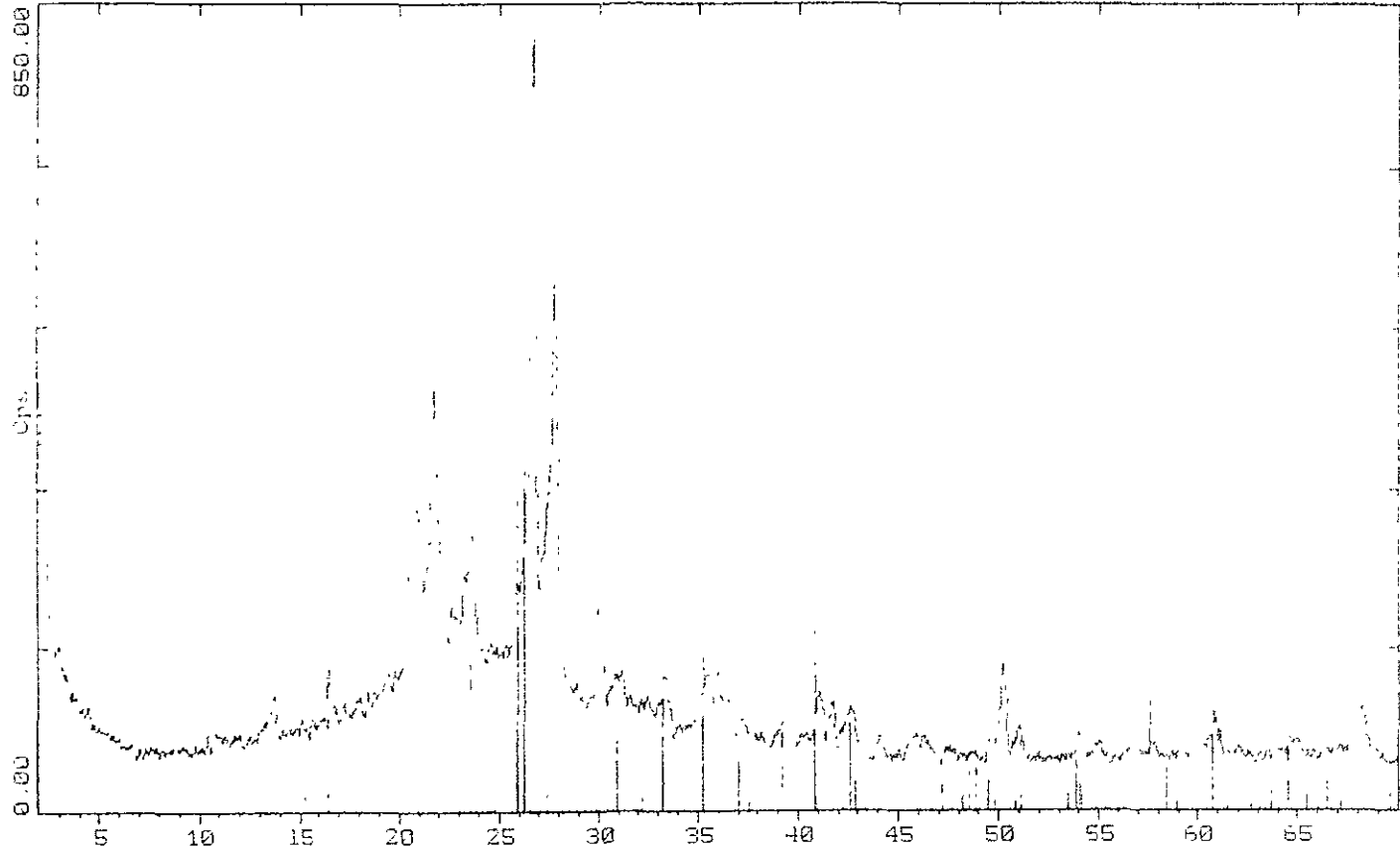
14-0184 (M1231205(OH)4 Raolinite-19 (NL: 1.5406Aa))

14-0184 (M1231205(OH)4 Raolinite-19 (NL: 1.5406Aa))

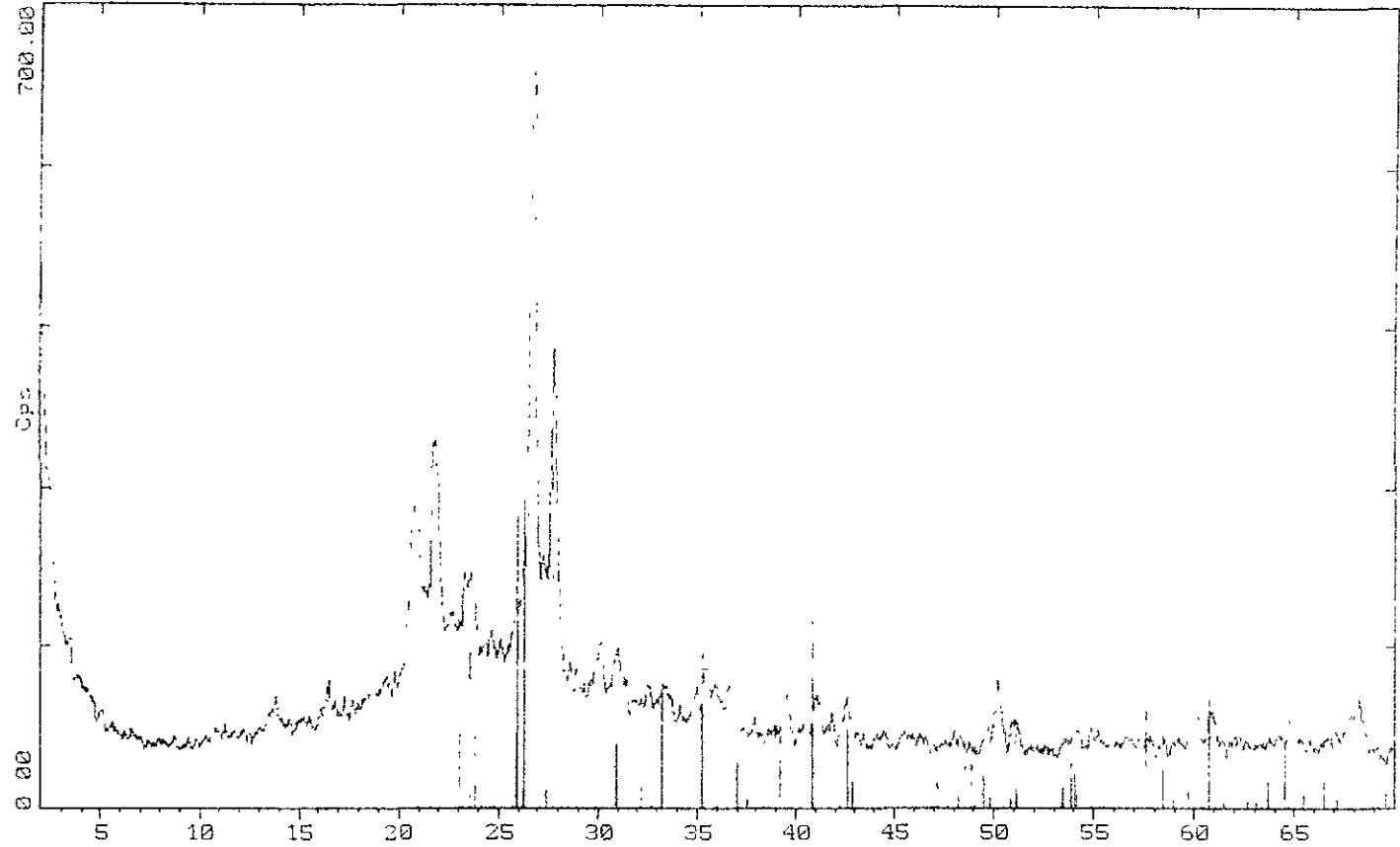


CT 2 SS 0.210dg, WL 1.540640
 SS 0.010dg, WL 1.540640
 DIFFENS.FAW WHERMENS 5 (CT: 0.3s, SS:0.010dg, WL: 1.540640)
 SS 0.010dg, WL: 1.540640





