

## PREFACIO

Este curso sobre vidriados de alta comenzó con una investigación sobre el método japonés de enfocar el tema, que se realizó en un viaje de estudios anual a Japón en 1972. En una serie de tutorías con Masataro Onishi, a la sazón cabeza del Centro de Investigaciones Cerámicas de Kyoto, me explicó la forma en que él enseñaba la tecnología de los vidriados, básicamente mediante un cuidadoso uso de las materias primas, el cuerpo cerámico y la cocción, utilizando la fórmula Seger y un diagrama alúmina/sílice como punto de partida para explicar los fenómenos de los vidriados considerados como vidriados base. También dispuse de una copia del texto *Fundamentals of Glaze Technology* de Etsuzo Kado, que era comúnmente utilizado como libro de texto, y fue traducido para mí por mi patrocinador Shigeyoshi Honda.

A mi regreso a Australia realicé mucha de la experimentación propuesta en el libro de Kado, incluyendo un conjunto de pruebas con caliza variando sílice y alúmina. Me familiaricé con la técnica de las mezclas volumétricas durante algunos años, habiendo sacado la idea del libro de Norton *Cerámica para el artista alfarero*, y utilicé este método para elaborar una serie de 35 vidriados de calcio por mezclas de cuatro componentes que permitiesen variar la sílice y la alúmina manteniendo constante el grupo fundente. Mientras trabajaba con los experimentos de Kado, se me ocurrió la idea de una aproximación sistemática a las bases de vidriado tomando como punto de partida las pruebas mencionadas, pero reemplazando la mitad del calcio por bario, magnesio y cinc, para producir los conjuntos de vidriados de dichos óxidos. Una idea importante aquí, que he mantenido en lo posible a lo largo del curso, es la de variar una sola cosa cada vez para no confundir la cuestión al evaluar las causas y los efectos.

Esta aproximación sistemática a las bases de vidriado es el fundamento del primer curso que impartí en la Asociación de Alfareros de Queensland, en Brisbane, en 1979. El curso de tres horas a la semana durante treinta semanas tuvo una buena acogida e incluyó sesiones teóricas seguidas de sesiones de mezclas de vidriados y su cocción, en suficiente cantidad para que todos tuviesen muestras. Una política abierta de intercambio de información y resultados fue, en general, aceptada por todos, y en esta atmósfera junto a la suma de energía de un grupo de más de cuarenta personas comenzamos a profundizar en el conocimiento de la materia según los resultados de las cocciones eran examinados semana tras semana. Yo aprendí tanto como cualquiera de los estudiantes, habiendo estado ya familiarizado con el trabajo solo teóricamente. Querría expresar mi agradecimiento a muchos de aquellos amigos que tanto contribuyeron al desarrollo de este curso.

Con la experiencia obtenida fui capaz de ofrecerme a la *Australian Flying Arts School* para escribir y dirigir un curso similar por correspondencia y poner estos conocimientos a disposición de todos los ceramistas australianos. La AFAS acogió la idea con entusiasmo y dispuso ayuda por parte de la *Crafts Board of the Australia Council* para publicar una serie de cuadernillos con las notas del curso. Diseñé las probetas para ensayos para posibilitar a los estudiantes enviar muestras de su trabajo a los tutores y ser asesorados sobre la calidad de sus resultados. Pronto resultó evidente que estas probetas tenían valor por si mismas como amplio muestrario, sobre todo en las primeras etapas exploratorias de la investigación, permitiendo la manipulación de un gran número de muestras, debido a su reducido tamaño, así como la cocción simultánea de gran cantidad de vidriados en condiciones virtualmente idénticas. El uso de estas probetas ha quedado en la versión escrita del curso como la primera fase común a cualquier investigación. El curso de AFAS por correspondencia se ha impartido satisfactoriamente desde 1980, dando unos sólidos fundamentos sobre la tecnología de los vidriados a centenares de ceramistas australianos y de otros lugares del mundo.

En 1984 se realizó una revisión completa del curso en la que se corrigieron algunos defectos, reescribiéndose todo el texto, que se presentó como un libro. El marco original del conjunto de bases de vidriados se modificó en lo que he llamado la aproximación de *cuadrícula de bases* para incluir algunos vidriados interesantes bajos en sílice y excluir otros altos en sílice que con frecuencia no funden bien. También se incluyeron otros grupos completamente nuevos. Sobre esta misma época, me di cuenta de lo útiles que podían ser los ordenadores; me enviaron impresas, elaboradas por un estudiante de Sidney, todas las recetas correspondientes a los conjuntos de vidriados base del curso de AFAS. Investigué la posibilidad de procesar los datos por computador. Estoy muy agradecido a mi amiga Wendy Archer por enseñarme a utilizar un pequeño ordenador; con su ayuda fui capaz de hacer algunos programas para realizar algunos cálculos engorrosos y problemáticos que pudieron ser eliminados del curso. Se crearon una serie de programas que permitiesen todas las conversiones básicas (fórmula a receta, fórmula a fórmula porcentual, etc.) a partir de una hoja de cálculo llamada *Supercalc*. También conseguí una copia del programa que generaba la impresión de las recetas, y se elaboró uno parecido utilizando *Supercalc*. Entonces, en un par de semanas, pude preparar una presentación de todos las recetas, fórmulas Seger y fórmulas porcentuales de todos los grupos de

vidriados base, así como también de la mayoría de vidriados de la parte II. De esto resultó una aproximación a la teoría de los vidriados, presentando la composición de estos en las tres formas clásicas (receta, porcentaje de óxidos y fórmula Seger), que permitía un acceso fácil a los datos independiente de todo su tedioso trabajo de cálculo.

Este libro se presenta como la culminación de todo el proceso y ofrece:

1. Una aproximación sistemática a la teoría de los vidriados.
2. una técnica eficiente para la preparación y manipulación de un grupo grande de muestras, y
3. datos accesibles de todos los vidriados presentados en el curso.

Especial agradecimiento a mi profesor, Peter Rushforth, por su constante ayuda, inspiración y amistad, a Shigeo Shiga, cuya esencial ayuda en mi estudio de la cerámica japonesa sustentó el punto de partida de este libro, y a Shigeyoshi Honda, cuya paciencia y generosidad contribuyó mucho al éxito de mis estudios en Japón.

## DESCRIPCIÓN ESQUEMÁTICA

### GUÍA PRÁCTICA

Leer esto en primer lugar para una introducción sobre el punto de vista presentado en este libro.

**Para el principiante...** que se encuentra con todos los diagramas y vocabulario y se dice “esto es demasiado técnico para mí”, aquí tienes una Guía para demostrarte que no es el caso.

**Para el profesor...** que busca una forma de aproximación a la enseñanza de los vidriados se le mostrará la unión entre práctica y teoría y un método eficiente para producir un amplio muestrario que constituirán una referencia más valiosa que cualquier libro.

**Para el ceramista con experiencia...** que a través de su trabajo ha adquirido un conocimiento de los vidriados, le ayudará a dar un salto cualitativo sin necesidad de volver a pasar por una serie de lecturas elementales.

La guía consiste en la lectura del material listado a continuación y en la realización del experimento nº 3, descrito en la página 52. Esto servirá para conocer el núcleo del método desarrollado en este libro. Nos mostrará el método de trabajo así como la relación entre los resultados obtenidos y la teoría.

Antes del experimento, leer las siguientes páginas:

8 – 9... Orientación para la selección de materiales.
16 – 19... Empezando. Requisitos materiales.
21 – 24... Mezclas volumétricas. Montones de vidriados con poco trabajo.
25 -27... Diagramas de bases y mezclas biaxiales.
28 – 33... Método experimental para mezclas biaxiales.
45 – 47... Comentarios preliminares sobre los experimentos.

Entonces debería realizarse el experimento.

Después de la cocción, leer las siguientes páginas:

24... Marcado de las probetas y registro de los datos.
33... Ordenación de los resultados.
35... Interpretación de resultados.
36 – 39... Efectos de la variación de alúmina y sílice.
52 – 53... Tablas de resultados y comentarios sobre los resultados.
51 – 53... Tablas y hoja de cálculo.

Los siguientes puntos deberán quedar claros para entonces:

1. La *producción masiva* de pruebas de vidriado por mezclas volumétricas y *mass handling* por asignación de las probetas nos provee de un método suficiente para cubrir un amplio rango de vidriados similares.
2. El estudio de grupos de vidriados similares nos abre las puertas a la comprensión de causas y efectos.

3. La combinación de los resultados obtenidos con la teoría del libro nos suministra una esclarecedora fusión de teoría y práctica.
4. Los datos aportados en el libro unifican las tres fuentes habituales de expresión de los vidriados: receta, fórmula Seger y fórmula porcentual.

### LOS VIDRIADOS BASE – UNA CLAVE PARA EL ESTUDIO DE LOS VIDRIADOS

Si queremos comprender por qué los vidriados se comportan como lo hacen, deberíamos comenzar con un estudio de los vidriados base, es decir, el vidriado antes de añadirle colorantes u opacificantes, ya que muchas de las cualidades del vidriado que interesan al ceramista se pueden entender para dicho vidriado simple. Propiedades tales como la matidez, brillo, opacidad, transparencia, ajuste al soporte, ciertas respuestas al color, etc., pueden explicarse de manera más sencilla considerando solo el vidriado base. La parte I de este curso presenta una aproximación sistemática a las bases de vidriado.

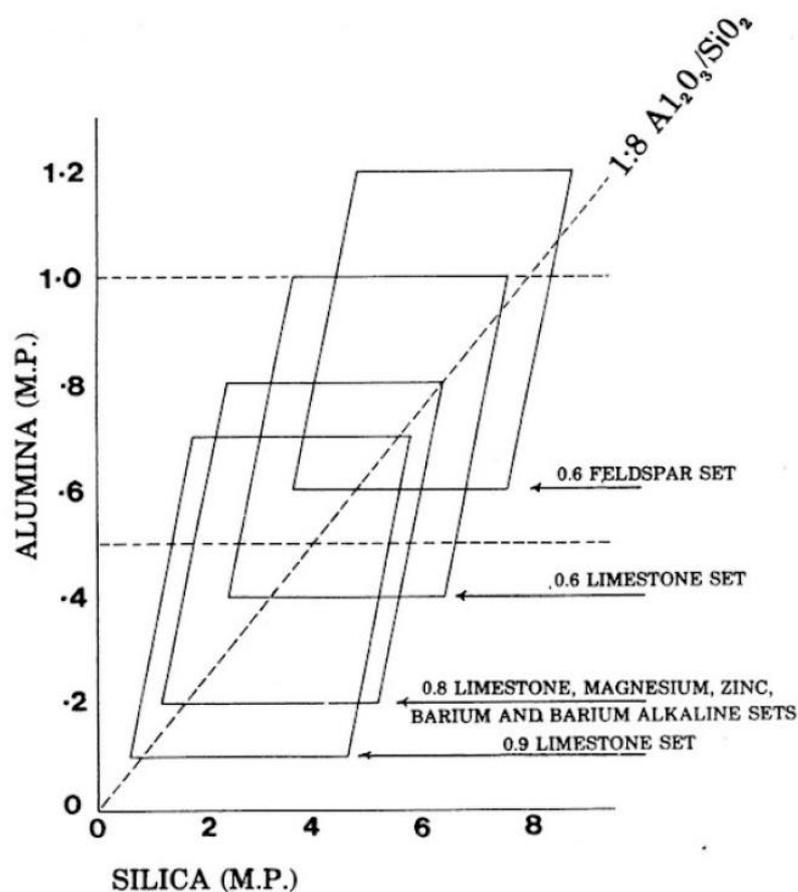
Del infinito número de combinaciones posibles, he seleccionado el rango más adecuado para la cerámica de alta temperatura y variado alúmina, sílice, algunos fundentes y la temperatura de cocción, de modo que permita al estudiante aislar una variable cada vez y ver el efecto que tiene esta sobre el vidriado.

### LÍMITES

Los límites útiles de los experimentos quedan determinados, por una parte, por la temperatura de cocción y, por otra, por las materias primas. El diagrama 1 muestra los límites para la alúmina y la sílice para los ocho grupos de vidriados que estudiaremos en detalle, y la composición de los fundentes para cada grupo aparece más abajo.

De momento, trabajaremos con moles (M.P. por *molecular part*) porque las sustituciones que dan los diferentes grupos de bases se han calculado a partir de variaciones molares, pero cuando tratemos más adelante con los vidriados, expresaremos también las fórmulas porcentuales y las recetas. Cada conjunto consiste en un grupo de 35 vidriados todos ellos con los mismos fundentes pero variando sistemáticamente sílice y alúmina sobre un amplio rango, como se indica en el diagrama 1.

**DIAGRAM 1: Limits of Alumina and Silica for the various sets of Base Glazes.**



Los conjuntos de vidriados se denominan según el fundente que predomina en cada caso. Los primeros cuatro grupos de fundentes varían en proporción entre la caliza y el feldespato potásico:

<b>Grupo 0,9 de caliza</b>	<b>Grupo 0,8 de caliza</b>
0,1 K <sub>2</sub> O	0,2 K <sub>2</sub> O
0,9 CaO	0,8 CaO
<b>Grupo 0,6 de caliza</b>	<b>Grupo 0,6 de feldespato</b>
0,4 K <sub>2</sub> O	0,6 K <sub>2</sub> O
0,6 CaO	0,4 CaO

Hay otros tres grupos que se obtienen al sustituir 0,5 moles de CaO del grupo de 0,8 de caliza por otros tantos moles de MgO, BaO y ZnO, respectivamente.

<b>Grupo del magnesio</b>	<b>Grupo del bario</b>	<b>Grupo del cinc</b>
0,2 K <sub>2</sub> O	0,2 K <sub>2</sub> O	0,2 K <sub>2</sub> O
0,3 CaO	0,3 CaO	0,3 CaO
0,5 MgO	0,5 BaO	0,5 ZnO

El grupo final se obtiene al reemplazar los 0,3 moles restantes de CaO del grupo del bario por 0,3 moles de LiO para obtener:

<b>Grupo bario-alcálico</b>
0,2 K <sub>2</sub> O
0,3 Li <sub>2</sub> O
0,5 BaO

## METODOLOGÍA

### 1. Materias primas y cálculo de vidriados

Todos los cálculos para los grupos de bases de vidriados se realizan a partir de las fórmulas teóricas de las materias primas. Para que esta aproximación sea correcta, debe tenerse cuidado en la selección de las materias primas utilizadas. (Ver *Orientaciones para la selección de las materias primas* en la página 8) Una vez que tengamos tales materias primas es posible utilizar todos los cálculos que se ofrecen en el libro, ahorrándonos una gran cantidad de cuentas farragosas, de forma que evitaremos todas las cuentas en la primera parte del curso. Sin embargo, se ofrece una sección sobre cálculo de vidriados para aquellos que quieran desarrollar otras bases o, simplemente, para quien quiera aprender a realizar las cuentas por sí mismo.

Hago explícito ahora, sin embargo, que el principal motivo para utilizar materias primas puras no es el uso de los datos suministrados por el libro, sino el evitar las trazas de óxidos espureos que hacen más complicado el análisis de los resultados.

### 2. Preparación de los vidriados

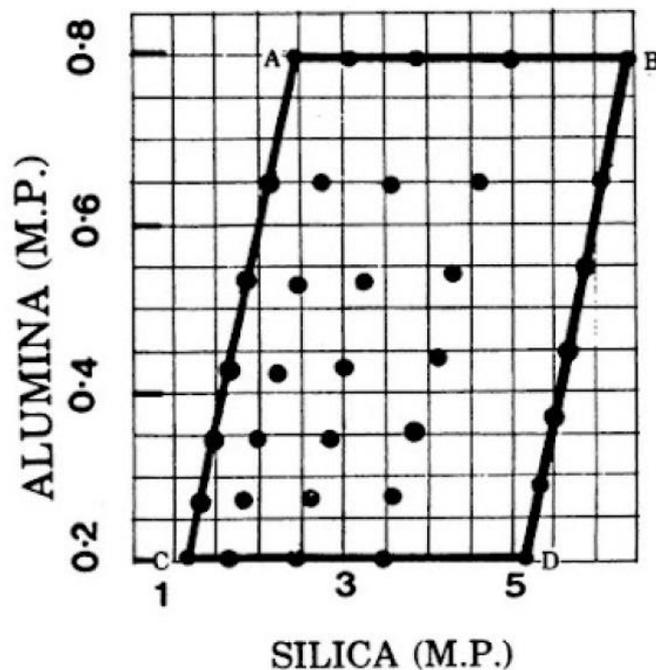
Cualquiera de los grupos contiene 35 muestras, por ejemplo, el grupo con 0,8 de caliza se ilustra en el diagrama 2, en el que cada punto representa un vidriado. Los 35 vidriados se elaboran mediante la técnica de las mezclas volumétricas –la cual, brevemente, consiste en preparar los cuatro *vidriados esquinas*, marcados A, B, C y D, y mezclándolos en suspensión líquida para formar los 31 vidriados restantes del grupo, resultando este método, de lejos, más económico en tiempo y materias primas que si preparásemos independientemente cada uno de los vidriados.

### 3. Aplicación de los vidriados

Cualquiera de los conjuntos de 35 vidriados se aplicará en una probeta grande, una *probeta de comparación* (de 10 x 15 cm), en la misma disposición de 7 x 5 que se muestra en el diagrama 2. Es posible, de este modo, examinar de un vistazo los diferentes resultados de las distintas proporciones entre sílice y alúmina. Además, se prepararán una serie de probetas de comparación idénticas, para cada grupo de vidriados base, para cocerlas en distintas condiciones. Para las primeras investigaciones, la probeta de comparación se realizará en alguna pasta libre de hierro como una

porcelana o un gres fino; en estudios posteriores se podrían utilizar otras bases y también otro tipo de probetas para hacer muestras individuales.