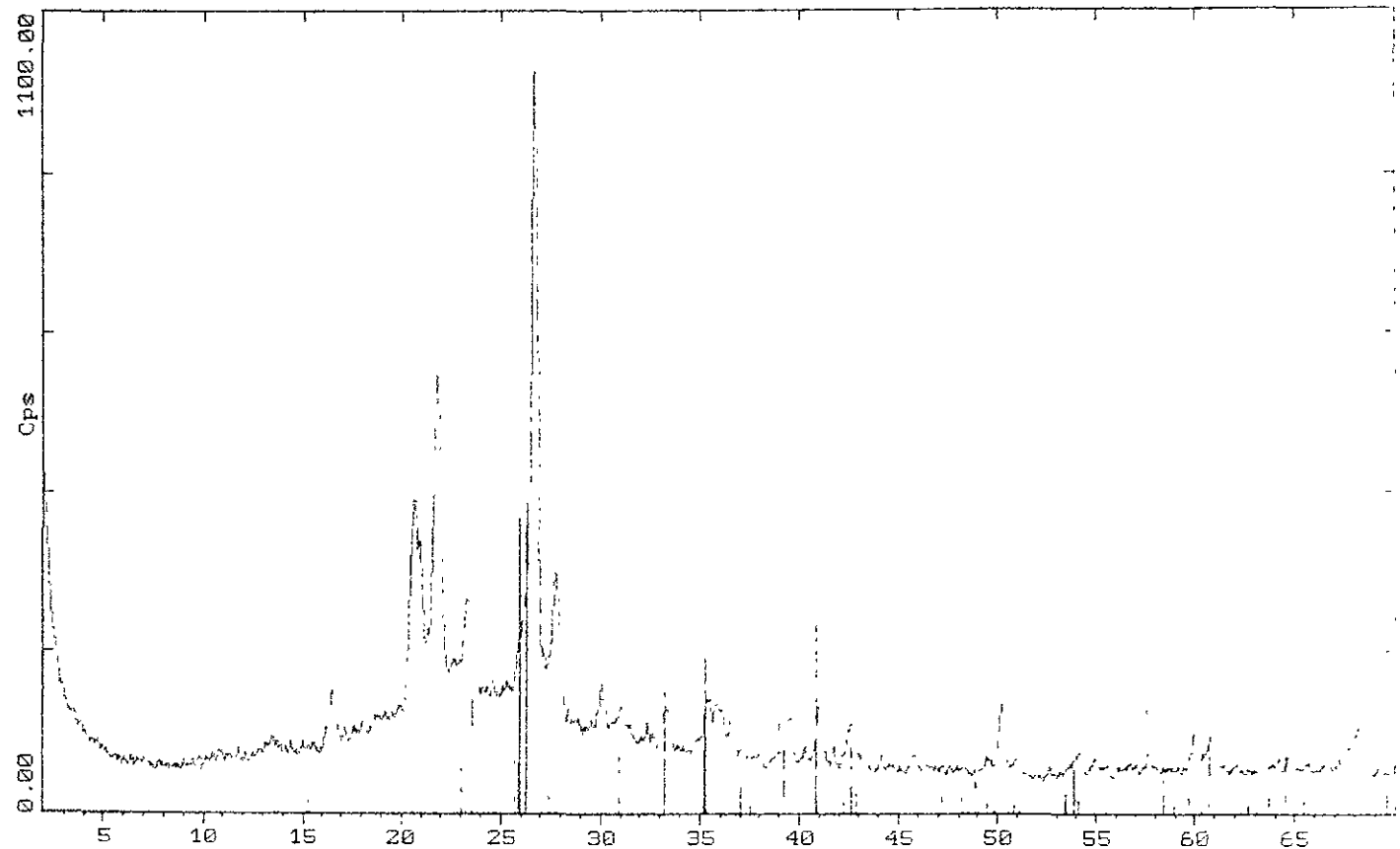
15-0776 : 4168:2013 Mullite, syn (WL: 15406Aa)
 15-0776 : 4168:2013 Mullite, syn (WL: 15406Aa)
 15-0776 : 4168:2013 Mullite, syn (WL: 15406Aa)



INFORMACION: PSECELAM DT. 0.52, 35.21.10g. WL 1.5406A0, TC
 15-0776 1 4168.2013 Mullite, sgn (WL: 1.5406A0)

95

PORCELANA PARA MATERIAL DE LABORATORIO



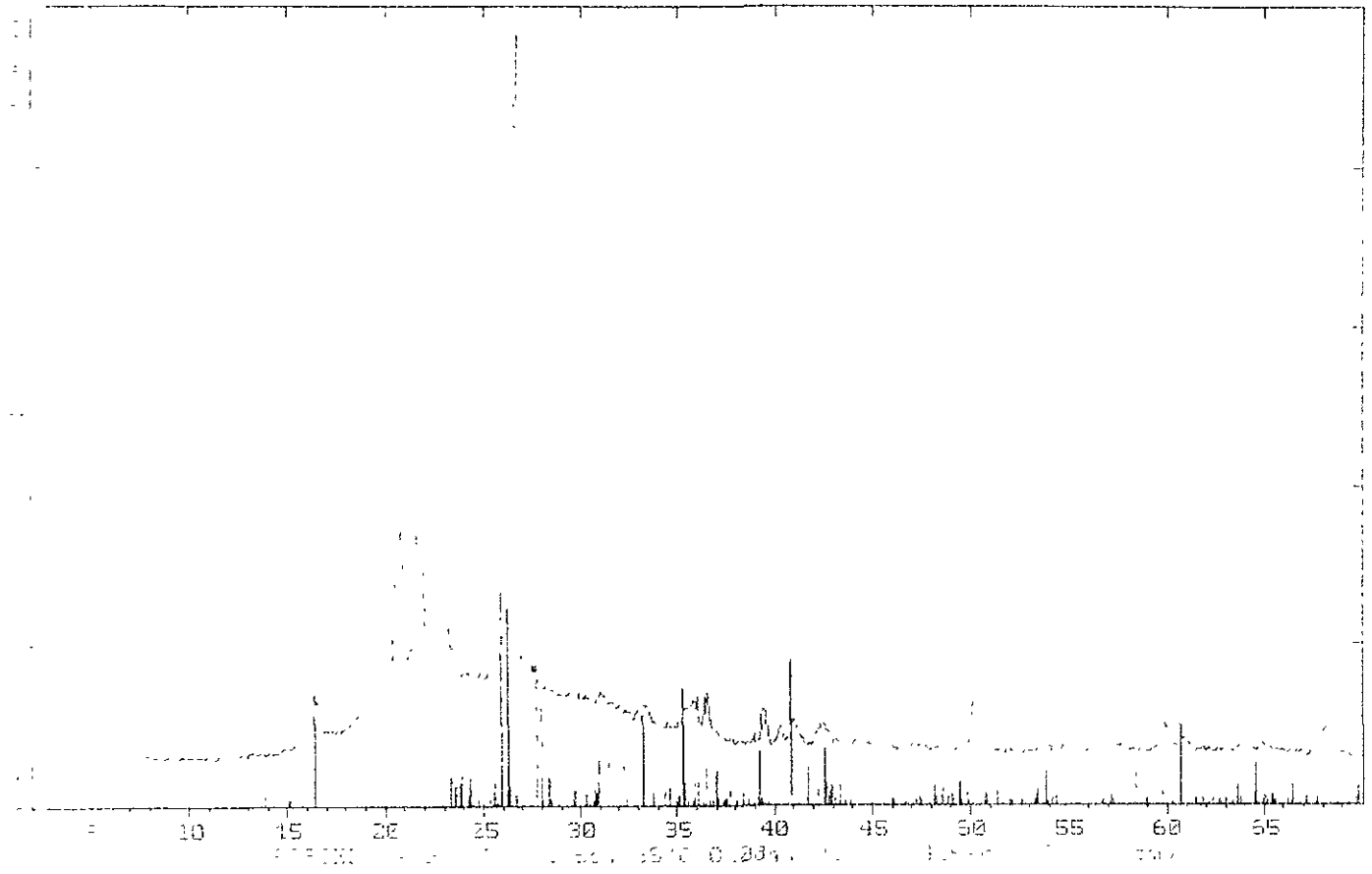
ANIPORC-8.RMK PORCELANA P (C) 0.30. 55 0.3106, W 1.540600 TC 8000

15-0475 - 0.100000 0.100000 0.100000 0.100000 0.100000 0.100000

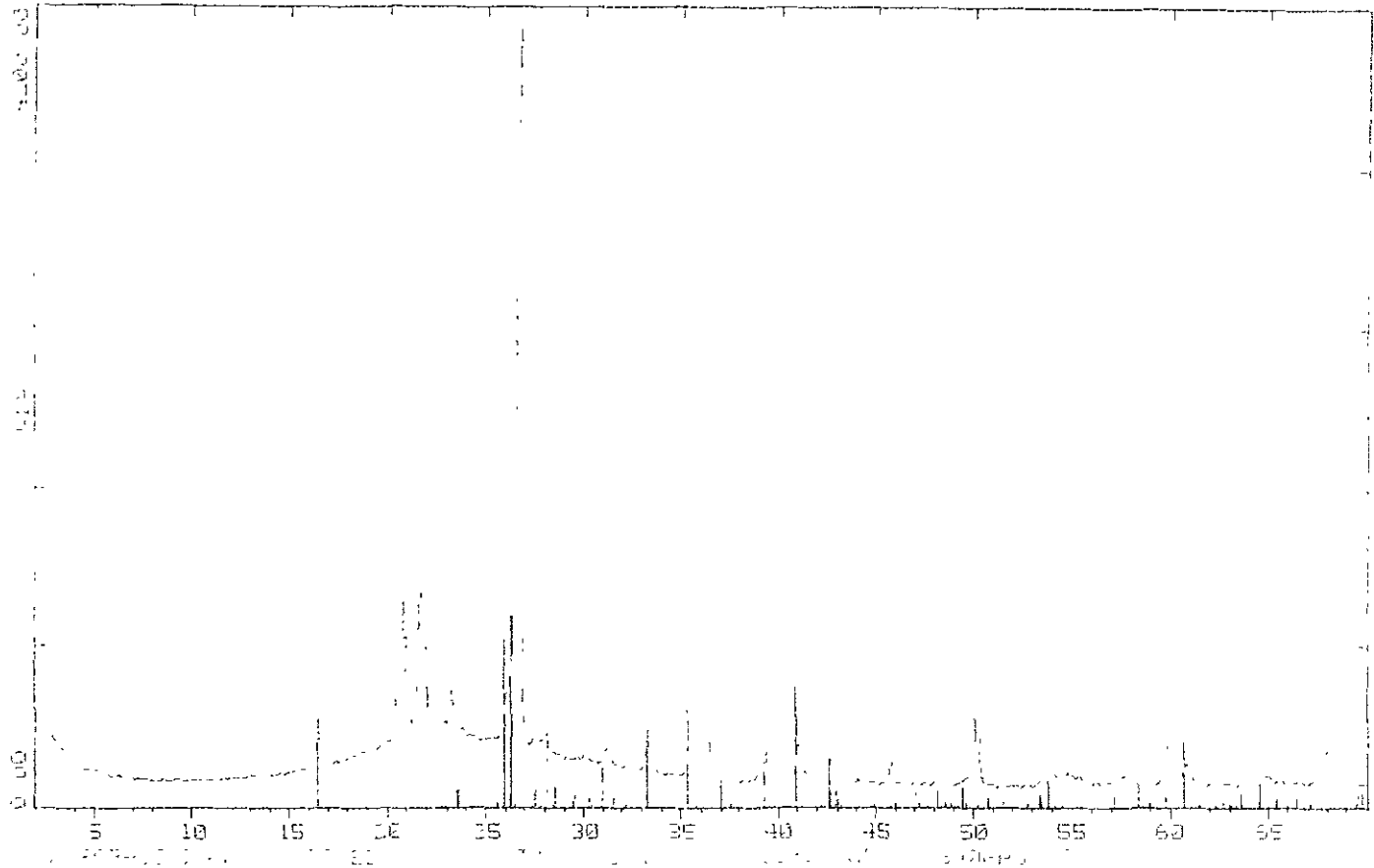
15-1170

15-0776 | Al6S2C13 Mullite, syn (JL: 1.5406A0)

16

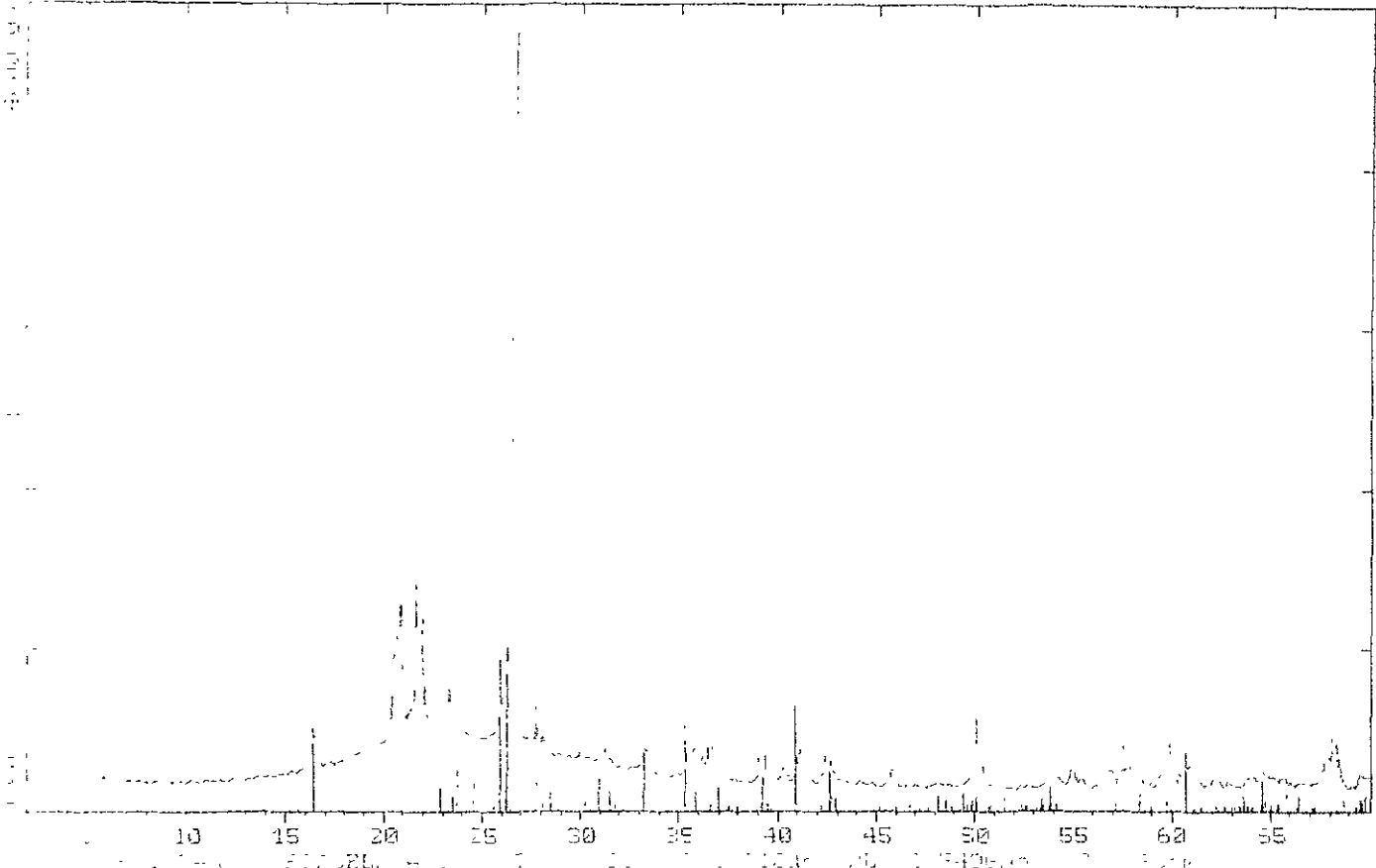


16-0779 916612013 Mullite, sm (WL: 1.5406Ao)
 16-0779 916612013 Mullite, sm (WL: 1.5406Ao)
 16-0779 916612013 Mullite, sm (WL: 1.5406Ao)