**DIAGRAM 2: 5 x 7 Layout of Blended Glazes.**



#### 4. Cocción

Para un trabajo introductorio, se pueden cocer las probetas en las condiciones en que sea posible. Sin embargo, es preferible cocer las grandes probetas de comparación juntas para cada uno de los ocho grupos de vidriados base y repetir la cocción bajo distintas condiciones de temperatura, atmósfera, velocidad de enfriamiento, etc. Se supone que se cocerán las probetas en horizontal, así que las ocho probetas de comparación, una por cada grupo de vidriados base, se pueden cocer apiladas ocupando aproximadamente el volumen de un ladrillo. Si el conjunto se cuece en las mismas condiciones, obtendremos un conjunto de 280 muestras que constituirán una valiosa fuente de información.

#### 5. Resultados

Los resultados de la cocción variarán de un ceramista a otro dependiendo de las materias primas, el horno, etc. Y, siempre que las pruebas se hayan elaborado con cuidado, los resultados producidos por cada uno en su propio horno, serán los más valiosos. Aquí se exponen resultados típicos obtenidos por mí o por mis estudiantes, para dar una orientación sobre lo que puede obtenerse y para disponer de ejemplos para explicar el amplio rango de fenómenos que se dan en el estudio de los vidriados. Estos resultados típicos se representan sobre diagramas con el mismo formato que el diagrama nº 2, enriquecidos por una serie de comentarios.

#### 6. Datos

Se suministran hojas de datos para todas las series de vidriados base dando fórmula Seger, fórmula porcentual y una o más recetas para cada vidriado. Para facilitar un mejor entendimiento entre las tres formas de expresar cada vidriado, la información de la hoja de datos también se representa gráficamente en diagramas de fórmulas porcentuales y de recetas.

También se dan hojas de datos para conjuntos de vidriados que no se realizarán en este curso pero que son composiciones intermedias entre las series que sí se realizan.

#### 7. Texto

La base del texto es la misma del curso *Flying Arts School Correspondence* para vidriados de alta, que es bastante detallado para tratar de minimizar la necesidad de consultas a los tutores. Cuando algún aspecto sobre los vidriados está bien cubierto por algún texto estándar daré la referencia del mismo. Ver la entrada sobre "libros de referencia" de la "Introducción", unas páginas más adelante.

## **8. Cálculos**

Para toda la Parte I (vidriados base) y la mayoría de la Parte II, el cálculo de recetas, fórmulas porcentuales, etc. ya se ha hecho y se presenta en las hojas de datos. Sin embargo, hay muchas más cosas en los vidriados de alta que quedan más allá de este curso, y si uno quiere explorar esas tierras sobre las que no se ofrecen datos, será necesario aprender a “navegar”. Para ello puede consultarse el capítulo sobre cálculos.

## **9. Parte II**

Mientras que la primera parte del texto adopta una aproximación divergente a los vidriados, mostrando una técnica para lograr una visión global de todo el campo, la segunda parte, adopta una aproximación convergente, centrándose en vidriados concretos o tipos concretos, tanto tradicionales como modernos.

Parte I

Vidriados base

# 1. Preparativos

## INTRODUCCIÓN

Tras cinco años de desarrollo con cientos de estudiantes australianos y de otros lugares, este curso ha alcanzado un estatus interesante. Todavía es presentado como un curso sobre vidriados de alta temperatura, pero la aproximación como vidriados base puede utilizarse para cualquier temperatura, y el método de las mezclas volumétricas permite la realización de un gran número de muestras con un gasto mínimo de tiempo y materiales. También, el uso de las *probetas de comparación* permite manipular grupos de 35 vidriados casi como si fuese solo uno; lo cual también nos permite cocer grandes cantidades de vidriados en condiciones virtualmente idénticas, posibilitando las comparaciones con la confianza de que las diferencias no se deben a la cocción. El método de mezclas volumétricas, que produce un rango de vidriados relacionados a partir de la mezcla cuidadosa de cuatro casos extremos, permite por su propia naturaleza, la obtención de recetas mediante sencillos cálculos de ordenador a partir de las cuatro recetas extremas. Utilizando este método, las recetas, fórmulas porcentuales y fórmulas Seger de todos los vidriados se han calculado mediante el ordenador y se ofrecen en sus correspondientes *hojas de datos*. De hecho, el uso del ordenador evita la necesidad de hacer cálculos en casi todo el curso, excepto unos pocos casos. Sin embargo, se ha incluido el método de cálculo para quien quiera continuar la investigación por su cuenta. Esto significa que estamos ante un curso práctico en el que solo se incluye la teoría necesaria para llegar a los resultados finales; la meta principal del curso es lograr la realización de todos los grupos de vidriados propuestos. Las personas que verdaderamente realicen los ensayos que se sugieren en el libro van a obtener mucho más beneficio de este libro que quienes lo usen como guía en busca de algunos vidriados o resultados puntuales. Pero aunque solo tengas tiempo para realizar unos pocos ensayos, las *hojas de resultados* y los *comentarios sobre los resultados* serán una útil guía.

Si se quiere sacar el máximo partido de este curso, cierto trabajo es necesario. El núcleo de la primera parte, los grupos de vidriados base, precisarán de unas 40 horas de trabajo eficiente y cuidadoso por parte de una sola persona –unas cinco horas por grupo- hasta el momento en haya listas entre cinco y diez *probetas de comparación* de cada grupo para cocer. Haría falta mucho menos tiempo si el trabajo se realiza en grupo. La segunda parte podría requerir entre una semana y una vida completa, dependiendo de lo que se quiera profundizar.

## TRABAJO EN GRUPO

La primera versión de este curso echó a andar en Brisbane, en la Queensland Potters' Association, y aquella experiencia mostró claramente que es preferible el trabajo en grupo. Algunas ventajas de este son:

1. Se puede dividir el trabajo entre diferentes personas que realizan al mismo tiempo diferentes experimentos o diferentes partes del mismo experimento, asegurándose de que se elabora suficiente material para que todos los alumnos tengan finalmente el muestrario completo.
2. Con diferentes personas cociendo de los mismos grupos de vidriados en hornos distintos, se obtendrá una mayor variedad de ciclos de cocción, velocidades de enfriamiento, atmósferas de cocción, etc.
3. La asignación de tiempos fijos a la semana para el trabajo dará mejor resultado que dejar el trabajo para *cuando haya ratos libres*.
4. En un grupo siempre hay personas con diferentes capacidades. Por ejemplo, la lección sobre cálculos resultará sencilla para unos y complicada para otros, y los primeros podrán ayudar a los segundos a comprender, a la vez que se desarrolla el trabajo

## LIBROS DE REFERENCIA

Quienes ya tengan experiencia vidriando y cociendo sus propios cacharros, probablemente no necesiten otras fuentes a parte de este libro. Para los principiantes, suelo hacer referencia a algunos textos clásicos que cubren los fundamentos, tales como la forma adecuada de mezclar las materias primas, de aplicar el vidriado al cacharro, etc. He tratado de evitar que este libro lo abarque todo: se supone que los lectores tienen acceso a otros libros excelentes que hay publicados. A los estudiantes del curso AFAS por correspondencia les recomiendo *Glazes for the Craft Potter* de Harry Fraser (Pitman), como referencia para los principiantes, y el *Potter 's Dictionary of Materials and Techniques* de Hamer (Watson-Guptill) se recomienda como una excelente referencia general. Otros clásicos como Leach, Cardew o Parmelee aparecen como referencias a lo largo del texto. Para la parte segunda, *Those Celadon Blues* de Robert Tichane y también *Oriental Glazes* de Nigel Wood, se recomiendan para el estudio de los vidriados orientales.

## TEORÍA BÁSICA SOBRE VIDRIADOS Y PRÁCTICA

Como seguramente ya sabrás, la mayor parte de los vidriados se componen de sílice, alúmina y fundentes. Un vidriado de este tipo lo llamaremos *vidriado base* y puede utilizarse por sí mismo o puede alterarse añadiéndole óxidos colorantes y/o opacificantes. En la primera parte del curso examinaremos un amplio rango de vidriados base –ocho grupos en total- escogiendo cada vez un grupo de fundentes fijo y variando la sílice y la alúmina.

Ahora mismo, si te ves perdido con términos como *sílice, alúmina o fundentes*, deberías leer un poco sobre el tema. Por ejemplo, los cuatro primeros capítulos del libro de Fraser, o el diccionario de Hamer, ambos mencionados arriba, son buenas referencias. De todas maneras, en pocas palabras, la sílice es lo que forma el *vidrio* en los vidriados, se dice es por naturaleza *formadora de vidrio*; los fundentes provocan la fusión de la sílice a una temperatura razonable (por sí sola, la sílice funde a 1713°C mientras que nosotros vamos a trabajar a 1280°C); y la alúmina es el *estabilizante* que otorga al vidriado la viscosidad suficiente para que no resbale por las paredes del cacharro cuando esté fundido.

Para los ocho grupos de vidriados iniciales, utilizaremos las materias primas más puras que sea posible para que los efectos que queremos observar no queden enmascarados por las propias impurezas del vidriado o de la arcilla. Los vidriados base, en teoría, están libres de óxidos colorantes, pero una impureza muy común en las arcillas es el óxido de hierro, que puede aportar una visible coloración al vidriado, aun estando presente solo en pequeña cantidad en el cuerpo cerámico. Tanto al elegir la arcilla base para las muestras sobre las que aplicar los vidriados, como la arcilla que se utilice como materia prima para el vidriado, debemos optar por una con el mínimo contenido de hierro como, por ejemplo, el caolín.

No debes pensar, sin embargo, que *pureza equivale a calidad*. Con frecuencia, sucede lo contrario. La pureza facilita el entendimiento al eliminar algunas variables que podrían complicar la interpretación del resultado obtenido. Los materiales puros nos ayudarán a mostrar la influencia de las variables que vayamos a examinar y, una vez que esté entendido su funcionamiento, podremos utilizar otros materiales menos puros con conocimiento. Una vez que se hayan completado los experimentos, sí recomiendo el uso de materiales menos puros (menos caros y más fáciles de encontrar) para producir vidriados equivalentes o derivados más personales.

Para los novatos en el mundo de la cerámica que no tengan experiencia en aplicar el vidriado sobre el cacharro, recomiendo la lectura de los capítulos 14 y 15 del libro de Fraser. De todos modos, algunos puntos básicos son:

1. Hay que tener cuidado con los materiales en polvo. El carbonato de bario es venenoso y algunos materiales son tóxicos por inhalación, sobre todo la sílice.
2. Es necesario tener los medios para poder realizar medidas de peso con precisión. Por ejemplo, si disponemos de una balanza barata, deberíamos colocar sobre ella pesos conocidos con precisión para contrastar su fiabilidad.
3. No utilizaremos aglutinantes o electrolitos como se menciona en el capítulo 14 del Fraser, sino que será la propia arcilla (normalmente caolín) la que actúe como suspensivo para el vidriado.
4. Los principales métodos de aplicación del vidriado serán por inmersión y por perilla.
5. Hay que aprender cuál es la capa óptima al aplicar el vidriado. Para lograrlo, se harán variaciones en el grosor de la capa de las muestras. Más adelante se amplía el tema.

## MATERIAS PRIMAS

En esta sección trataré de algunas de las peculiaridades de las materias primas disponibles en el comercio. Pero antes de empezar, te recuerdo (para mantener una perspectiva equilibrada) la buena calidad de los materiales que tenemos en Australia con solo salir al campo y ponerse a cavar. Aparte de los costes de los productos comerciales, la satisfacción de hacerse uno mismo con las materias primas, más la individualidad que aportan al trabajo, lo convierten en una alternativa muy fructífera frente a traerlo todo embolsado. Si te parece un alternativa interesante, hay un par de libros sobre el tema:

*Pioneer Pottery* de Michael Cardew (Longman Cheshire).

*Notes for Potters in Australia – Raw Materials and Clay Bodies* por Ivan McMeekin (New South Wales University Press).

Ver también los capítulos 4, 25 y 26.

## Fiabilidad

...

Al comprar una bolsa de feldespato, o caolín, etc., también se debería obtener una hoja de características con el análisis de las materias primas que compramos, incluyendo las desviaciones que podrían darse sobre los datos. Pero, normalmente, lo que uno puede conseguir en Australia es un *análisis típico* sin ninguna indicación sobre la probabilidad de que la materia prima se desvíe de dicho análisis y, desde luego, no hay ninguna garantía de que lo que hemos comprado esté razonablemente próximo a dicho análisis. En los últimos diez años me han vendido un par

de bolsas de un feldespato que no era feldespato y también he oído otros casos similares. Al devolver el material al vendedor, este se disculpa por los desperfectos causados pero no me dice que material era el de la bolsa ni que probabilidad tengo de que me vuelva a *tocar la lotería* o cual fue la razón del error. Hay que remarcar que un suceso de este tipo no es muy común aunque, probablemente, a la mayoría de los ceramistas les haya ocurrido alguna vez, por ello, daré algunas recomendaciones para tratar de evitar lo que podría ser un desastre mayúsculo:

1. Pedir una hoja de características, especialmente si compramos grandes cantidades.
2. Hacer el encargo un tiempo antes de que surja la necesidad de los nuevos materiales para poder hacer algún ensayo previo antes de su utilización a gran escala. Para estos ensayos es muy útil un pequeño horno de pruebas.
3. Si es posible, comprar lotes grandes. De este modo es más probable que mantengamos las mismas características en las materias primas durante bastante tiempo.
4. Comprar directamente al proveedor, si es posible, y en persona. De este modo, quizás sea posible hablar con algún experto sobre el análisis de los materiales y quizás sea posible acceder a un rango más amplio de materias primas que en el comercio y obtener algunas muestras gratuitas para determinar su interés.

### Hojas de características

Debería ser posible obtenerlas en el comercio o en la compañía suministradora. Normalmente consiste en una hoja que contiene análisis físicos y químicos del material. Típicamente, el análisis químico es un desglose del material en los pesos porcentuales de los diferentes óxidos que lo componen. En la lección sobre cálculos mostraré cómo convertir dicho análisis porcentual en una fórmula molecular con su respectivo peso molecular; sin embargo, en la mayoría de los casos utilizaremos la fórmula teórica en lugar de la suministrada por la hoja de características, ya que no suele haber mucha diferencia entre ambas.

Es útil ser capaz de formarse una idea aproximada de la pureza del material a partir de los datos de la hoja de características, y sin necesidad de convertir los % a moles. Como ayuda para esto, se ofrece en la tabla 1.1 una comparación entre los análisis teóricos de diversas materias primas de alta pureza con sus análisis típicos, para hacerse una idea de lo que podría entenderse como materiales de pureza aceptable.

### Variaciones en las materias primas

Aquí daré algunas orientaciones sobre las desviaciones que podemos esperar al comprar materias primas comerciales.

#### 1. Feldespatos y otros fundentes alcalinos

La principal razón para utilizar el feldespato en los vidriados es que es una fuente muy barata de fundentes alcalinos insolubles ( $K_2O$ ,  $Na_2O$ ). Según la fórmula teórica, el feldespato potásico contiene un 16,9% de  $K_2O$ , y el sódico un 11,8% de  $Na_2O$ .

Las impurezas de un feldespato real reducirán el porcentaje de óxido alcalino y, por consiguiente, su efectividad como fundente, pero con la mayoría de feldespatos comerciales el efecto es marginal. La verdad es que la cosa, en realidad, es más complicada, porque los feldespatos comerciales suelen ser mezclas de varios tipos de feldespato. Así, por ejemplo, el feldespato potásico contendrá alrededor del 20% de feldespato sódico y el feldespato sódico contendrá algo de feldespato potásico más algo de feldespato cálcico. Sin embargo, comparando el análisis típico con la fórmula ideal, asumiendo que aquel sea razonablemente preciso, obtendremos una información eficaz sobre la pureza del material.

En una bolsa de feldespato potásico (que es el más utilizado por los ceramistas), la principal impureza no feldespática es algo de cuarzo ( $SiO_2$ ), ya que resulta económicamente inviable separar completamente los cristales de feldespato y cuarzo que se extraen de la cantera. De manera que el análisis típico saldrá ligeramente alto en  $SiO_2$  y ligeramente bajo en  $KNaO$  (leer después). Por otra parte, con la ayuda de un geólogo también es posible extraer uno su propio feldespato sin impurezas de cuarzo, sobre todo en zonas graníticas.

Otros minerales que pueden aparecer fortuitamente junto al feldespato son responsables de las pequeñas cantidades de otros óxidos que pudieran aparecer en el análisis típico ( $MgO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $TiO_2$ , etc.).

*Nota:  $KNaO$*

Este término significa  $K_2O$  y/o  $Na_2O$  y se usa por varias razones:

- a. en muchos casos es irrelevante si usamos sodio, potasio o una mezcla de ambos, y
- b. en muchos casos la materia prima que usamos como fuente de  $K_2O$  o  $Na_2O$ , es en realidad una mezcla de varias. Así que si usas ortosa cuando aparece  $KNaO$  en una fórmula, puedes leerla como  $K_2O$ , y si usas albita puedes leerla como  $Na_2O$ .