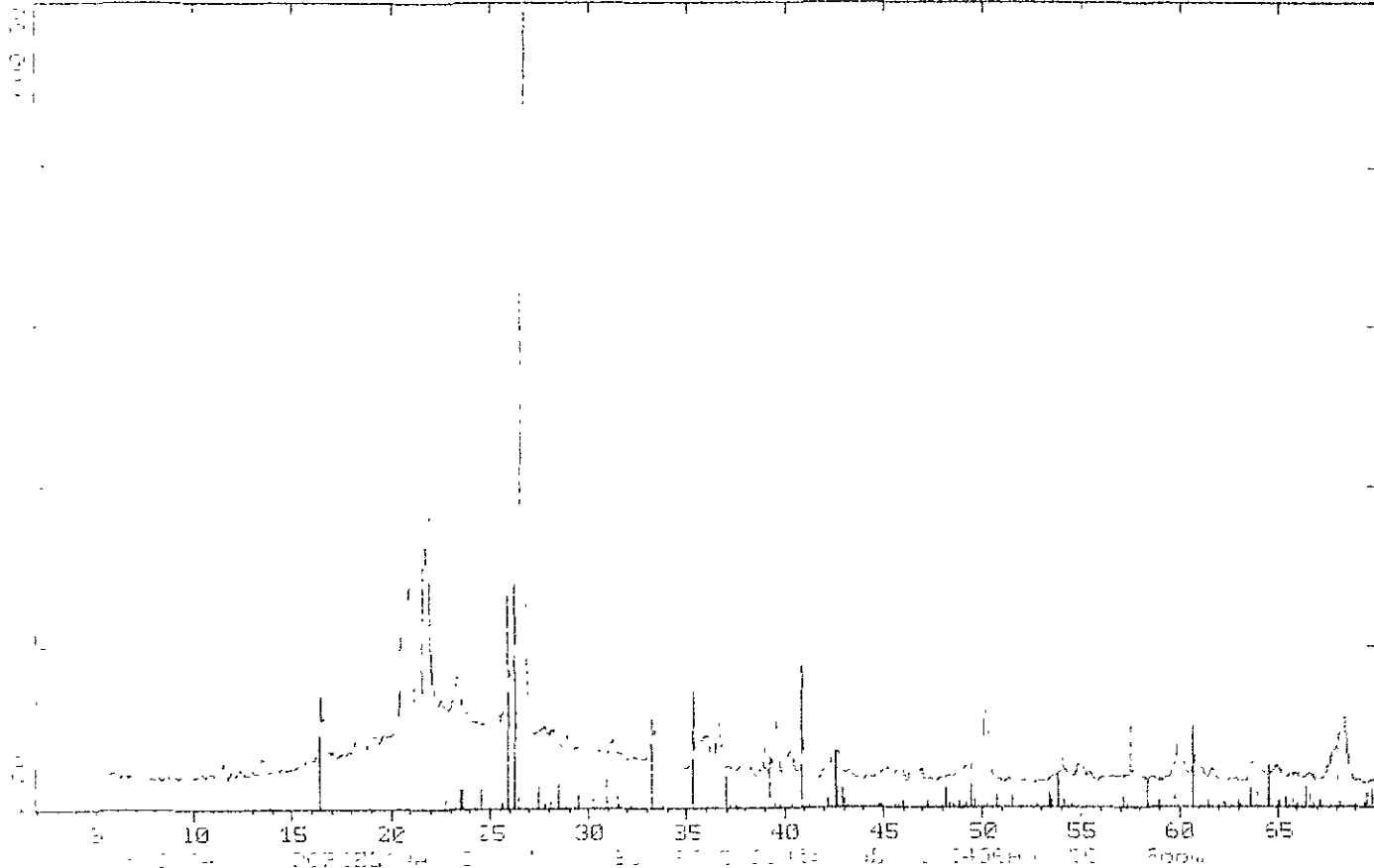


15-0776 1 416812013 Mullite, syn (WL: 1.5406Ao)
 41-1491 1 416812013 mullite, indian (disordered WL: 1.5406Ao)

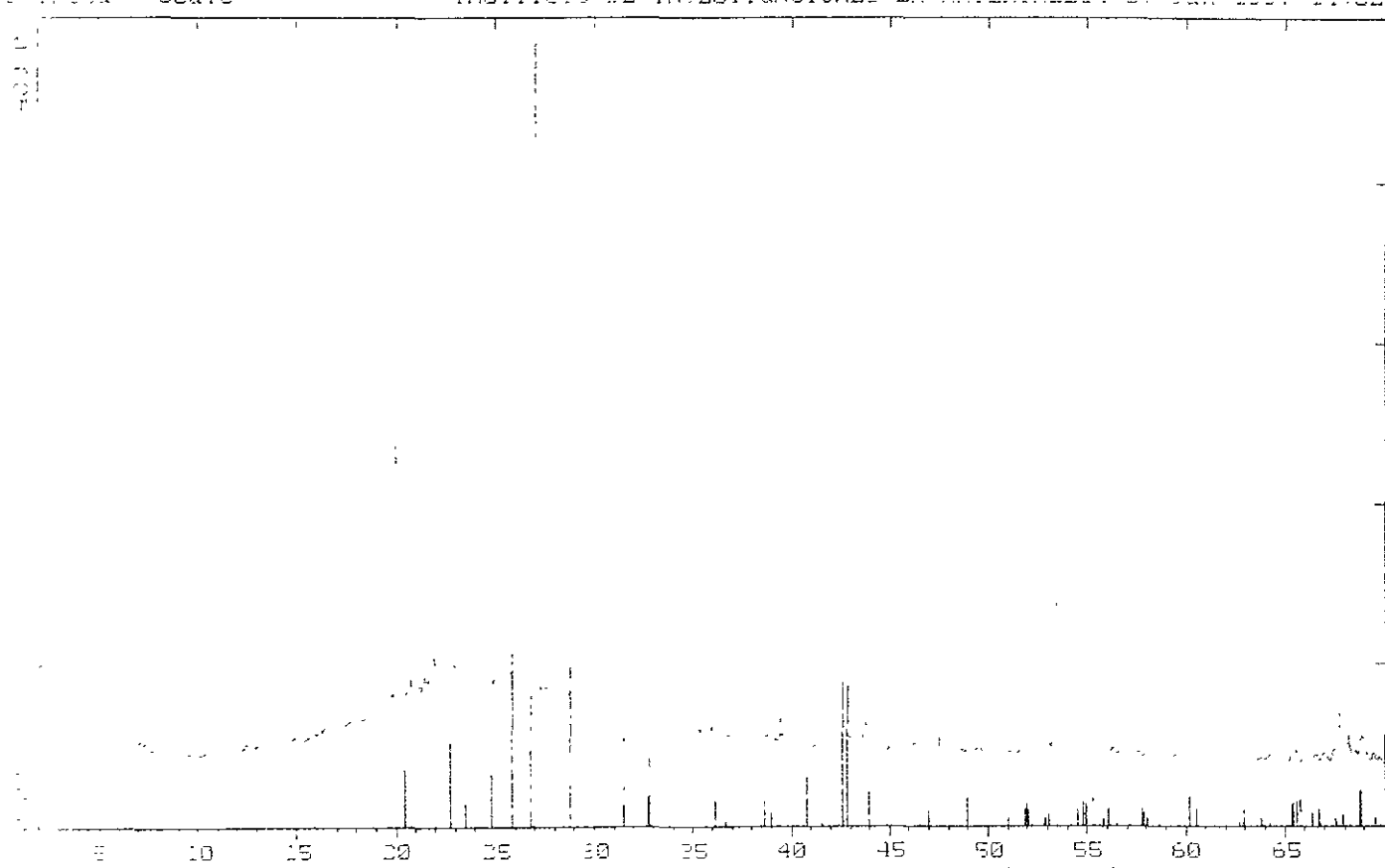
93



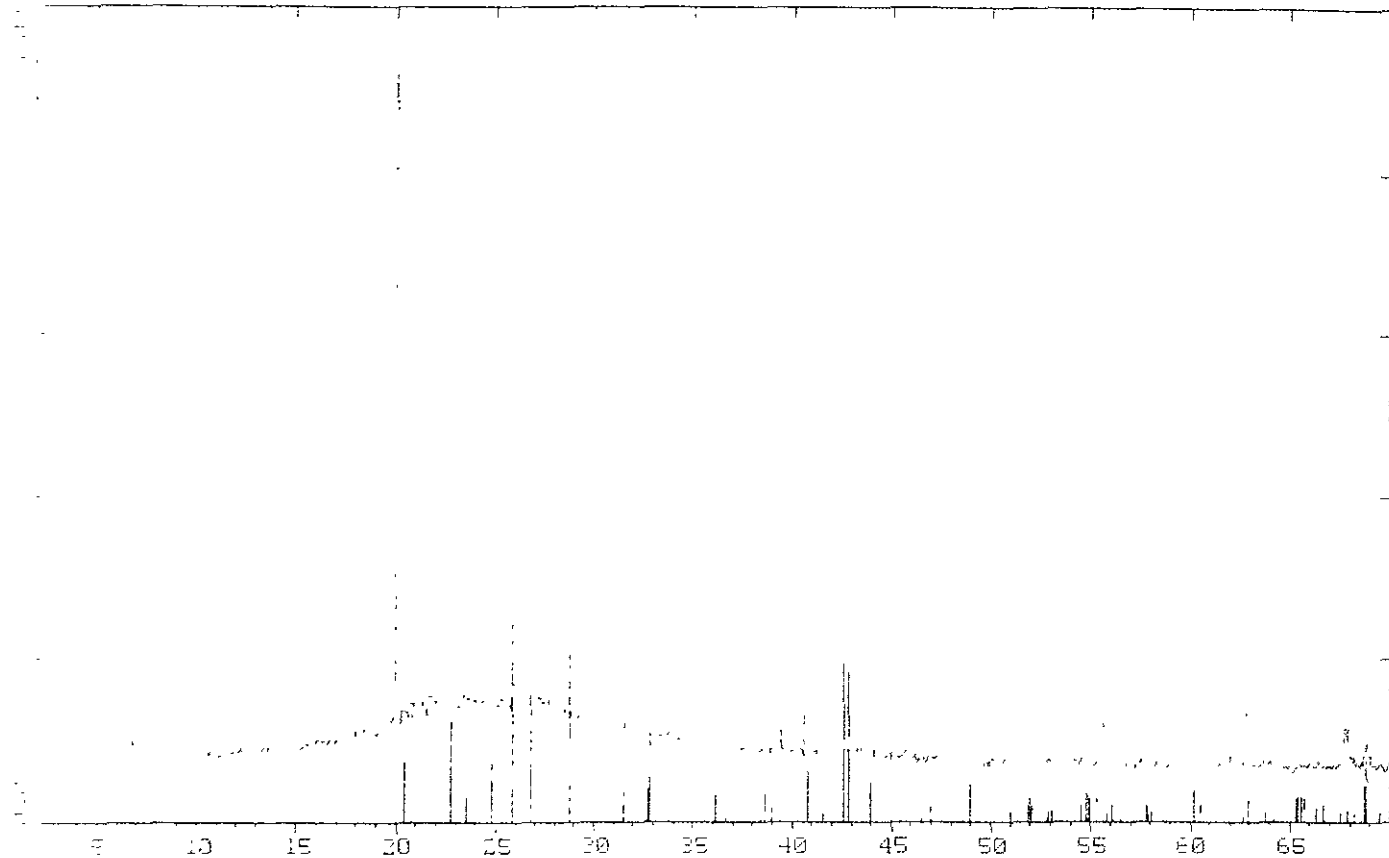
16-0774 : 416812013 Mullite, sm (JL) 1.5406Å
 16-0774 : 416812013 Mullite, sm (JL) 1.5406Å



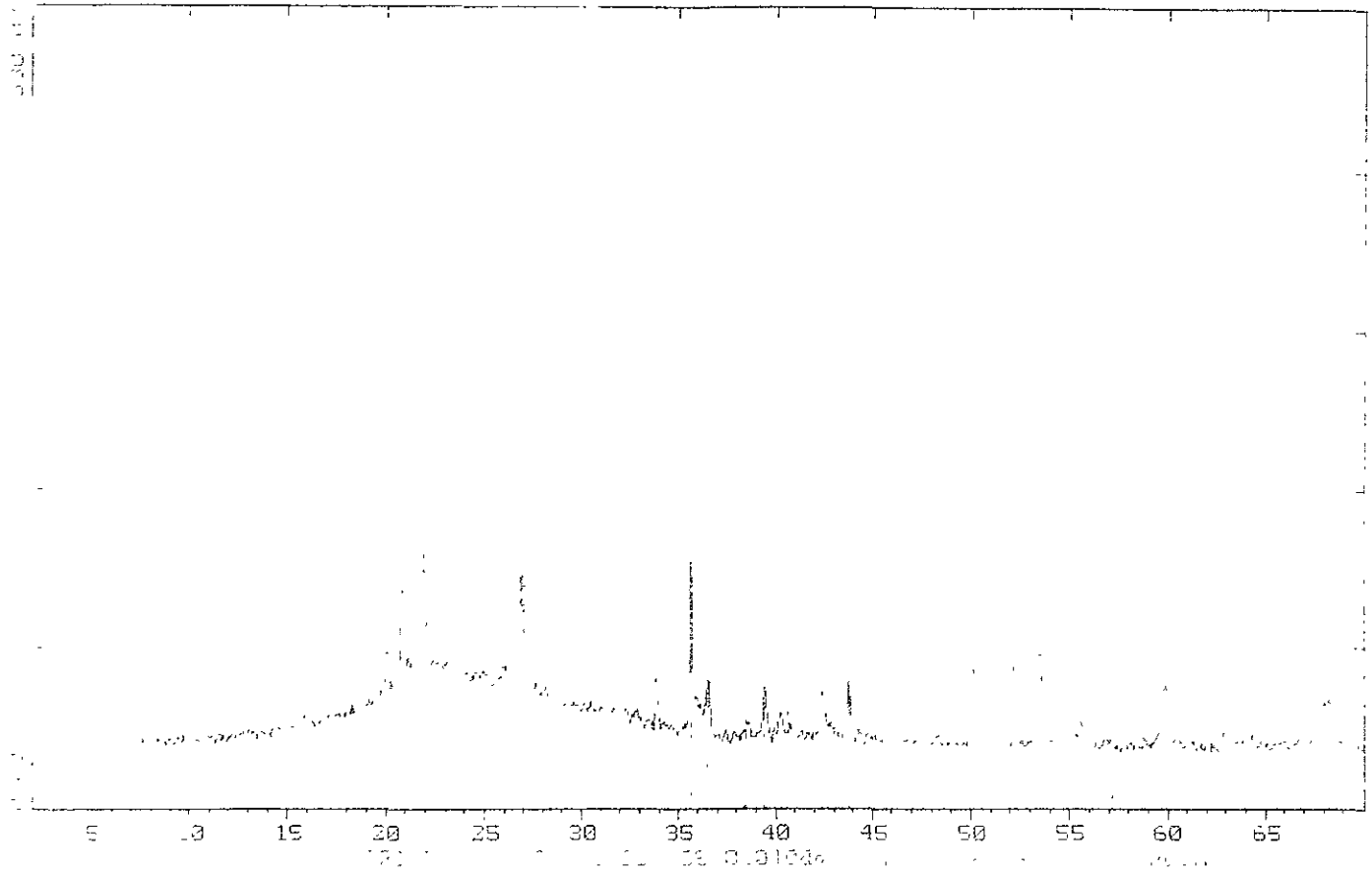
9-0776 1 H16Si2013 Mullite, syn (WL: 1.5406Ao)
 16 140 31.408 Quartzite Indian (ordered (WL: 1.5406Ao)



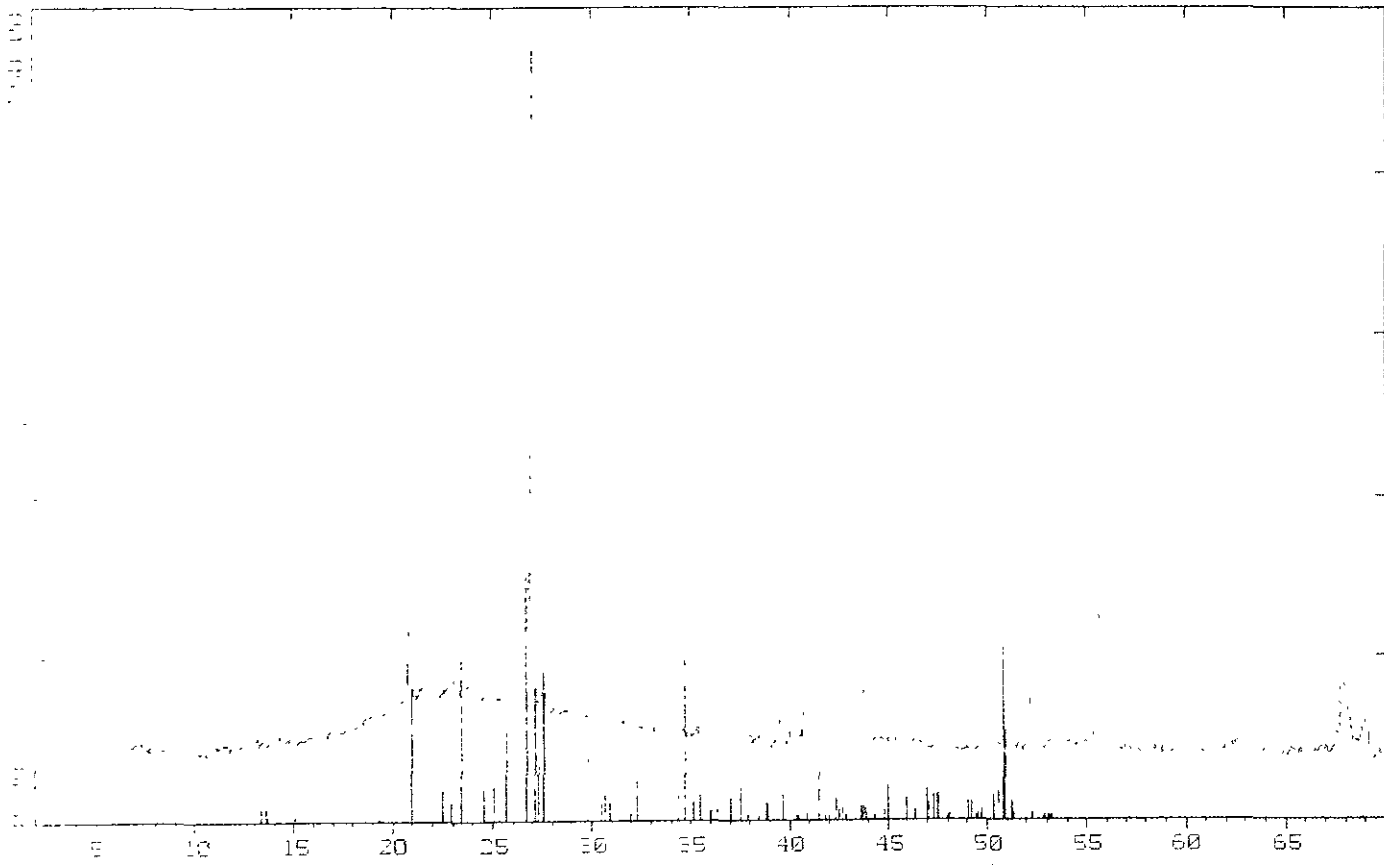
14-035 - BaSO4 Barite, syn (JL: 1.5406Å)