**TABLE 1.1: Theoretical and Actual Analyses of Some Common Raw Materials.**

	FELDSPARS		KAOLINS				BALL CLAYS			TALCS	DOLOMITE		
	Potash (K)	Soda (Na)	Fussell Cowans	K1 Eckert (Al-Flo)	K50	Wengers China Clay No. 2 1113W	Russell Cowans QA	C	Wengers No. 1 No. 3				
$K_2O$	16.9	10.3	0.2	0.26	0.3	1.84	1.0	0.3	2.5	2.47			
$Na_2O$	3.6	11.8	10.6	1.0	0.06	0.3	0.08	1.0	0.2	0.4			
CaO	0.3	1.1		0.5	0.05	0.2	0.10	0.3	0.2	0.14	0.21	30.4	
HgO	0.1	0.2		0.1	0.01	0.2	0.25	1.0	0.4	0.5	31.8	32.13	21.9
$Fe_2O_3$	0.3	0.2		1.0	0.75	1.1	0.6	0.9	0.7	1.0	0.92	1.66	
$Al_2O_3$	18.3	18.0	19.4	35	38	30.3	37.2	27.0	28.4	32.6	21.0	7.13	
$SiO_2$	64.8	67.0	68.8	46	46	51.1	47.7	57.2	57.1	52.9	67.0	63.6	51.8
$TiO_2$				1.1	0.66	1.2	0.03	1.5	1.0	1.0	1.5	0.28	

Otros fundentes alcalinos:

Si uno quiere preparar un vidriado a partir de la siguiente fórmula:

0,8 KNaO      0,9 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>      4,0 SiO<sub>2</sub>  
0,2 CaO

se encontrará con que es imposible introducir todo el óxido alcalino a partir de un feldespato, ya que, según la fórmula ideal del feldespato, si introducimos 0,8 moles de feldespato para obtener los 0,8 moles alcalinos, también estaremos introduciendo 4,8 moles de sílice, que una cantidad mayor que la que da la fórmula. En este caso, una forma de resolver el problema sería utilizar sienita nefelina, que es un feldespato sódico-potásico con menor proporción de sílice por cada mol alcalino. Ahora el problema es que la composición de la sienita nefelina es variable, estando la proporción más típica de SiO<sub>2</sub> en el rango 4,2-4,9. Este es un margen amplio (también pueden consultarse las dos fórmulas diferentes dadas en las páginas 31 y 139 del libro de Fraser y los cuatro análisis y fórmulas que se dan en la página 55 del *Pioneer Pottery* de Cardew), así que será necesario calcular la fórmula y su respectivo peso molecular, a partir del análisis típico (ver el capítulo 14).

Si buscamos un vidriado muy alcalino y con escasa proporción de sílice y alúmina, tendremos que utilizar una frita comercial, que se producen precisamente para solventar este problema. El análisis de la frita está, en general, disponible y suele ser muy preciso. Dos fritas alcalinas utilizadas en Australia son las siguientes:

Frita muy alcalina <i>Podmores P 2250</i>	0,5 Na <sub>2</sub> O	0,1 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,5 SiO <sub>2</sub>
Peso molecular: 176	0,3 K <sub>2</sub> O		0,1 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	0,2 CaO		
Frita <i>Ferro 3110</i>	0,643 Na <sub>2</sub> O	0,1 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,5 SiO <sub>2</sub>
Peso molecular: 271	0,064 K <sub>2</sub> O		0,1 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	0,291 CaO		

Sugiero que se añadan estas fórmulas y pesos moleculares a la tabla de materias primas (ver tabla 14.1, capítulo 14)

## 2. Caolín y otras arcillas

El caolín (*China clay*) es un producto del que, a veces, exigimos gran pureza. En el caso de los vidriados, la pureza es importante si buscamos blancura o ausencia de color y necesitamos, para ello, minimizar el contenido de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. A veces, la presencia o ausencia de pequeñas cantidades de ciertos óxidos residuales (sobre todo TiO<sub>2</sub> y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) tendrá un marcado efecto sobre la calidad de los vidriados chinos tradicionales (ver *Oriental Glazes* de Nigel Wood, páginas 46 y siguientes).

Si partimos de la fórmula teórica de la caolinita, 2SiO<sub>2</sub>·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O, con una descomposición (en pesos) de 46,6% de sílice y 39,5% de alúmina (el resto hasta 100% es agua), encontraremos que, según el caolín sea menos puro, la cantidad de alúmina disminuye, la de sílice aumenta, y los óxidos residuales CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, etc. aumentan. Comparando los caolines de la tabla 1.1 vemos que *eckalite* y *Wenger's kaolin n°2* son los más puros y el *K50* el menos puro. Pero también debe tenerse en cuenta el comentario anterior de que la mayor pureza de las materias primas no siempre va asociada a una mayor calidad de las mismas.

Las arcillas de bola son muy variables en su composición, por lo que no es posible asociar una fórmula y peso molecular general. Si queremos utilizar estas arcillas en la fórmula Seger, los cálculos se complicarán un poco. Pero hablando en general, el análisis de una arcilla de bola revela una cantidad sensiblemente menor de alúmina, así como mayor de sílice, comparando con el caolín, así como una significativa presencia de fundentes, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y TiO<sub>2</sub>.

Otras arcillas, tales como las refractarias, barro rojo, etc. también tienen sitio en nuestra lista de materias primas pero, así como para la arcilla de bola será preciso contar con un análisis para poder incluirlas en los cálculos. Sin embargo, también podremos utilizarlas sin análisis a partir de una aproximación empírica, tal como hacemos con los vidriados de cenizas, rocas o los propios vidriados de arcillas.

## 3. Caliza

La caliza que se explota en Australia es de bastante pureza, estando su composición cercana al 98% de carbonato cálcico. También es posible utilizar algún depósito local de caliza, que son abundantes, pero entonces tendremos siempre porcentajes de pureza inferiores.

#### 4. Dolomita

Estos minerales son bastante variables en cuanto a su composición. La fórmula teórica es  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ , sin embargo las proporciones moleculares entre las dos moléculas rara vez son 1:1 como indica la fórmula, y también hay otras impurezas presentes. Por todo ello, no es raro trabajar con dolomitas locales pero, si queremos hacer fórmulas precisas es mejor buscar otra materia prima como fuente para el magnesio.

#### 5. Talco

Suele utilizarse la fórmula teórica para el talco,  $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . El talco que uso yo, por ejemplo, tiene la fórmula  $3\text{MgO} \cdot 0,14 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3,6 \text{SiO}_2 \cdot 1,36 \text{H}_2\text{O}$ , y un peso molecular de 376. También hay pequeñas impurezas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  y  $\text{CaO}$ . De nuevo, sugiero pedir la hoja de características y comparar el análisis típico con la fórmula teórica.

#### 6. Carbonato de magnesio y magnesita

El carbonato de magnesio *ligero* es muy puro pero si se usa en gran cantidad en la composición del vidriado, este puede recogerse dejando calvas sobre el cacharro. El carbonato *pesado* no es tan puro (suele incluir algo de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) pero no causa el defecto mencionado. Sin embargo, parece que la forma ligera favorece más los púrpuras de cobalto y hay alguna otra diferencia menor en el vidriado según se utilice una u otra forma.

#### 7. Óxidos colorantes

En general, estos son bastante puros. Podría haber problemas con los ocre de hierro, que no son óxidos químicamente puros sino mezclas con arcillas que suelen utilizarse como engobes.

#### Referencias

El mejor libro de cerámica sobre las materias primas es el *Pioneer Pottery* de M. Cardew, capítulos 2, 3, 4 y 5. También al capítulo 6 del libro de Fraser.

...

#### SUGERENCIAS PARA LA SELECCIÓN DE LOS MATERIALES

Todos los cálculos de las fórmulas de los vidriados base se han realizado utilizando la composición teórica de las materias primas. Por lo tanto, los materiales utilizados deben ser razonablemente puros.

#### Materiales del vidriado

Solo se utilizan ocho materias primas para la composición de todos los vidriados de la primera parte del libro, seleccionados en un compromiso entre la pureza y la relevancia en la normal composición de los vidriados, es decir, se ha intentado utilizar materias primas de uso habitual en los vidriados de alta, pero eliminando aquellas más problemáticas en lo que a su composición respecta.

La sílice, el carbonato de litio, la caliza, el carbonato de bario y el óxido de cinc pueden obtenerse todos ellos con un alto porcentaje de pureza, superior al 98%. Para el magnesio se recomienda el carbonato de magnesio ligero; el carbonato pesado podría utilizarse si no hay otro pero contiene más impurezas y el resultado puede variar.

Caolín: una selección cuidadosa del caolín es importante, ya que muchos caolines tienen una cantidad excesiva de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{TiO}_2$ , que afectará al resultado. Sin embargo, pueden encontrarse caolines muy puros...

En la siguiente tabla, se compara la composición ideal del caolín con uno de los más puros disponibles en Australia junto a otro que no es muy puro.

	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$ %	MgO	CaO	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	Ignition Loss
Pure Kaolin	46.6	39.5	—	—	—	—	—	—	13.9
Wengers 2	47.7	37.2	0.6	0.03	0.25	0.10	1.84	0.08	?
Kaolin K50	55.1	30.3	1.1	1.2	0.2	0.2	0.3	0.3	11.3

Feldespatos: los cálculos se basan en la fórmula teórica del feldespato potásico, a pesar de que este es virtualmente imposible de encontrar en el comercio. En la tabla siguiente se compara la composición ideal del feldespato potásico con dos feldespatos comerciales disponibles en Australia. Hay que remarcar que es inevitable cierta cantidad de  $\text{Na}_2\text{O}$  en cualquier feldespato comercial. En general, a la hora de decidirse por un feldespato u otro, los puntos a considerar son:

1. maximizar el  $\text{K}_2\text{O}$  (+ $\text{Na}_2\text{O}$ )
2. minimizar el exceso de  $\text{SiO}_2$  (idealmente el 64,8%)

3. minimizar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y
4. minimizar CaO, MgO y otras impurezas.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Pure K-Feldspar	64.8%	18.3%	—	—	—	—	16.9%
Steetley 200FPR	66.0%	18.0%	0.2%	—	—	3.0%	12.0%
Steetley 200F	67.5%	18.0%	0.12%	0.4%	.08%	3.5%	9.8%

#### ANÁLISIS DE LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS

Al seleccionar las materias primas a partir de las cuales componer los distintos conjuntos vidriados base, he obtenido los siguientes *análisis típicos* por parte de los proveedores:

**Feldespato potásico:** 66,0% SiO<sub>2</sub>; 18,4% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,3% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,3% CaO; 0,1% MgO; 3,2% Na<sub>2</sub>O; 11,3% K<sub>2</sub>O; 0,4% I.L.

**Carbonato de litio:** 99% CO<sub>3</sub>Li<sub>2</sub>.

**Caliza (Circal 60/12):** 98,5% CO<sub>3</sub>Ca; 0,6% CO<sub>3</sub>Mg; ácidos insolubles 0,5%; 0,04% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,1% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,3% SiO<sub>2</sub>.

**Carbonato de magnesio (ligero):** 42,05% MgO; 56,65% I.L.; ...

**Óxido de cinc:** 99,9% ZnO.

**Carbonato de bario:** 99% CO<sub>3</sub>Ba.

**Caolín:** 45,9% SiO<sub>2</sub>; 39,0% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,4% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,4% CaO; 0,3% MgO; 0,1% Na<sub>2</sub>O; 0,1% K<sub>2</sub>O; 13,6% I.L.; Cu 3 ppm.

**Sílice:** 99,5% SiO<sub>2</sub>; 0,06% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,18% I.L.

**Cuerpo cerámico:** Para las pruebas iniciales se utilizó porcelana y gres fino y, después, se probó con diversas arcillas.

#### U.S.A. and U.K. Kaolins and Feldspars

For potters in the U.S.A. or Britain, there are many kaolins and feldspars suitable for use in the base glaze sets. Some analyses are reproduced below.									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	L.O.I.
Grolleg Kaolin	48	37	0.7	0.02	0.06	0.3	1.85	0.1	12.2
E.P.K. China Clay (Florida)	45.91	38.71	0.42	0.34	0.09	0.12	0.22	0.04	14.16
Pottery crafts Potash Feldspar P.3296	65.8	18.5					12.0	2.92	
Kingman Potash Feldspar	66.5	18.4	0.08	—	0.10	Tr.	12.0	2.7	0.2
Keystone Potash Feldspar	64.76	19.94	0.04	—	0.17	—	12.24	2.48	0.35

## 2. Bases químicas

...

### 3. El comienzo – Necesidades materiales

#### MATERIALES DEL VIDRIADO

Para dar una idea sobre los materiales que vas a necesitar, indicaré las necesidades que tendría un grupo de diez personas. Para los experimentos sobre bases será suficiente con 100ml de cada vidriado para un grupo de diez alumnos, sin necesidad de apurar demasiado. Así que se harán los cálculos con vistas a obtener esos 100ml de cada vidriado (exceptuando el experimento nº1 sobre vidriados de cenizas/arcillas/rocas).

...En los experimentos sobre vidriados base hay 35 vidriados distintos en cada conjunto, y estos se elaboran por mezclas de cuatro vidriados límites, correspondientes a las cuatro esquinas del diagrama sílice/alúmina. Pesando 600g de cada uno de estos cuatro vidriados límite es suficiente para obtener 100ml de cada uno de los 35 vidriados.

Entonces, asumiendo 100ml de cada vidriado, serían necesarios los siguientes materiales:

Feldespató potásico	10Kg
Caliza	5kg
Caolín	10Kg
Sílice	10Kg
Carbonato Mg	500g
Carbonato Ba	2Kg
Óxido Zn	500g
Carbonato Li	500g

También hará falta cierta cantidad de óxidos colorantes y opacificantes: óxidos de cobalto, cobre, hierro, cromo, manganeso, níquel, titanio y rutilo, estaño, circonio y ceniza de huesos.

...

#### ARCILLAS

La arcilla será necesaria para las probetas individuales, para las probetas de comparación y para el material de protección del horno. De hecho, el trabajo debe comenzar por la elaboración de estas probetas, ya que no se puede hacer nada más sin ellas.

##### 1. Probetas individuales (bizcochadas)

Las probetas individuales deberían hacerse de algún gres fino o porcelana. Aunque uno no utilice normalmente tales arcillas, será más instructivo utilizarlas en este caso ya que interferirán menos en los resultados que cualquier barro coloreado y, por tanto, no será necesario considerar una nueva variable al interpretar dichos resultados.

...

##### 2. Pruebas de comparación (bizcochadas)

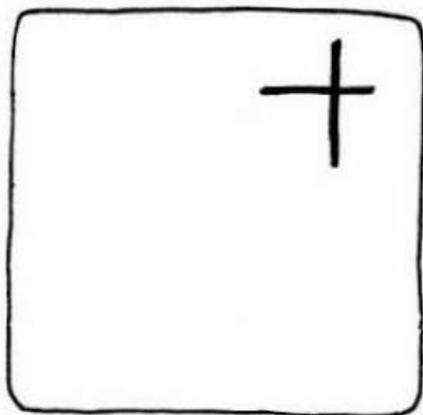
Normalmente, hago tres o cuatro probetas de comparación grandes y también algunas más pequeñas, a mitad de tamaño, que son simplemente placas planas de barro, y uso para pruebas preliminares, cocciones especiales o pruebas de aplicación. Recomiendo que se hagan al menos tres probetas grandes y entre tres y seis pequeñas para cada conjunto de vidriados. Las probetas de prueba grandes y amuralladas (ver el diagrama 3.2) son fáciles de hacer en un molde de yeso por apretón. El molde se hace a partir de un rectángulo de yeso de 115x150mm y rebajándolo a una profundidad de 3mm en los bordes, paredes y soporte central. Las paredes contendrán los vidriados durante la aplicación y posterior cocción; los bordes proveen un soporte para apilar las placas en el horno para la cocción, y el soporte central sirve para prevenir que se comben las placas por el centro si la temperatura es excesiva.

##### 3. Arcilla proteger el horno

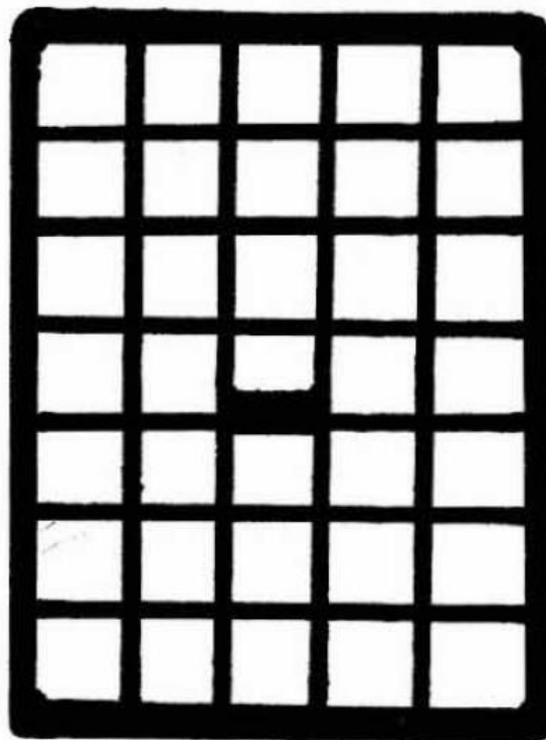
Es simplemente una pasta que no madure a la temperatura de cocción a la que trabajemos. Yo utilizo la misma mezcla para sujetar los conos, para aislar la base del horno, para colocar bajo vidriados muy fluidos, etc.

Utilizo un caolín muy plástico mezclado con mucha arena. También se puede hacer con cantidades iguales de sílice y caolín más la suficiente arcilla de bola para mantener unida la mezcla. La mezcla debería quedar compacta en crudo y ser fácil de desprender de sus contactos tras la cocción.

**DIAGRAM 3.1 Individual Tile**



**DIAGRAM 3.2 Assessment Tile**



## **LIBROS Y EQUIPO**

### **1. Balanza**

...

### **2. Tamiz**

Hará falta un tamiz de 80 mallas aproximadamente...

Una vez los vidriados se han pesado y mezclado en agua, deben pasarse por el tamiz...

### **3. Pincel**

También se utilizará un pincel para hacer pasar la mezcla del vidriado crudo a través del tamiz.

### **4. Vasos de papel**

Serán necesarios unos 290 vasos de papel de 150ml...

### **5. Cartones**

Son útiles para almacenar y transportar las probetas...

### **6. Rotulador permanente**

Para marcar los vasos de papel.

### **7. Jeringa graduada de plástico**

Se utilizará para medir los vidriados en las mezclas volumétricas. Sugiero una pequeña de 10ml y otra grande de 50ml...

Normalmente necesitarán lubricante, usar vaselina.

### **8. Probetas graduadas**

...

### **9. Contenedores de plástico**

...

## **10. Calculadora electrónica**

...

## **11. Libros**

...los ya mencionados.

## **12. Morteros con sus manos**

Siempre son útiles.

## **13. Lupa**

## **14. Libreta**

Una buena y resistentes para anotar todos los sucesos de las pruebas. Todo ceramista tiene una.

## **15. Horno**

...

## 4. MEZCLAS LINEALES

### Vidriados de cenizas, arcillas y rocas

Los vidriados *naturales* se tratan con cierto detalle en los capítulos 25 y 26, pero los vidriados de cenizas, arcillas y rocas se tratan ahora para ilustrar el proceso de las mezclas lineales y volumétricas, y para complementar el resto de la primera parte, donde siempre trataremos con materias primas de la mayor pureza posible.

Para ilustrar el método de las mezclas lineales investigaremos algunos vidriados tradicionales con un pedigrí que se remonta más de un milenio. En China, los primeros vidriados fueron resultados espontáneos de la fusión de las cenizas volátiles que se depositaban sobre el cacharro durante la cocción. Posteriormente, mezclaron arcillas con las cenizas y lo aplicaron a los cacharros, y todavía más tarde, añadieron también rocas pulverizadas.

Comenzaremos con algunos consejos sobre la recolección y preparación de las cenizas, rocas y arcillas para su uso como ingredientes del vidriado.

#### CENIZA DE MADERA

##### Recolección

La manera más sencilla de conseguir ceniza es cogerla de la chimenea, si se tiene, con la ventaja de que sabemos de qué madera proviene la leña.

*Nota:* la composición de las cenizas es muy variable y para poder reproducir los resultados conviene que quememos el mismo tipo de madera en la chimenea y evitemos arrojar otros cuerpos extraños.

Para este experimento, nos interesa que la ceniza actúe como fundente, por lo que no debemos usar cenizas de hierba que son poco fundentes por tener una elevada proporción de cuarzo. Sin embargo, este tipo de cenizas sí tiene aplicación en otros casos.

*Nota:* bambú, caña de azúcar, arroz, trigo, etc. son todas ellas cenizas herbáceas.

##### Preparación

Hay varias formas de preparar la ceniza como ingrediente del vidriado. Ésta puede utilizarse lavada o sin lavar.

Cenizas sin lavar – Este es el método más sencillo de prepararse las cenizas. Éstas se tamizan en seco a través de una malla gruesa para separar las piedrecillas, carbón, etc., y se mezclan directamente con el resto de componentes del vidriado, que ahora sí se pasan por un tamiz de 80 mallas o se meten al molino para lograr un polvo fino. Así que, prácticamente no se hace ningún tratamiento a las cenizas antes de mezclarlas con los demás ingredientes del vidriado. De esta manera, los fundentes solubles permanecen y estarán presentes en el agua del vidriado. Los resultados, normalmente, son diferentes si se utilizan cenizas lavadas.

Cenizas lavadas – Se cubren completamente las cenizas de agua y se agitan bien. El carbón debe flotar y es fácil de quitar con un colador. Después se separa la mezcla de cenizas y agua de la arenilla o piedrecillas que pudiese haber, tras lo cual se pasa la mezcla por un tamiz de 80 mallas y se deja reposar 24 horas. Entonces se decanta el agua. Este proceso se repite, añadiendo y separando el agua varias veces. Según Bernard Leach, el proceso debe repetirse hasta que el agua sea perfectamente “transparente e insípida”. Sin embargo, el número de lavados depende de cada uno y, tras esta fase, las cenizas se dejan secar y quedarán listas para su uso.

...Recomienda el libro de B. Leach.

#### ARCILLA

Recomiendo la utilización de arcillas locales para este tipo de vidriados, pues los resultados serán más interesantes y personales que con arcillas comerciales.

Muchas arcillas rojas producen vidriados interesantes en alta temperatura sin necesidad de añadir ninguno o casi ningún fundente. La arcilla no necesita ninguna preparación si está razonablemente libre de arena y vegetación. Si no, habría que mezclarla con un exceso de agua, tamizarla y dejarla secar antes de poder utilizarla. Aunque hay arcillas que no se disgregan en agua con facilidad y deben ser pulverizadas previamente.

#### POLVO DE ROCAS

Se puede conseguir polvo de rocas en alguna industria en la que estas se trituren para hacer, por ejemplo, gravilla para las carreteras. Alrededor de la maquinaria de triturado suele acumularse un polvillo lo suficientemente fino para poder ser utilizado en los vidriados.

Si se quiere utilizar un tipo concreto de roca, entonces hay que lograr pulverizarla. Si hay alguna industria cercana con esa posibilidad, quizás sean tan amables de pulverizarla o, al menos reducirla a grava, y ésta podría pulverizarse después en un molino de bolas. Alternativamente, las rocas pueden pulverizarse en un mortero grande. Los hay de acero de medio metro de diámetro. Aunque esto parece un trabajo muy pesado, la mayoría de las rocas se disgregan fácilmente después de bizcocharlas.

...

### **MOLINOS DE BOLAS**

...Se dan algunas indicaciones y referencias para hacerse con un molino de bolas.

### **MEZCLAS VOLUMÉTRICAS – MONTONES DE VIDRIADOS CON POCO TRABAJO**

#### **Experimento nº1: Mezclas volumétricas de cenizas de madera con polvos de rocas o arcillas.**

Queremos utilizar las cenizas en varias proporciones con arcillas o polvo de rocas. Incluso si la arcilla o roca no fundiese por sí misma, incrementando la cantidad de cenizas, debido a la capacidad fundente de estas, llegará un momento en que la mezcla se funda para producir un vidriado. Una forma ordenada de lograrlo es preparar los once vidriados de la tabla 4.1.

**TABLE 4.1**

Glaze No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ash%	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Rock Dust or Clay%	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0

Ahora tenemos once recetas de vidriados que van variando proporcionalmente el peso de sus componentes. La preparación por el método tradicional, pesando cada receta, resulta tedioso, pero con mezclas volumétricas a partir de dos vidriados extremos combinados de forma adecuada, el proceso resulta más sencillo.

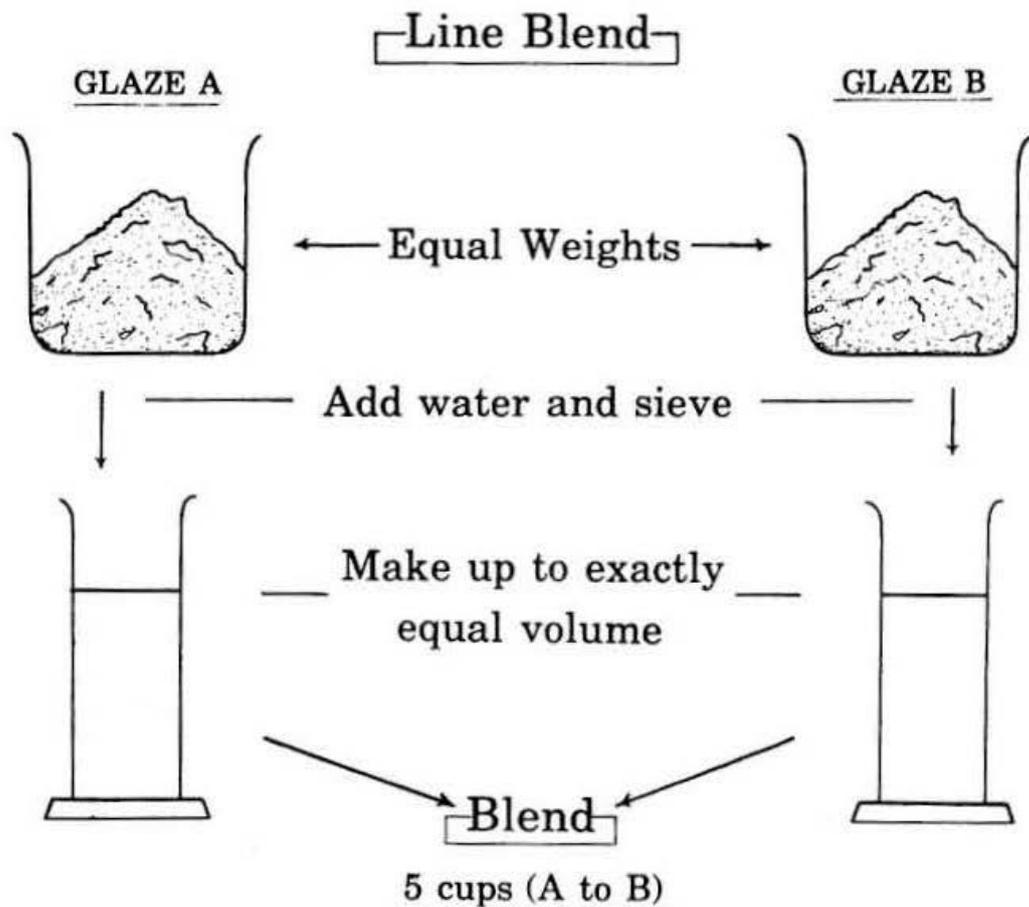
...Describe el método de las mezclas volumétricas, que consiste en pesar cantidades iguales de cada vidriado que se va a mezclar y añadir volúmenes de agua, de modo que los mismos pesos de cada vidriado ocupen los mismos volúmenes, para hacer las mezclas a partir de líquidos en vez sólidos...También se menciona algún detalle como la importancia de no dejar que decanten los vidriados que vamos a mezclar, para lo cual es bueno agitar antes de usar.

...

#### **Marcado de la probetas y recogida de datos**

...Viene a decir que no debemos confiar en absoluto en la memoria y debemos anotar todos los datos importantes, ya que, aunque nos acordemos cuando el experimento es reciente, con el tiempo lo olvidaremos casi todo. Hay que anotar la composición de cada vidriado, la curva de cocción, el horno en que se realizó la cocción, etc., en general, cualquier dato que pueda ser importante.

# Volumetric Blending



The following example shows the relationship between the blending process and the recipes of the blends:

Blend the two glazes in these proportions (by volume) to give these recipes		A	Blends				B
		Parts of A	4	3	2	1	0
	Parts of B	0	1	2	3	4	
	Feldspar	60	55	50	45	40	
	Whiting	40	35	30	25	20	
	Kaolin	0	10	20	30	40	

These are the two glazes originally weighed out.

Note the simplicity of the mathematics: the equal steps in the blending process (4 parts, 3 parts, 2 etc.) resulting in equal steps in the recipes (FELDSPAR: 60, 55, 50 etc.) This is explained in detail in the text.

## 5. DIAGRAMAS LINEALES Y MEZCLAS BIAXIALES

En nuestro estudio de los vidriados base, queremos variar sistemáticamente los tres componentes que forman la base del vidriado, es decir, sílice, alúmina y fundentes. Esto se logrará estudiando varios conjuntos de vidriados en cada uno de los cuales se mantendrán fijos los fundentes (en peso molecular) pero se variarán la sílice y la alúmina. Por ejemplo, el conjunto "0,8 de caliza" tendrá 0,8 moles de CaO y 0,2 moles de K<sub>2</sub>O como grupo fundente pero se variarán sílice y alúmina en un amplio rango.

Los límites útiles de la exploración dependerán de las materias primas que utilicemos y, también, de la temperatura a la que vayamos a trabajar. Los experimentos sobre los vidriados base se han diseñado para abarcar un rango lo más amplio posible teniendo en cuenta estos dos factores.

### DIAGRAMAS LINEALES

#### El punto de partida:

El *punto de partida* de cada experimento será siempre un fundente o una mezcla de ellos, utilizando el término en amplio sentido, incluyendo materias primas tales como feldespatos, fritas, cenizas de madera, rocas ígneas, más todo lo que son los fundentes puros como la caliza, el carbonato de bario, óxido de cinc, etc.

En este estudio de los vidriados base, utilizaremos solo feldespato potásico y los algunos fundentes puros: caliza, carbonato de magnesio, carbonato de bario, óxido de cinc y carbonato de litio. Estos materiales pueden obtenerse con un grado de pureza aceptable para que las inevitables impurezas no hagan muy difícil la interpretación de los resultados.

Los grupos de vidriados que toman como punto de partida las cenizas, rocas naturales etc., se considerarán en la segunda parte del curso.

#### Líneas base:

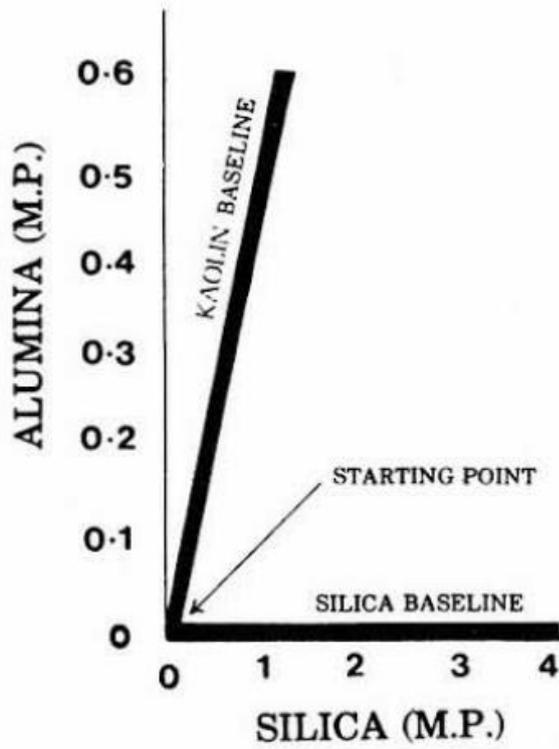
Si partimos de un fundente, o mezcla de fundentes, y vamos añadiendo cantidades crecientes de sílice, obtendremos un diagrama lineal que llamaremos *línea base de la sílice*. De la misma manera, si lo que añadimos es caolín en vez de sílice, obtendremos la línea base del caolín (ver el diagrama 5.1). En el diagrama vemos cómo la línea base del caolín está inclinada respecto a la vertical porque además de alúmina, al caolín tiene sílice. Este diagrama se puede aplicar a cualquier fundente; en aras a la simplicidad, supondremos que el único fundente es la caliza, que suministra CaO en la cocción. En este caso, se ha representado la línea base de la sílice hasta 4 moles y la de la alúmina hasta 0,6 de alúmina y 1,2 de sílice.

#### Diagramas lineales:

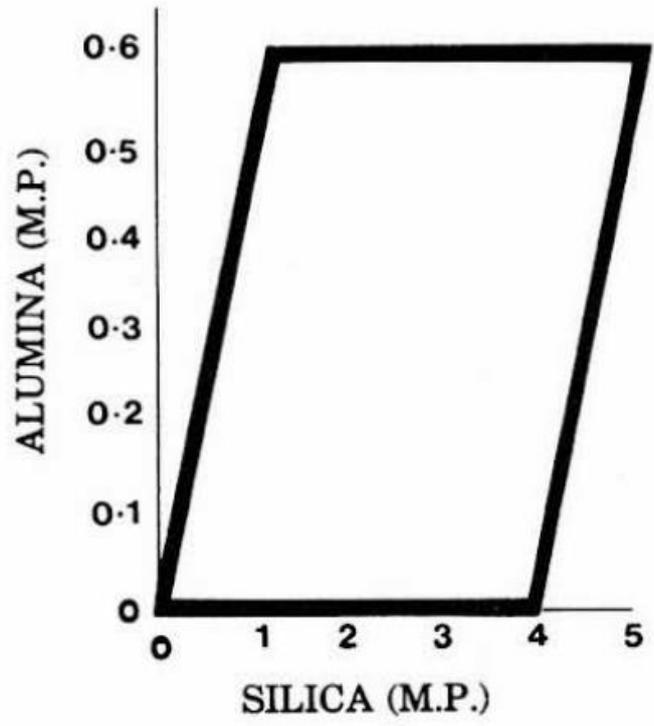
En base al diagrama 5.2, si trazamos líneas paralelas a las líneas base de la sílice y la alúmina, obtendremos un paralelogramo que se extiende a lo largo de cuatro moles de sílice y 0,6 de alúmina. Este paralelogramo muestra los límites del experimento, y los vidriados individuales formarían un diagrama de puntos dentro de estos límites.