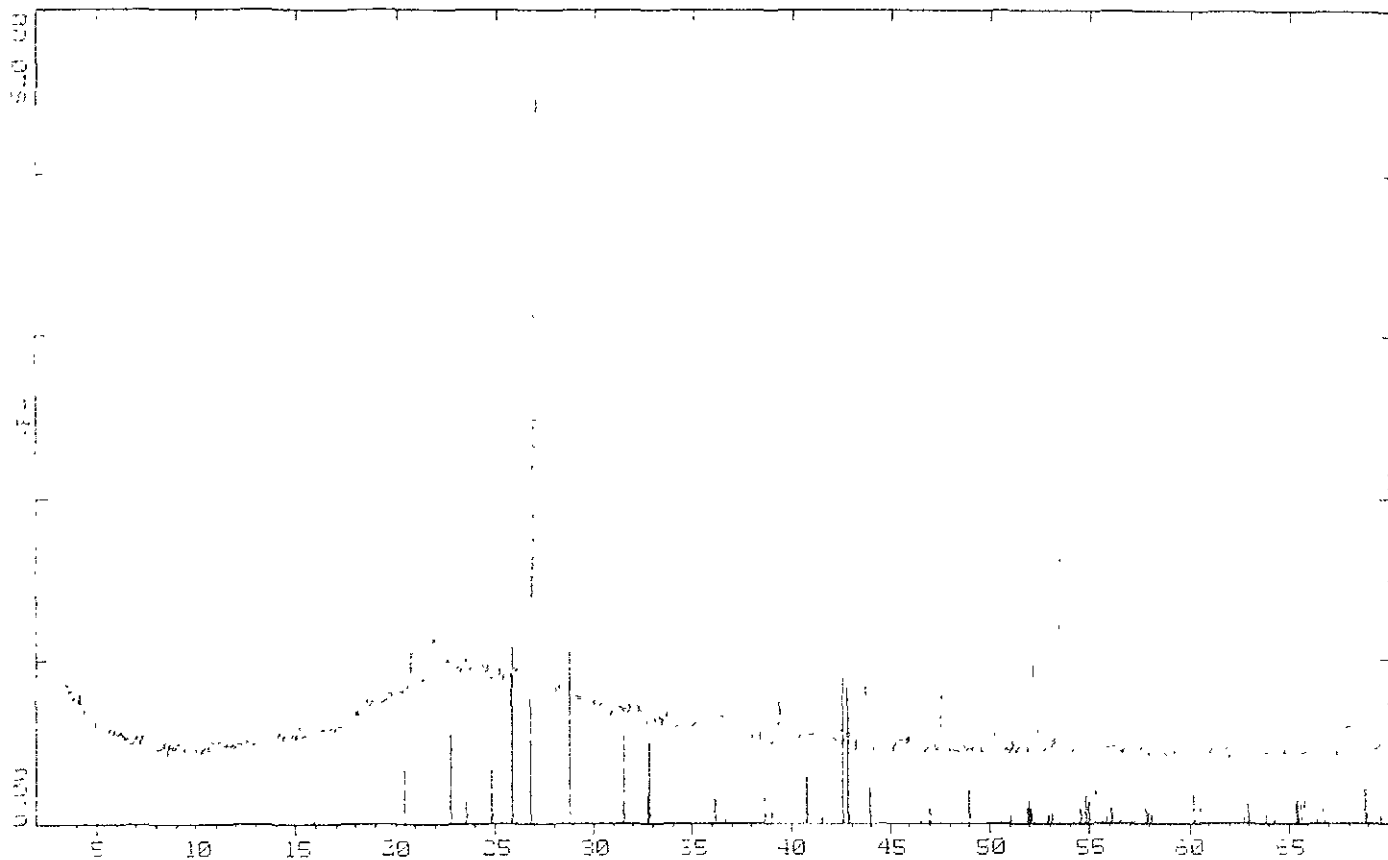
01-318 - BaSO4 Barite, syn (JL 1 E40640)