En este caso particular, la rejilla resultante no es un buen principio para nuestros experimentos porque solo unos pocos de los vidriados resultantes llegarán a fundirse. Este suele ser al caso cuando el punto de partida escogido es un fundente puro y no contiene ningún formador de vidrio. Pero si añadimos un poco de K<sub>2</sub>O a partir de un feldespato, el cuadro cambia bastante. Utilizaremos una mezcla de feldespato y caliza que nos dará un punto de partida marcado como "C" en el diagrama de rejilla. El ejemplo ilustrado aquí es el conjunto de 0,8 moles de caliza, que es uno de los grupos que se estudiarán en detalle. Ver el diagrama 5.3. En este conjunto los fundentes son 0,8 CaO + 0,2 K<sub>2</sub>O, y el feldespato que suministra el K<sub>2</sub>O también es portador de cierta cantidad de sílice y alúmina. El diagrama de rejilla resultante, por tanto, se desplaza hacia arriba y hacia la derecha en el diagrama sílice/alúmina, por comparación con el diagrama original en el que se tomó la calcita sola como punto de partida. La rejilla de puntos del diagrama representa los 35 vidriados individuales que resultan de la técnica utilizada para su elaboración, *mezcla volumétrica biaxial*. La peculiar disposición de los puntos, que tienden a agruparse hacia la esquina C, es consecuencia de la relación entre los pesos moleculares (que son las magnitudes representadas en el diagrama) y los pesos de cada parte (tal como se combinan en la técnica de mezclas volumétricas). Esta disposición es probablemente la más adecuada, dando mayor densidad de muestras en las partes del diagrama sílice/alúmina más prometedoras.

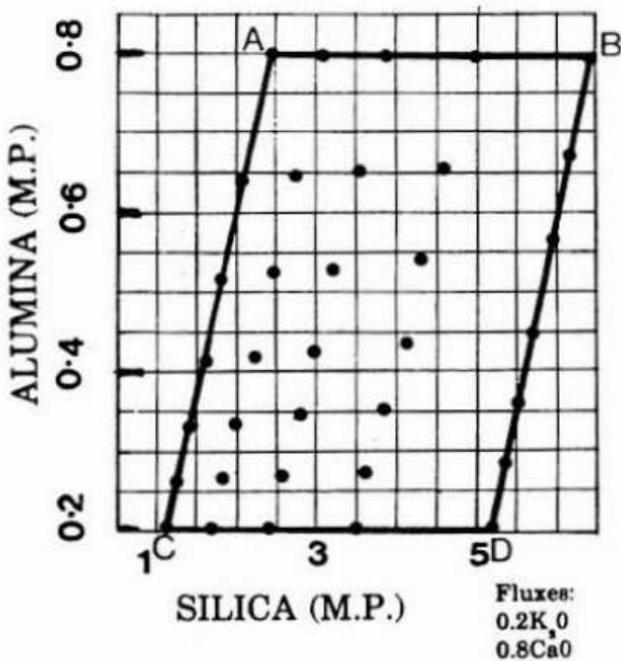
**DIAGRAM 5.1**  
Baselines



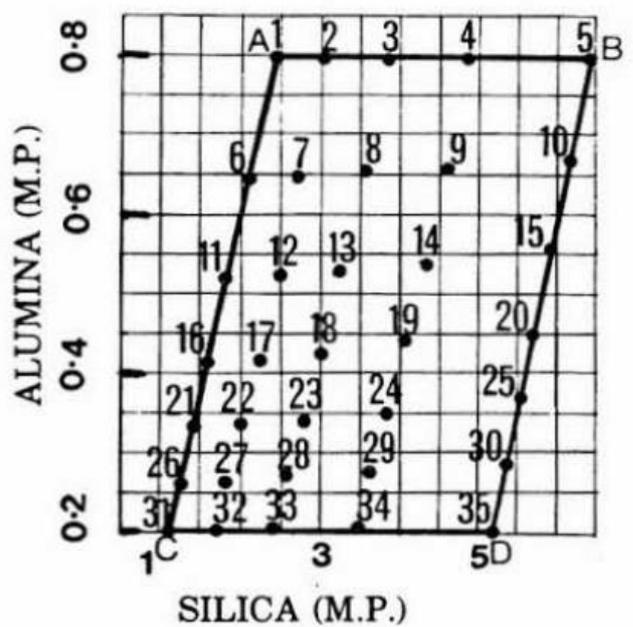
**DIAGRAM 5.2**  
Baseline Grid



**DIAGRAM 5.3**  
Baseline Grid for the  
0.8 Limestone Set



**DIAGRAM 5.4**  
Glaze Numbers



## MEZCLAS BIAXIALES

El diagrama 5.4 representa el conjunto de muestras con 0,8 moles de caliza y cada punto representa un vidriado, numerados como se muestra en el gráfico. Todos los grupos de vidriados (ocho) estudiados en este curso constan de 35 vidriados dispuestos en una rejilla 5 x 7. Los vidriados se numeran siempre en el mismo orden. Notar que para aclarar el significado de los vidriados de las esquinas (numerados 1, 5, 31 y 35), también nos referiremos a ellos como A, B, C y D.

Mirando el diagrama 5.4, podemos explicarlo como una serie de líneas de mezcla, horizontales como 1, 2, 3, 4, 5 o verticales como 5, 10, 15, 20, 25, 30. Tal como se hizo en un experimento previo, en el que se obtuvieron once vidriados diferentes sobre una misma línea, a partir de mezclas de los vidriados de los extremos, en este caso podremos obtener los 35 vidriados haciendo mezclas de los cuatro vidriados de las esquinas, cuyas composiciones se especifican en la siguiente tabla:

**TABLE 5.1: Corner Glazes for the 0.8 Limestone Set.**

CORNER GLAZES	RECIPE (%)				OXIDE WT. (%)				M.P.
	POTASH FELDSPAR	WHITING	KAOLIN	SILICA	K <sub>2</sub> O	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	FLUXES: 0.2 K <sub>2</sub> O 0.8 CaO  Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> :
A	32.15	23.13	44.73	0	6.51	15.50	28.16	49.82	0.8/2.4
B	18.97	13.65	26.40	40.98	3.56	8.47	15.38	72.59	0.8/6.4
C	58.16	41.84	0	0	12.07	28.73	13.04	46.16	0.2/1.2
D	25.78	18.55	0	55.68	4.75	11.32	5.14	78.79	0.2/5.2

## 6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA LAS MEZCLAS BIAXIALES

El objetivo es preparar los 35 vidriados haciendo mezclas de los cuatro vidriados de las esquinas, tal como se dijo al final del capítulo anterior, y también aplicar cada vidriado sobre su probeta, cocerlos todos y aprender de los resultados como influyen las variaciones de sílice y alúmina en cada grupo de fundentes.

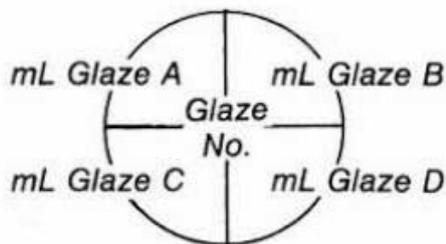
### A. PREPARACIÓN DE LOS VIDRIADOS

Como ya se indicó, todos los cálculos se referirán a cantidades para un grupo de diez personas, pero dichas cantidades se pueden variar proporcionalmente al tamaño del grupo. También debe tenerse en cuenta que cantidades demasiado pequeñas pueden aumentar el error. Deberían utilizarse al menos 300g de cada vidriado de esquina.

1. Se pesan 600g de cada uno de los vidriados de las esquinas a partir de las recetas dadas en la tabla 5.1.
  2. Comenzamos preparando el vidriado A. Una vez pesado, lo mezclaremos con una cantidad suficiente de agua para hacerlo pasar completamente por el tamiz. La parte que se quede en el tamiz, se machacará en el mortero hasta que sea suficientemente fina para pasar también por el tamiz.
  3. Se prepararán de manera similar los otros tres vidriados de las esquinas y es muy importante que todos ellos ocupen exactamente el mismo volumen. Una vez completada esta etapa, veremos que las mezclas C y D están bastante más aguadas, por tal razón es importante utilizar la mínima cantidad de agua posible al preparar A. Serán necesarios, al menos, 900mL de cada vidriado de esquina para proceder según los esquemas que se dan más adelante.
  4. Preparar 35 vasos de papel rotulados para poder distinguir cada una de los vidriados.
  5. Comenzando por el vidriado A, remover hasta que sea homogéneo y medir la cantidad necesaria, dada en el diagrama de mezclas (diagrama 6.1), con la jeringuilla graduada y, finalmente, echar en su correspondiente vaso. Después, se repite el proceso con los vidriados B, C y D. *Nota:* Hay que tener precaución para evitar las burbujas y las partículas sólidas que podrían taponar la jeringa.
  6. Mezclar el contenido en cada uno de las 35 vasos.
- Ya tenemos los 35 vidriados preparados. Este proceso, realizado por una sola persona, podría completarse en unas tres horas.

Nota: Para interpretar los números del diagrama de mezclas (diagrama 6.1) ver el siguiente gráfico:

Key:



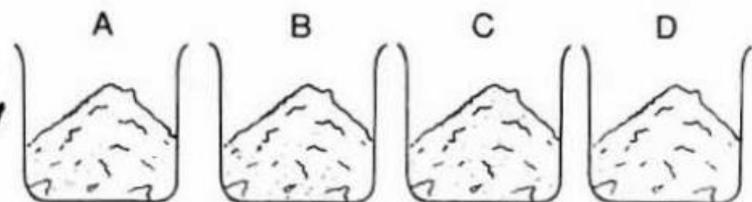
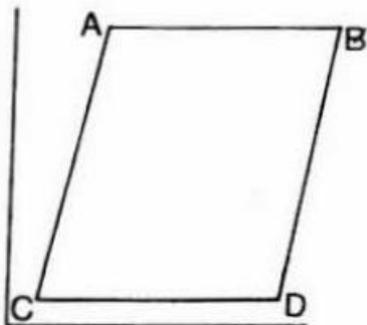
Notes:

- 1) The 35 glazes above are set out in the same order as in Diagram 5.4.
- 2) Using these figures, you will get 96 mL of each glaze, which is adequate for at least 10 people.
- 3) If you have decided to use less than the recommended 600 grams for each corner glaze, the Parts Chart must be adjusted accordingly, e.g. if using 300 grams of each, divide all the mL figures in the Parts Chart by 2.

# Volumetric Blending - Biaxial Blends

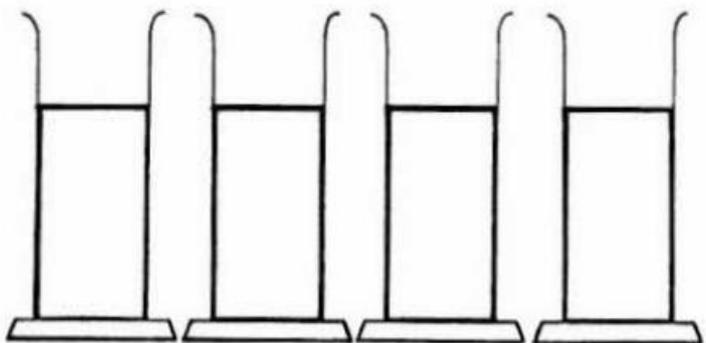
Equal Weights

Recipes for ABC & D (the corner glazes) are given in the text.



Add water and sieve

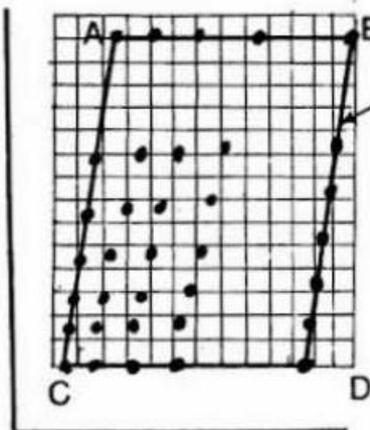
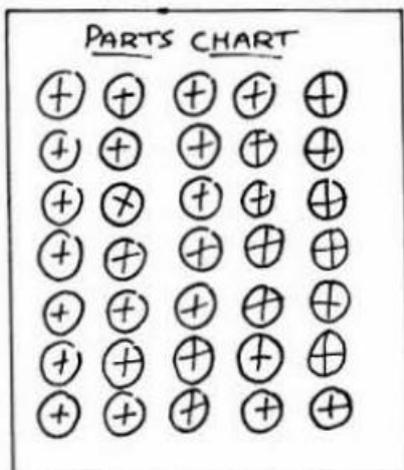
Make up to exactly equal volume



Blend to give 35 glazes



Blend according to volumetric proportions indicated in the Parts Chart.

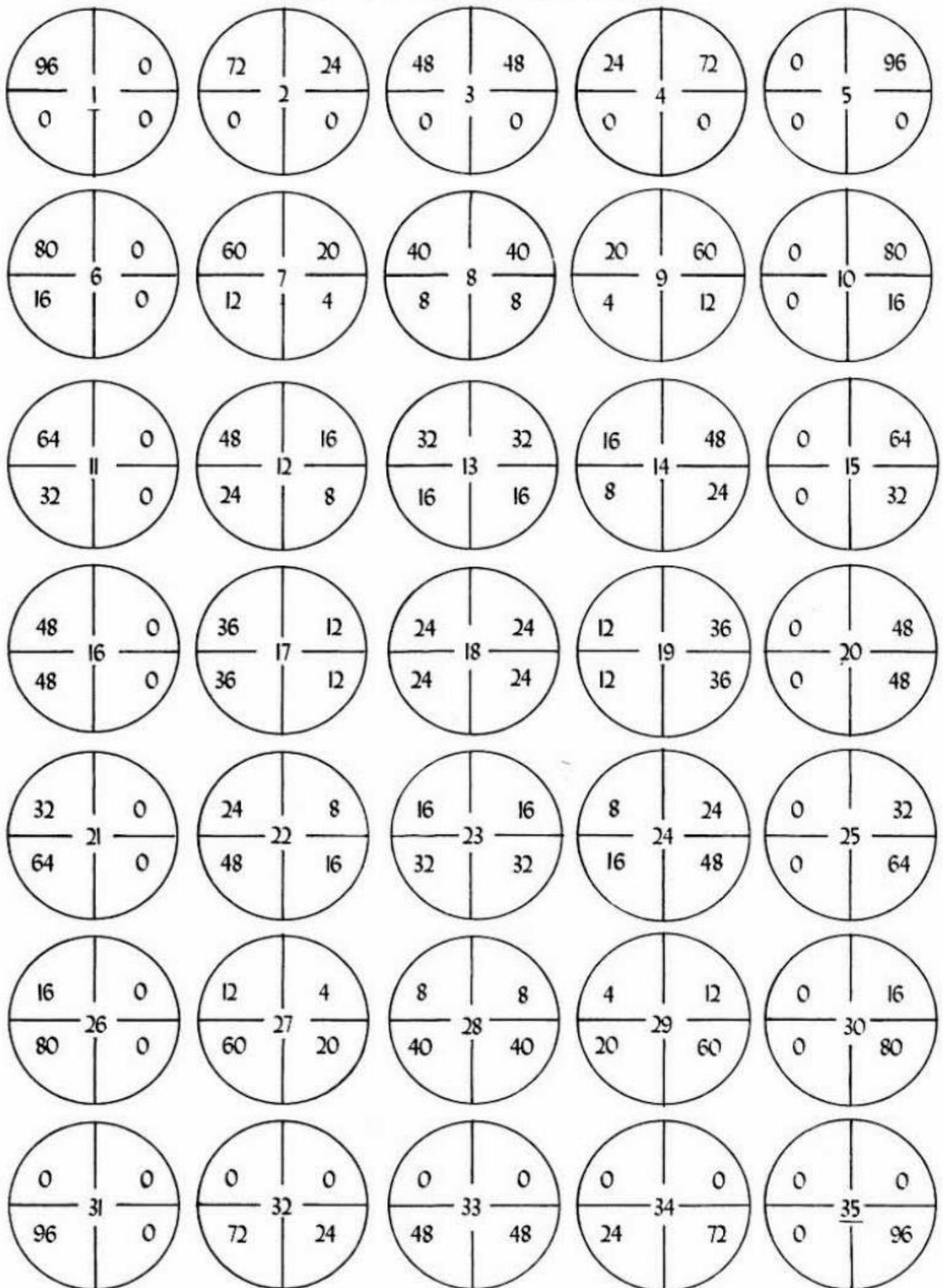


The 35 glazes are represented by the dots on the alumina silica chart.

The recipes and other data for all 35 glazes are presented in the data sheets.

DATA SHEET			
GLAZE N°	RECIPES	Oxide Wt %	M.P.
1			
2			
3			
...			
...			
...			
35.			

**DIAGRAM 6.1 - Parts Chart**  
**Volumes in mL of each of the four corner**  
**glazes to make up Glazes 1 to 35**



## B. APLICACIÓN DE LOS VIDRIADOS Y COCCIÓN

Los vidriados se aplicarán sobre dos tipos de probetas:

1. Probetas de comparación, en las que se aplican los 35 vidriados del grupo en una sola muestra, distribuidos en una matriz de 7 x 5, con dimensiones aproximadas de 150 x 100 mm, y
  2. probetas individuales, en las que se aplica un único vidriado que ya podrá ir combinado con óxidos colorantes.
- La idea es cocer primero las grandes probetas de comparación, con diversas condiciones de cocción, para tener una idea general de los fenómenos que ocurren en los vidriados, y después, elegir las recetas que mejor se adapten a las características y condiciones de cocción que precisamos para elaborar muestras individuales...

### Probetas de comparación

Cuando encuentro dificultades en preparar los vidriados, intento hacer la mayor cantidad de ellos de una vez. Normalmente preparo unas diez probetas de comparación, incluyendo un par sobre barro negro. No lleva demasiado tiempo si se aplican con una jeringuilla. Suelo cocer tres o cuatro en la primera cocción y el resto en cocciones posteriores. Utilizadas de esta manera, las probetas de comparación pueden convertirse en una interesante herramienta de investigación. Cuando se va a cocer de alguna forma extraordinaria siempre será interesante tener alguna probeta de comparación para cocer y poder comparar con resultados anteriores sin demasiado trabajo adicional.