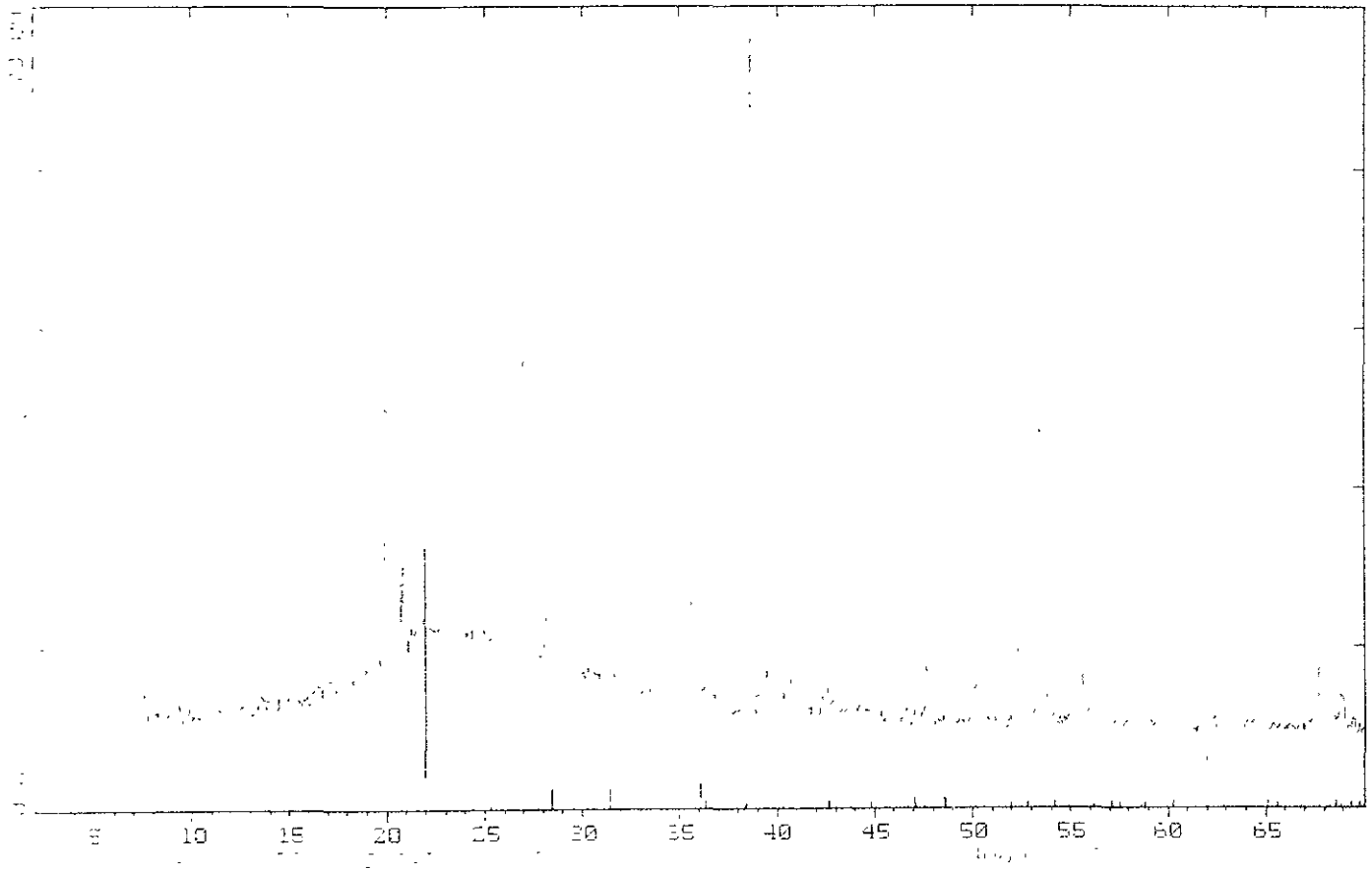
121 11 33 0.01046



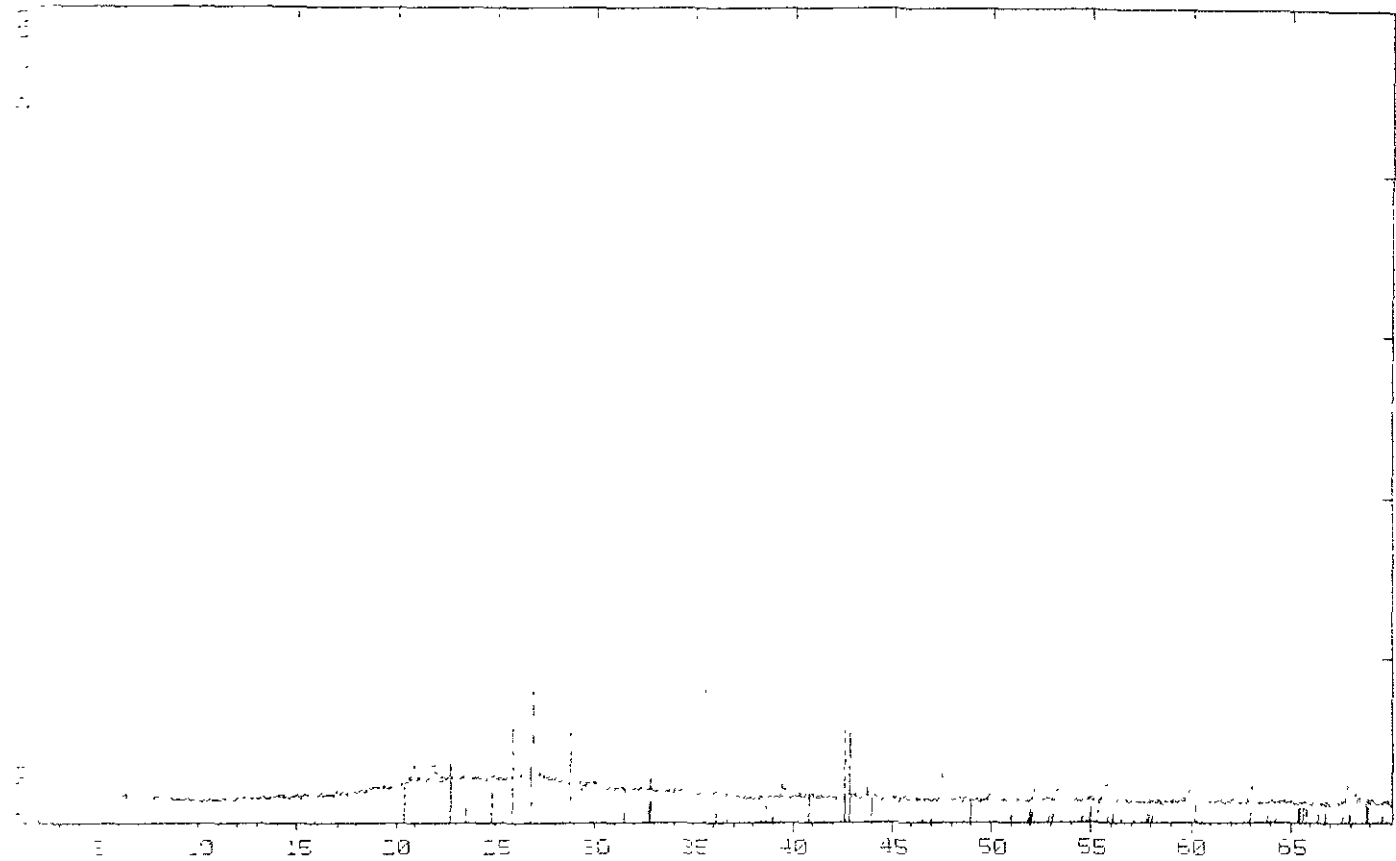
31-06-E - 19:34108 Sanidine, disordered (WL: 1.5406Ao)



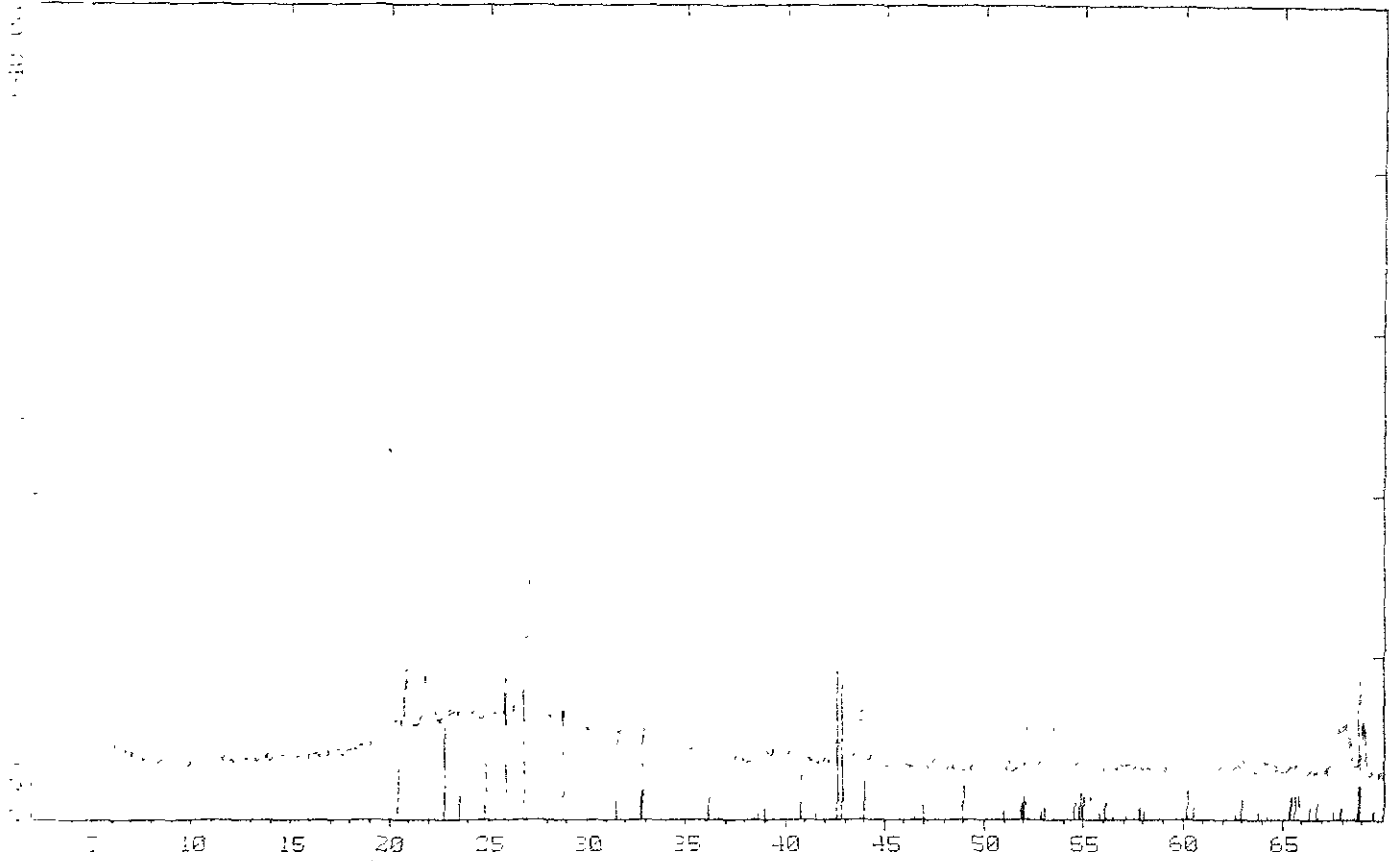
24-1035 - BaSO4 Barite, syn (WL: 1.5406Ao)