Recomiendo hacer, al menos, seis probetas en gres blanco o porcelana y tantas como se considere oportuno en otros barros coloreados, ya que estas últimas, aunque suelen ofrecer interesantes resultados, enmascaran las variables que tratamos de comprender en los vidriados.

Aplicar una capa gruesa (2mm de espesor) de cada vidriado en las posiciones indicadas en el diagrama 6.2. No será necesario marcar todos los vidriados de la probeta, sino que será suficiente con indicar cuál es la esquina con el 1.

**DIAGRAMA 6.2 - Assessment Tile**

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35

### Cocción de las probetas de comparación

Después de preparar el primer grupo de vidriados, por ejemplo, el grupo con 0,8 de caliza, es recomendable cocer alguna probeta de comparación para asegurarnos de que alguna cosa no está completamente torcida y evitarnos el

disgusto tras haber trabajado todos los grupos de vidriados. Por ejemplo, podría ocurrir que alguna de nuestras materias primas no fuese adecuada, o que no realizásemos adecuadamente el procedimiento. Estos resultados iniciales pueden compararse con las tablas de resultados dadas más adelante.

Las probetas de comparación se supone que se cuecen apiladas, una probeta de cada conjunto de vidriados, para poder hacer comparaciones sobre condiciones de cocción virtualmente idénticas. Las probetas se colocan con alguna separación entre ellas para permitir que circule el aire del horno, y debe ponerse una *blanca* arriba del todo para evitar diferencias en la cocción de la colocada más arriba. También conviene colocar un cono sobre la pila de probetas.

Una vez que se hayan obtenido algunos resultados con las probetas de comparación, podrán explorarse ideas más personales utilizando probetas individuales.

### Muestras individuales

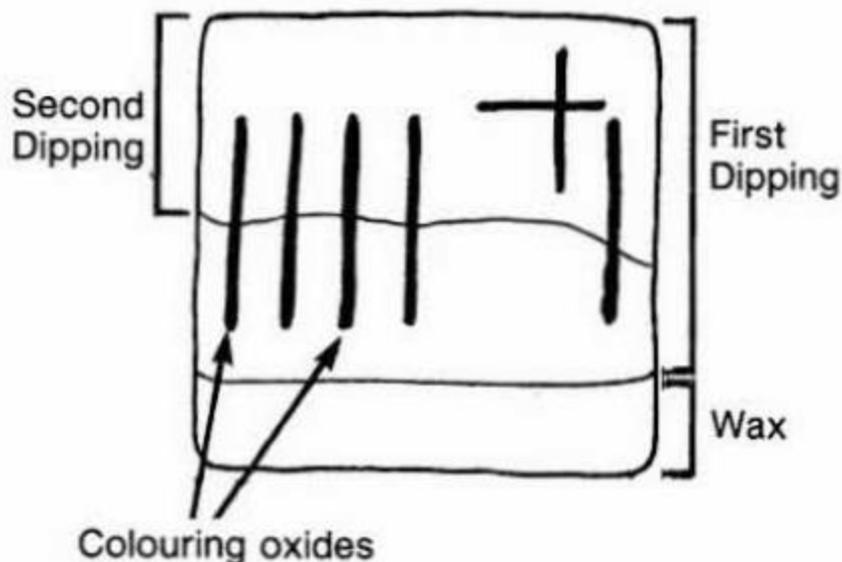
Se recomienda hacer al menos uno de los grupos de 35 muestras completo, de los ocho que se tratan aquí, probablemente el más adecuado es el de 0,8 de caliza ya que representa un punto medio entre todos los demás grupos. Se pueden cocer las 35 probetas a la misma temperatura, o bien cocerlas en rangos adecuados de temperaturas según los resultados obtenidos a partir de la probetas de comparación.

### Aplicación y cocción de las probetas individuales

1. Se marcarán por detrás cada una de las 35 probetas y se hará una reserva de 1cm en la parte inferior de la cara que se vaya a vidriar.
2. Aplicar una capa fina de vidriado (alrededor de 0,5mm de espesor) en toda la cara de la probeta excepto la franja inferior de 1cm. Después, aplicar otra capa en la mitad superior de la probeta, de manera que la capa doble sea de, aproximadamente, 1,5mm.
3. Aplicar finas pinceladas de los óxidos colorantes a un lado de la placa, tal como se muestra en el diagrama 6.3. No hay espacio para probar muchos óxidos en una sola placa pero pueden utilizarse varias. También se pueden utilizar opacificantes como el titanio o el rutilo. El estaño se puede teñir de rosa si hay cromo en alguna probeta. La ceniza de huesos y el circonio no suelen funcionar de este modo, quizás sea porque necesitan de una mezcla más estrecha con la base del vidriado.

Las probetas individuales deben cocerse en vertical. Puede fabricarse un soporte para sostenerlas.

DIAGRAM 6.3 — Individual Tile

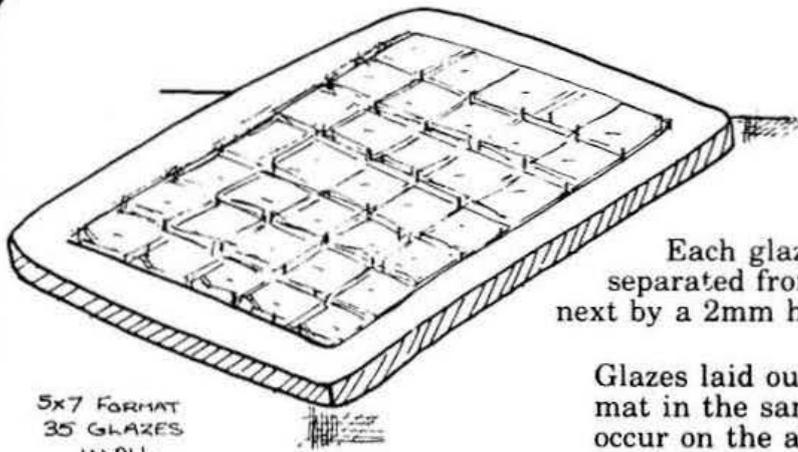


### Notas:

1. Usar el óxido de cobalto muy diluido en agua, hasta que deje un trazo gris pálido
2. El dióxido de manganeso debe aplicarse grueso, así como el hierro
3. Añadir entre un 5 – 10% de arcilla de bola a la suspensión si el trazo de despegas del vidriado

# Assessment Tiles

for preliminary testing

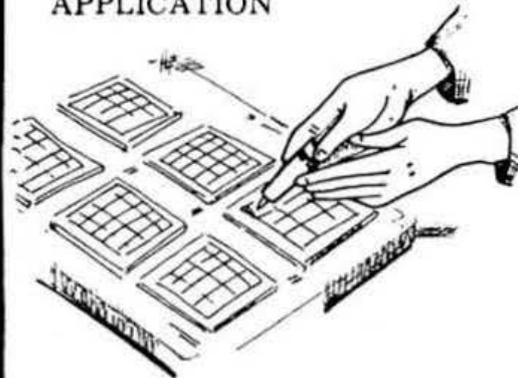


5x7 FORMAT  
35 GLAZES  
IN ALL

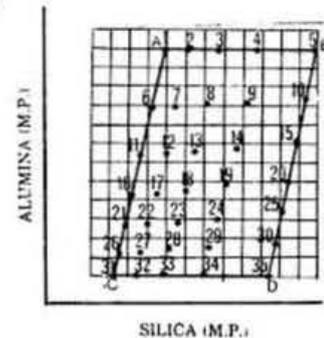
Each glaze separated from the next by a 2mm high wall.

Glazes laid out in the 5x7 format in the same order as they occur on the alumina/silica chart.

## APPLICATION

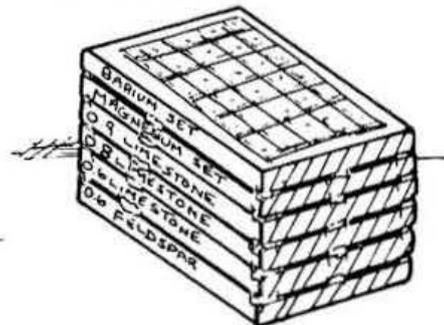


1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	etc	'	'	'
'	'	'	'	'
'	'	'	'	'
'	'	'	'	'



The blended glazes are quickly and efficiently applied with a syringe, to a number of assessment tiles, to be fired under different conditions. Hereafter you handle 35 glazes as easily as one for kiln packing, unpacking, mounting labelling etc.

## STACKED FOR FIRING



A stack of tiles (from different sets) propped apart by kiln wadding is ready to be placed into the kiln. Taking up less volume than a household brick, it's easy to obtain virtually identical firing conditions for hundreds of glazes at once.

Assessment tiles can be used anywhere you wish to subject a large number of glazes to the same firing conditions including special cases such as draw trials.

## ORDENAR LOS RESULTADOS

Los resultados deberían agruparse, sobre todo en el caso de probetas individuales que forman parte de un conjunto mayor. Una de las grandes ventajas de un curso sistemático como este es poder entender los principios que rigen los vidriados por comparación y relación entre vidriados diferentes con ciertas características comunes. Para ver estas relaciones, el material y los datos se deben presentar en orden. El trabajo que se dedique a ello, al final, dará sus frutos. Por ello, sugiero que se monten las probetas individuales sobre una tabla, con la misma disposición que en el diagrama sílice/alúmina, junto a toda la información importante contenida en las muestras. A causa del gran volumen de pruebas que se produce en el curso, es bastante importante llevar un orden estricto si no queremos que todo acabe siendo caótico.

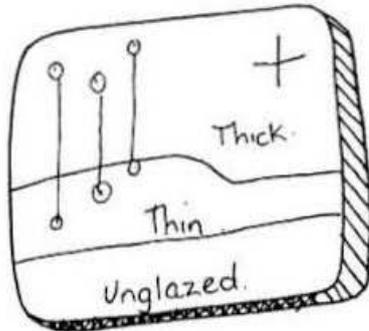
## EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Vidriados llamativos y bonitos aparecerán en cuanto empecemos a sacar las probetas del horno, pero hasta que no lo tengamos todo en orden no empezaremos verdaderamente a aprender sobre vidriados. También será necesaria una lupa para distinguir los detalles finos. Algunas de las características a observar son las siguientes:

1. Los vidriados tienen un amplio rango de puntos de fusión. En cualquier conjunto, los vidriados que funden primero estarán próximos a alguna proporción eutéctica.
2. Algunos vidriados son brillantes y algunos mates, y esas propiedades no necesariamente tienen que ver con la maduración del vidriado. Muchos vidriados maduros que se escurren pared abajo, son mates a causa de formaciones cristalinas durante el enfriamiento. Algunos vidriados son brillantes antes de madurar como, por ejemplo, algunos vidriados altos en sílice que aparecen en las cartas de resultados como *sugary*. Los tipos de mateidad varían enormemente, tanto en apariencia como en utilidad, por ejemplo, algunos son excelentes para cerámica utilitaria. Algunos se rayan fácilmente por los cubiertos, o son difíciles de limpiar, o hacen sonidos grimosos con la cubertería. Algunos, aunque son apropiados para uso doméstico, a causa de su excepcional belleza, se utilizan con fines decorativos no utilitarios.
3. Algunos vidriados son transparentes y otros opacos. Aunque suele entenderse que los vidriados mate son opacos, hay muchos semiopacos. Los tipos de opacidad de estos vidriados base son variables, siendo a veces muy blancos, otras casi blancos o incluso coloreados. La opacidad, a veces es homogénea, pero otras veces tiene textura –los vidriados semiopacos pueden presentar zonas cristalinas opacas flotando en un mar transparente.
4. Algunas veces los vidriados presentarán formaciones cristalinas.
5. Algunos vidriados craquelan y otros no. El craquelado varía de un grupo de vidriados a otro y depende mucho del soporte sobre el cual se aplique. En general, para cualquier grupo y sobre cualquier soporte, el craquelado debería disminuir aumentando la sílice y/o la alúmina, pero la importancia relativa de alúmina vs. Sílice depende del grupo concreto, y también de la temperatura de cocción. Para detectar craquelado difícil de ver, se puede frotar la superficie con un colorante o emplear un lupa bajo una luz brillante.
6. Muchos vidriados presentan diferencias importantes en función del espesor de la capa aplicada, a menos que sean muy estables y opacos. A veces, las diferencias son una cuestión óptica debida al grosor de la capa, pero con frecuencia hay diferencias debidas a la interfase entre el cuerpo cerámico y el vidriado, ya que el cuerpo cerámico puede suministrar sílice o alúmina al vidriado, o también hierro o titanio.
7. El contenido en burbujas varía mucho dependiendo de la composición del vidriado y del grado de maduración. El tamaño y la cantidad de las burbujas en ciertos vidriados, como los celadones, son cruciales.
8. Los colores obtenidos de un óxido colorante pueden variar mucho dependiendo de la base empleada para el vidriado, así como del cuerpo cerámico y el tipo de cocción.
9. Algunos vidriados base desarrollan un color significativo sin que haya óxidos colorantes en la receta del vidriado ni en el cuerpo cerámico, por ejemplo, el azul Chun y el rosa mate que se dan en la línea base del caolín en varios de los grupos aquí estudiados.

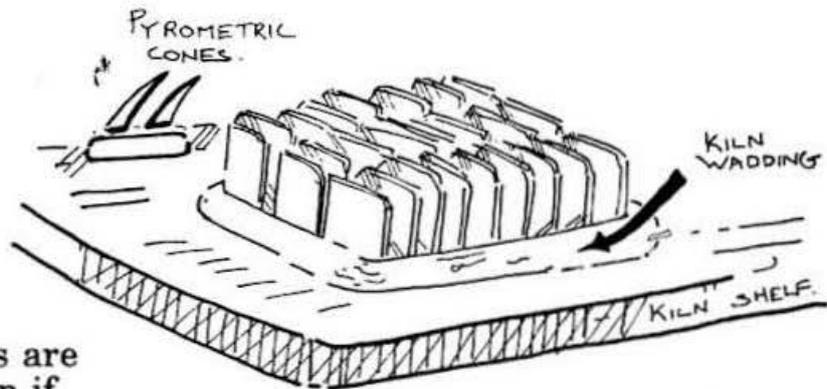
# Individual Tiles

After seeing the results of a stack of assessment tiles fired, you can decide what glazes are worth further investigation in a similar firing.

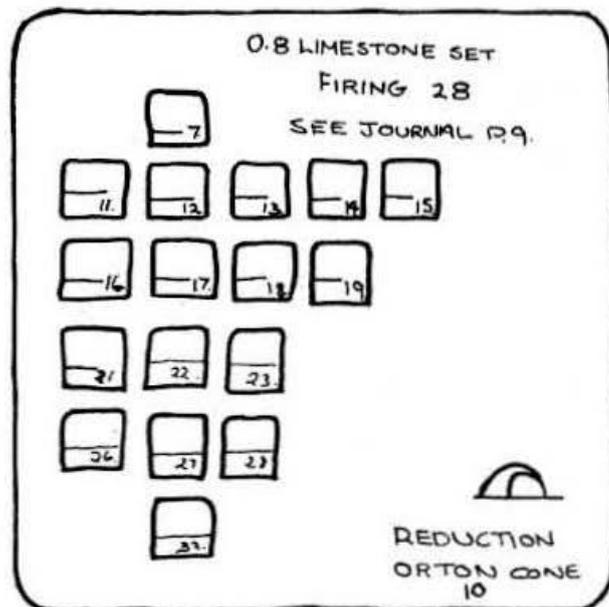


Apply the glazes to individual tiles, numbers on the back, apply colouring oxides, and fire vertically, in serried ranks.

FULL SIZE INDIVIDUAL TILE.



After firing, the tiles are separated, cleaned up if necessary, and mounted in order on board, along with necessary information.



**10.** La aplicación de puntos o líneas de color sobre o bajo cubierta, es un modo evidente de obtener información sobre el comportamiento de los colorantes al aplicarlos a pincel; además, si se ha aplicado suficiente cantidad, un examen con lupa en los límites de la línea o el punto, revelará una *línea de mezcla* microscópica que puede darnos una orientación sobre el resultado que podemos esperar al mezclar cantidades decrecientes de colorante con el vidriado.

**11.** Para resolver alguna cuestión teórica puede ser necesario ver lo que hay bajo la superficie del vidriado. Si este es opaco, se puede lijar con esmeril y ,después, mojarlo antes de observar con la lupa.

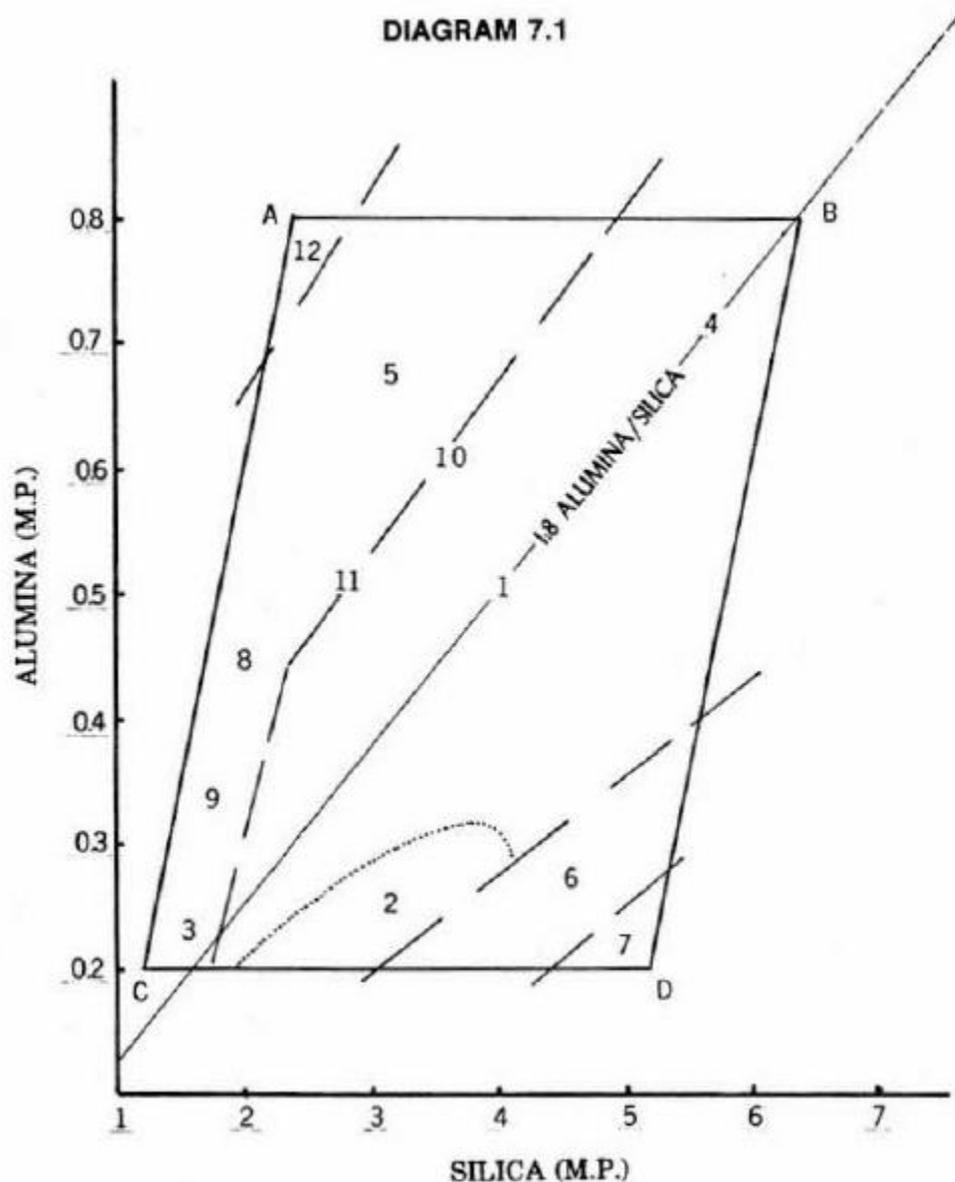
**12.** En ocasiones puede darse un gran salto en las propiedades de un vidriado a otro consecutivo; podría ser adecuado estudiar con mayor detalle tales zonas preparando vidriados más próximos.

## 7. LA ALÚMINA Y LA SÍLICE EN LOS VIDRIADOS DE ALTA

Antes de entrar en las diferencias entre los diferentes grupos de vidriados, es útil considerar las similitudes. Esto nos lleva a investigar el comportamiento de sílice y alúmina en los vidriados de alta. En principio, consideraremos los fundentes en términos generales y después, cuando nos ocupemos de los diferentes grupo, consideraremos los roles de los distintos fundentes.

### LOS EFECTOS DE VARIAR SÍLICE Y ALÚMINA

Hay algunos fenómenos que parecen ocurrir regularmente en casi todos los grupos, y se discutirán más abajo en referencia a las regiones mostradas en el diagrama 7.1



### 1. VIDRIADOS BRILLANTES

Cuando los vidriados de la zona 1, o sobre la línea de proporción 1:8 entre alúmina y sílice, maduran, suelen ser transparentes y brillantes, aunque los próximos a la esquina C suelen ser excesivamente fluidos y craquelados, mientras que al aproximarnos a la esquina B, los altos contenidos de sílice y alúmina producen vidriados muy estables y libres de craquelado pero de una opacidad creciente. Además, en la zona 2 hay una tendencia hacia la opalescencia a altas temperaturas. Este es un tipo de vidriado *Chun* que ocurre si damos con la temperatura correcta. Si la temperatura es demasiado alta, el vidriado es transparente, pero si es demasiado baja tiende a ser opaco y también puede ser mate. Estos vidriados suelen tener una relación alúmina/sílice próxima a 1:12.

En la zona 3, próximos a la esquina C, pueden desarrollarse cristales grandes y, en este caso, es importante mantener baja la alúmina.

En la zona cuatro se dan los vidriados estables y sin craquelado mencionados anteriormente, y es una buena fuente de vidriados para la cerámica blanca, o de cualquier tipo en que se precisen vidriados claros, no craquelados y de gran resistencia mecánica. Por *cerámica blanca* entiendo aquella decorada a base de pinceladas de cobalto, hierro, etc., sobre una arcilla blanca o engobe. A causa de la estabilidad de estos vidriados, los trazos con óxidos colorantes saldrán del horno tal cual entraron.

## 2. VIDRIADOS MATE

En la esquina A, con mucha alúmina y poca sílice, se encuentran los vidriados mates de alúmina, un tipo bastante utilizado y estable de vidriados mate (ver zona 5). El mateado es causado por la formación de diminutos cristales superficiales durante el enfriamiento del vidriado, de modo que la velocidad de enfriamiento tendrá un notable efecto sobre la matidez de tales vidriados. Con mayor cantidad de alúmina se produce un mate seco debido a una fusión incompleta; este efecto ocurre en las proximidades del vidriado nº1 (zona 12) en la mayoría de los grupos. En la medida en que la matidez sea causada por una fusión incompleta (a diferencia de la cristalización), no se ve afectada por la velocidad de enfriamiento. El contenido de arcilla de tales vidriados suele ser alto y se comportan bien en crudo, ya que utilizados sobre bizcocho el alto contenido de arcilla puede provocar el cuarteado del vidriado, a no ser que parte de la arcilla se calcine. Los cálculos que nos permiten sustituir la arcilla cruda por arcilla calcinada se encuentran en la lección 14.

La superficie rugosa de *piel de naranja* no es rara en una variedad de vidriados, pero suele ser fugitiva. Hay, sin embargo, vidriados seguros piel de naranja, que se dan en la zona 10 en el límite entre los vidriados brillantes y los mates, en la mayoría de los grupos estudiados aquí. El efecto varía desde unos pocos pinchazos sobre un vidriado brillante hasta (según se va aumentando la cantidad de alúmina y disminuyendo la de sílice) una rica textura mate, antes de llegar a los mates de alúmina. Según varía el límite brillante/mate al aumentar la temperatura, también varía el efecto de un vidriado a otro. El efecto parece ser causado por pequeñas burbujas que estallan en la superficie, pero sin llegar a alisarse posteriormente. En los vidriados brillantes, más fluidos, ocurre que da tiempo a que las burbujas que explotan devengan una superficie lisa, mientras que en los vidriados altos en alúmina, más viscosos, las burbujas tienden a quedar atrapadas en el vidriado. Recordar que la alúmina es un estabilizador del vidrio, por lo cual, los vidriados altos en alúmina dan evidencias de mayor viscosidad.

En algunos de los grupos de vidriados ocurre que junto al efecto de piel de naranja, hay un efecto mate por cristalización que, combinado con el efecto de las burbujas, crea unas ricas texturas semimates (zona 11). Ambas zonas tienen la misma relación alúmina/sílice, pero la piel de naranja "cristalina" es más rica en fundentes.

*Mates por alúmina y fundentes* – Estos vidriados se dan en la zona 8 del conjunto del barío y de los conjuntos con más caliza. Bajo condiciones adecuadas, se pueden producir vidriados mates interesantes de colores estables, a veces exhibiendo colores rotos. Un vidriado muy utilizado de este tipo es el que contiene iguales porcentajes de caliza, feldespato y caolín.

*Mates por fundentes* – Estos vidriados, que aparecen en la zona 9, son menos estables que los anteriores, con frecuencia demasiado fluidos... el vidriado puede ser brillante o mate según el espesor de la capa... Los vidriados naturales de cenizas son con frecuencia de este tipo, típicamente, ricos en calcio y pobres en alúmina y sílice.

*Vidriados rosas mate sobre la línea de base del caolín* – Al cocer con fuerte reducción, la mayoría de los grupos estudiados desarrollan vidriados mate de color rosa a lo largo de la línea del caolín (es decir, entre A y C) o sus proximidades. Según se aumenta la temperatura, los vidriados son cada vez más brillantes y el efecto desaparece; el rosa tampoco aparece si la aplicación del vidriado es demasiado fina. Con frecuencia, el efecto se da junto a un tinte grisáceo, que podría ser el resultado de inclusiones de carbón por la atmósfera muy reductora.

## 3. VIDRIADOS RICOS EN SÍLICE

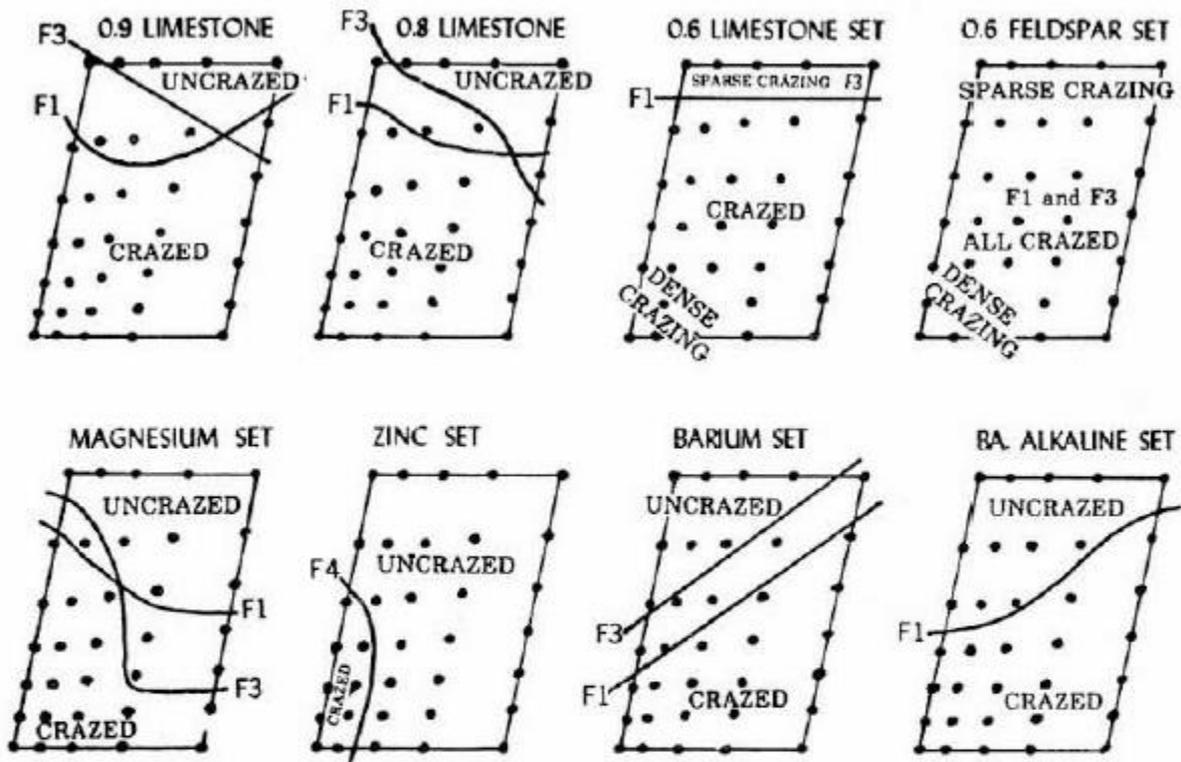
La mayoría de los grupos de vidriados presentan una brusca transición entre los vidriados brillantes de la zona 1 y los vidriados infracocidos ricos en sílice de la zona 7. Normalmente, hay una banda estrecha de vidriados *de azúcar* semi maduros (zona 6) antes de los verdaderamente infracocidos. A veces, a temperaturas más bajas, la transición no es tan estrecha, por ejemplo, en los grupos del magnesio y de 0,8 de caliza se produce un rango útil de vidriados opacos mates (que incluyen la zona 2 y la zona 6) en este área.

## 4. CRAQUELADO

El comportamiento relativo de la sílice y la alúmina en el craquelado es fuertemente dependiente del grupo fundente. Por ejemplo, el grupo del barío muestra un incremento en el craquelado al aumentar la sílice, mientras que ocurre lo contrario en el grupo del cinc y también en otros grupos. En todos los grupos estudiados aquí, una

disminución conjunta de alúmina y sílice (es decir, un incremento de los fundentes, moviéndonos hacia la esquina C) causa un aumento del craquelado. El efecto de la temperatura es interesante. En el grupo del magnesio y en los grupos más ricos en caliza, elevar la temperatura provoca craquelado en los vidriados ricos en alúmina pero ocurre lo contrario en los vidriados ricos en sílice. Ver el diagrama 7.2

**DIAGRAM 7.2 - Crazing**



**Notes:**

1. Clay body used is Podmore's Porcelain. Many normal stoneware bodies will craze less than shown here.
2. Marginally uncrazed glazes may craze with time e.g. months or years. They may also craze if applied more thickly, or over a larger area. The results given here were taken from normal assessment tiles about one month after firing.
3. F1 = Firing No. 1 etc.

**5. VAPORIZACIÓN DE LOS FUNDENTES**

Si las probetas de comparación se cuecen apiladas, cada grupo de vidriados deja su impronta en la parte posterior de la probeta que tiene encima. Alternativamente, un examen minucioso del cuerpo cerámico desnudo adyacente al vidriado, nos da la misma información. Esta impronta suele ser parecida a una piel de melocotón o, cuando hay mucha volatilización, a una fina capa de vidriado claro. Algunos de los resultados son predecibles pero otros no. Más información, en el diagrama 7.3.

**FUENTES DE ALÚMINA EN LOS VIDRIADOS**

La mayoría de la alúmina de nuestros vidriados proviene de feldspatos y arcillas. Muchas veces, como en el caso de los feldspatos, las materias primas utilizadas para introducir los álcalis, también introducen alúmina como, por ejemplo, las fritas. Cuando queremos poner solo alúmina, puede utilizarse la alúmina hidratada, o su equivalente calcinada. Aunque lo más habitual es que se introduzca la alúmina a partir del caolín, u otra arcilla, siempre que no supongan un problema los óxidos adicionales. En la tabla 1 se pueden consultar las fuentes de alúmina.

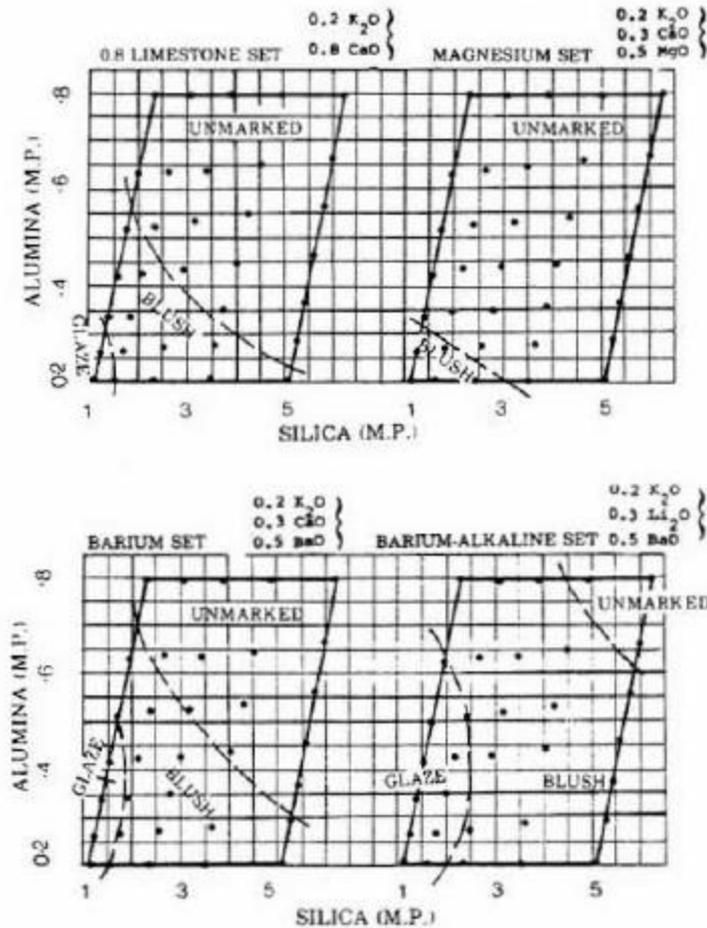
**FUENTES DE SÍLICE EN LOS VIDRIADOS**

Además de las formas relativamente puras de sílice, que veremos dentro de un momento, ésta suele introducirse con los feldspatos, arcillas, fritas y muchas otras materias primas. La sílice relativamente pura se da en varias formas:

a. Sílice cristalina

La forma más común es el cuarzo, que puede encontrarse como rocas o como arena. En ambos casos es muy abundante y de bastante pureza. Para los vidriados es necesario que pase por el tamiz 200 o uno más fino.

**DIAGRAM 7.3 - Vapour Imprint Diagrams**



**Notes:**

1. These diagrams are compiled by observing the reverse sides of porcelain assessment tiles fired in stacks, the vaporising fluxes from the glazes of one tile leaving an 'imprint' on the back of the tile above. This is a crude but simple technique for comparing in different glazes the vaporisation caused by an overload of fluxes.

2. Areas marked 'glaze' on the diagrams are where the fluxes are so volatile as to produce a clear vapour glaze on nearby unglazed porcelain.

Some of the observations made from the tiles are as follows. (See Diagram 7.3).