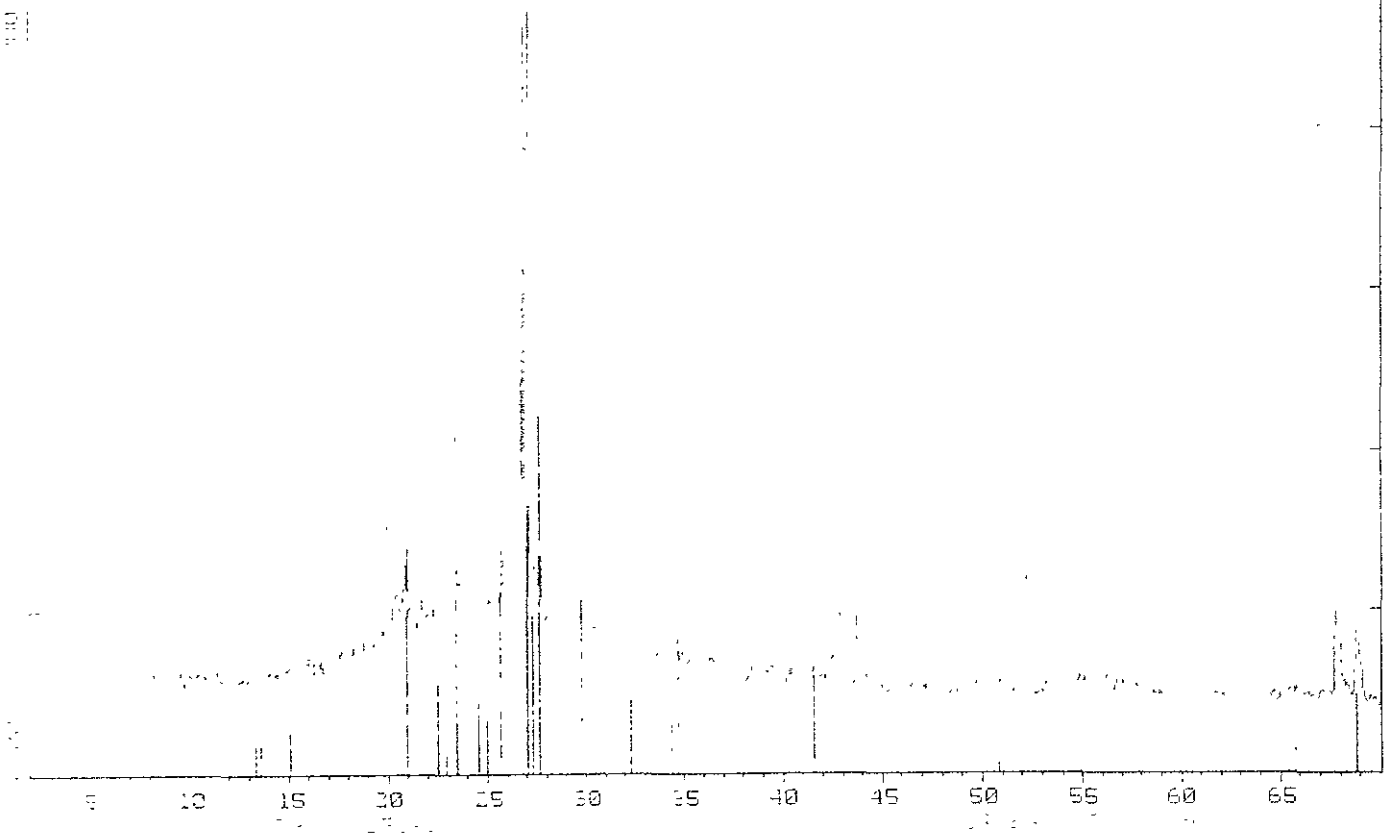
9-1405 - SiO2 Cristobalite, cyn (WL: 1.5406Ao)



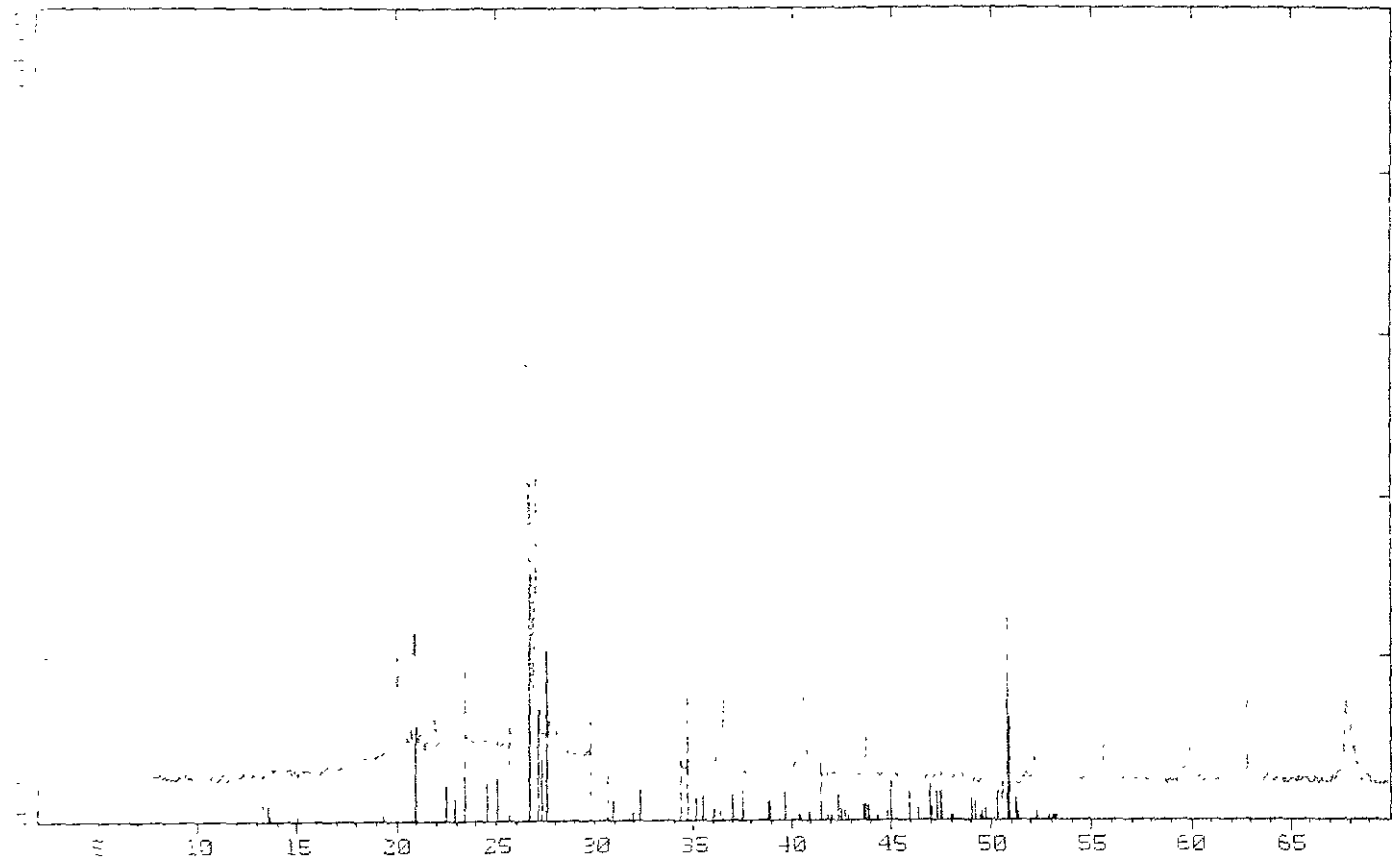
01-1005 - BaSO4 Barite, syn JCL. 1 5406A0



441325 - Sa504 Barite, con (NL 1.5406A0)



17-JISE 1 FH181303 Benidine, high con. 1L - 5406A01



..E-0319 - SIBAL008 Sandine, disordenad NL 1.5406Ad