- (a) In all sets vaporisation is heaviest in corner C (high fluxes) and tapers off as does the flux content. Compare the Vapour Imprint Diagrams with the corresponding Recipe Charts or the Oxide % Charts.
- (b) Vaporisation seemed almost as heavy in oxidation as reduction, but much less obvious, because of the much richer apricot colour produced in reduction.
- (c) Lithium and barium vaporise very readily, calcium less so, and magnesium least of all. Zinc is a special case.
- (d) When the Zinc Set is fired in strong reduction, zinc oxide seems to disappear without trace (see 'Zinc Set' later) but in oxidation, there seems to be vaporisation from virtually all of the glazes, evident as a colourless sheen on the porcelain around virtually all of the glazes, visible only if a bright light is reflected off the surface.

b. Sílice microcristalina

Sobre todo pedernal, pero también esquisto, calcedonia, ágata, ónix y otros... Las principales diferencias que se encuentran en la literatura según el tipo de sílice en los vidriados son: que la sílice en el vidriado tiene una

ligera tendencia al craquelado comparada con el pedernal y que el pedernal se comporta mejor en suspensión porque tiene menor densidad.

c. Sílice amorfa o no cristalina (coloidal)

*Ópalo*: Además de la piedra semipreciosa hay otra serie de variedades, con un contenido variable de agua. Aunque no son formas de sílice que se usen habitualmente sí se utilizaban en vidriados Chun. Bernard Leach remarcaba la importancia de este tipo de sílice en los vidriados Chun, si bien, la obtenía de cenizas de hierba.

**Table 1. Common Sources of Alumina**

Feldspars	e.g. $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	
Nepheline syenite	e.g. $0.25 K_2O$ $0.75 Na_2O$	$1.1 Al_2O_3$ $4.65 SiO_2$ (fairly variable)
Cornish stone	e.g. $0.5 K_2O$ $0.25 Na_2O$ $0.25 CaO$	$1.2 Al_2O_3$ $8.4 SiO_2$ (fairly variable)
Kaolin	e.g. $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	
Ball Clays	e.g. $0.3 RO \cdot Al_2O_3 \cdot 5.0SiO_2$	(very variable)
Other Clays		
Alumina Hydrate	$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$	
Alumina	$Al_2O_3$	

**Note:** If possible, we usually try to avoid putting the alumina into the glaze as 'Alumina' or 'Alumina Hydrate' mainly because of the difficulty of incorporating these materials into the glaze, especially in a quick firing.

*Cenizas vegetales*: La sílice presente en las cenizas de madera, hierbas, etc., es sílice coloidal. Las cenizas de herbáceas son especialmente ricas en sílice, por ejemplo, las cenizas de la planta del arroz que se usan habitualmente en Oriente como ingrediente del vidriado, contienen alrededor de un 80% de sílice. Como ya se mencionó, la cenizas de madera o de hierba se utilizaba en los vidriados Chun. La trementina australiana (Turpentine) es un árbol cuyas cenizas también tienen un alto contenido en sílice.

Otras fuentes de sílice a tener en cuenta son los feldespatos y arcillas y las fritas.

### LA RELACIÓN ALÚMINA/SÍLICE

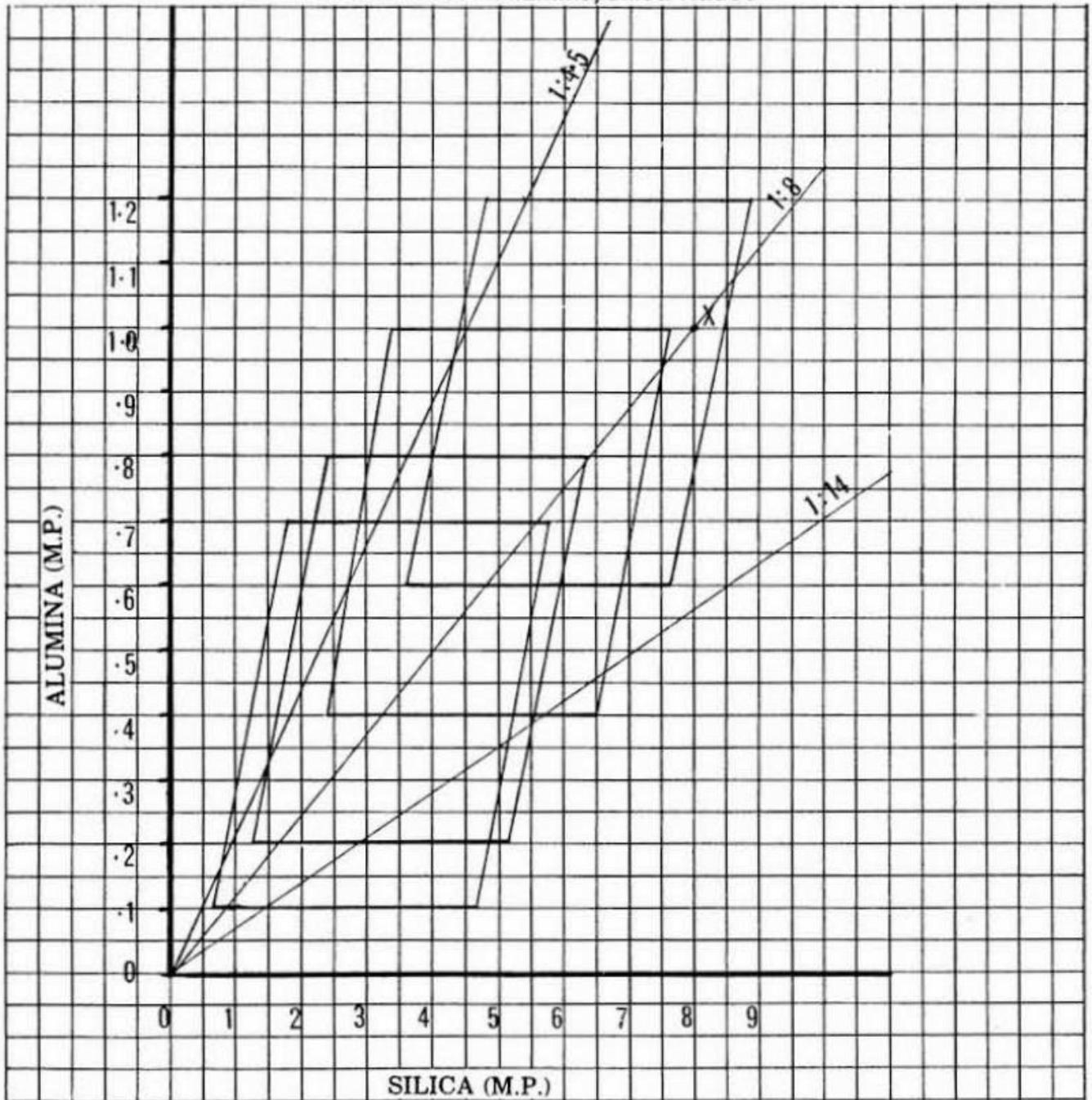
El diagrama 7.4 nos sirve para localizar la relación entre sílice y alúmina de los distintos grupos de vidriados.

Cuando uno se acostumbra a utilizar la fórmula Seger para trabajar con vidriados, resulta útil un cálculo rápido de la relación alúmina/sílice. Un punto de partida habitual cuando se enseñan los vidriados de alta temperatura es el *vidriado estándar de caliza para el cono 9*. En este vidriado, tenemos 0,5 moles de alúmina y 4 de sílice, así que la relación alúmina/sílice es 0,5:4 ó 1:8.

Si representamos en el gráfico todos los vidriados con esta relación entre sílice y alúmina, obtenemos la línea marcada 1:8 en la gráfica, que pasa por el origen de coordenadas y por el punto X en 1 de  $Al_2O_3$  y 8 de  $SiO_2$ . Si buscamos en las cartas de resultados, dadas más adelante para los diferentes grupos de vidriados base, veremos que la línea 1:8 atraviesa el diagrama de cada grupo justo en la zona central de vidriados transparentes y brillantes si se cuecen a temperatura de maduración. Los vidriados con una relación de alúmina/sílice alrededor de 1:4 o 1:5 pueden considerarse *vidriados ricos en alúmina* y, con frecuencia, serán mates o semimates. Por otra parte, los vidriados con relación alúmina/sílice 1:14 o mayor, pueden considerarse como *vidriados ricos en sílice*. A veces, éstos nos darán vidriados opacos en los que el exceso de sílice que no participa en la fusión actúa como opacificante. Con frecuencia, sin embargo, el resultado es simplemente un vidriado infracocido. Pero lo importante aquí, es darse cuenta de que los da información valiosa no son los moles concretos que tengamos de alúmina o sílice sino la relación entre ambas cantidades. Por ejemplo, si buscamos entre los distintos grupos de vidriados aquellos cocidos a

maduración y que contengan 0,7 moles de alúmina, veremos que puede resultar un vidriado infracocido, mate o brillante, dependiendo de la cantidad de sílice presente. Sin embargo, dentro de un mismo conjunto, virtualmente, todos los vidriados con relación 1:8 serán brillantes y transparentes, todos los que se acerquen a 1:4,5 serán mates, y la mayoría de aquellos con relación 1:15 serán *tipo azúcar* o infracocidos. Este tipo de comportamiento lo veremos repetirse una y otra vez.

DIAGRAM 7.4 - Alumina/Silica Ratios



## 8. VIDRIADOS ALCALINO CÁLCICOS

Los cuatro grupos de vidriados investigados en este capítulo tienen diferentes cantidades de óxido de calcio (de la caliza) y de álcali (de la ortosa). De otro grupo intermedio solo se presentan datos. La parte fundente de estos cinco grupos, expresada en forma de moles, es la siguiente:

Grupo 0,9 CaO	Grupo 0,8 CaO	Grupo 0,7 CaO	Grupo 0,6 CaO	Grupo feldespatos
0,1 K <sub>2</sub> O	0,2 K <sub>2</sub> O	0,3 K <sub>2</sub> O	0,4 K <sub>2</sub> O	0,6 K <sub>2</sub> O
0,9 CaO	0,8 CaO	0,7 CaO	0,6 CaO	0,4 CaO

### EL USO DEL CALCIO EN LOS VIDRIADOS DE ALTA TEMPERATURA

El óxido de calcio (“lime” en inglés) es un fuerte fundente en los vidriados de alta temperatura y, por ello, uno de los más utilizados (normalmente con un poco de K<sub>2</sub>O) ya que también otorga beneficiosas propiedades al vidriado, como estabilidad, fiabilidad y menos dependencia de variables aleatorias en la cocción. Esta fiabilidad sobre un amplio rango de composiciones y condiciones de cocción lo hacen, probablemente, el óxido más utilizado en la mayoría de los vidriados comunes de alta temperatura. Sin embargo, si se utiliza en exceso, su comportamiento puede ser más sensible. Aunque normalmente actúa como fundente, adiciones progresivas de óxido de calcio (como ocurre con muchas materias cerámicas), pueden provocar el efecto contrario, de modo que al punto de fusión del vidriado aumenta según incrementamos la cantidad de CaO. Este proceso de sobresaturación del vidriado se acompaña de la formación de muy pequeños cristales de anortita (CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub>) y también wollastonita (CaO·SiO<sub>2</sub>). Este es un método muy común de obtener vidriados mate, e incluye los mates de calcio y los mates de calcio-alúmina.

El óxido de calcio tiene un rol importante en los vidriados que contienen óxido de hierro. En el efecto del hierro como colorante es muy determinante si este se disuelve en el vidriado o cristaliza independientemente. El óxido de calcio es muy efectivo para disolver el hierro. Esto se discutirá con más detalle en la lección 20.

### FUENTES DEL CALCIO

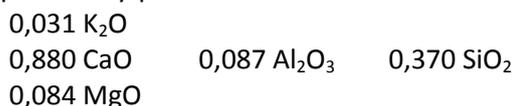
1. El carbonato cálcico se obtiene de la naturaleza de varias formas útiles para el ceramista:
  - a. Caliza o calcita.
  - b. Mármol.
  - c. Creta (tiza).

El calcio que empleamos para los vidriados suele provenir de la calcita, que suele ser bastante pura (alrededor del 99%). El carbonato cálcico, al tener una densidad baja, se mantiene bien en la suspensión al preparar el vidriado, y ayuda a mantenerse en suspensión a otros materiales más pesados.

2. Dolomita (CO<sub>3</sub>Ca·CO<sub>3</sub>Mg). Nos ocuparemos de ella cuando lleguemos a los vidriados con magnesio.

3. Wollastonita (CaO·SiO<sub>2</sub>). Es un mineral común disponible para la cerámica a precios moderados. En su libro *Oriental Glazes*, Nigel Wood la recomienda por encima de la caliza para conseguir resultados más próximos a los orientales.

4. La ceniza de madera suele ser rica en CaO. Según *Pioneer Pottery* de Michel Cardew, la ceniza del manzano contiene un 70,9% de CaO y la del eucalipto un 52%. Herbert Sanders, en su libro *The World of Japanese Ceramics* da una receta de “ceniza sintética”, que da un aspecto muy parecido al de los vidriados de cenizas, y que contiene un 62% de caliza. Su fórmula molecular es:



Que, como puede verse, es CaO con ciertos añadidos.

### EL USO DE LOS FUNDENTES ALCALINOS EN LOS VIDRIADOS DE ALTA TEMPERATURA

Los fundentes alcalinos tienen la fórmula general R<sub>2</sub>O y son: K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O y Li<sub>2</sub>O. Por razones prácticas, es raro encontrar vidriados para gres sin ningún contenido alcalino. Todos los grupos de vidriados base que estudiaremos contienen algún fundente alcalino. Aunque los compuestos de sodio, potasio y, en menor medida, litio, son abundantes en la naturaleza, muchos de ellos son solubles en agua y, por ello, no son útiles en los vidriados, a no ser como materias primas para elaborar fritas. El carbonato de litio sí es prácticamente insoluble y puede utilizarse como ingrediente en los vidriados. Las principales fuentes de K y Na insolubles son los feldespatos, ortosa, albita, nefelina sienita, pegmatita, etc., todos los cuales introducen una buena cantidad de sílice y alúmina junto al fundente.

También hay disponibles fritas alcalinas. En algunos casos se utilizan compuestos alcalinos solubles con alguna intención concreta.

Los álcalis son fuertes fundentes e incrementarán la fluidez del vidriado fundido. Ciertos colores precisan los vidriados alcalinos para desarrollarse. También aumentan el brillo del vidriado. Los vidriados muy alcalinos son más fáciles de rayar y aguantan peor a la intemperie, y en casos extremos (con muy poca alúmina y sílice) el vidriado es soluble en agua a la temperatura de maduración.  $K_2O$  y  $Na_2O$  tienen un elevado coeficiente de expansión y suelen provocar vidriados craquelados, mientras que con el  $Li_2O$  suele ocurrir justo lo contrario. El tipo y cantidad de álcali utilizado va a influir mucho en la adaptación del vidriado al cacharro.

Respecto a las propiedades físicas y químicas, suele suceder que es mejor una mezcla de elementos alcalinos que el uso de uno solo de ellos. La mayoría de los feldespatos, como la sienita nefelina, ya contienen mezcla de elementos alcalinos, lo cual no supone un problema, a no ser que busquemos cantidades exactas de ellos.

*Comparación entre Na y K:*

De acuerdo con Parmelee, la sustitución de K por Na en suficiente cantidad en el vidriado tiene los siguientes efectos

1. Incrementa el brillo.
2. Disminuye la fluidez.
3. Aumenta la resistencia al rayado.
4. Disminuye la solubilidad en agua.
5. Disminuye el coeficiente de expansión.
6. Ocurren ciertos cambios en la respuesta de color de los óxidos colorantes.

En los ocho conjuntos de vidriados estudiados aquí, el rol de los álcalis puede evaluarse de dos formas: en primer lugar, a partir de los cuatro grupos que tienen cantidades variables de  $CaO$  y  $Na_2O$  y, en segundo lugar, del grupo de bario y potasio, y también en menor medida del grupo del bario (el  $BaO$  actúa hasta cierto punto de forma parecida a los fundentes alcalinos). Aunque solemos agrupar los fundentes alcalinos (el litio aparte, es normal encontrar la expresión "KNa") con el propósito de comparar con los fundentes no alcalinos (de forma RO), Parmelee advierte que la sustitución completa de un elemento alcalino por otro puede tener un fuerte efecto en los vidriados muy alcalinos sobre todo si están coloreados.

## FUENTES PARA LOS ÁLCALIS

Exceptuando la sal y el bórax, solo trataré los que son insolubles en agua.

### Sodio

1. Feldespato sódico (albita).
2. Nefelina sienita.
3. Polvo de vidrio. Esto son restos de vidrios de botellas o ventanas machacados y molidos, de composición variable. Parmelee nos da la siguiente composición aproximada:  

0,5 $Na_2O$	1 $SiO_2$
0,5 $CaO$	
4. Fritas alcalinas como, por ejemplo, la Podmore 2250 o la Ferro 3110.
5. Sal (ClNa). Ésta se utiliza mucho para los vidriados a la sal, que no se trata en este curso. Aunque es muy soluble en agua, la sal se utiliza en pequeñas cantidades en algunos vidriados para conseguir efectos concretos como, por ejemplo, en los vidriados Shino, para ayudar a lograr el color marrón rojizo característico. La sal facilita la volatilización del hierro de pastas y vidriados, ya que se combina con el hierro para formar el cloruro férrico, que es muy volátil.
6. El bórax ( $Na_2O \cdot 2B_2O_3 \cdot 10H_2O$ ) es soluble en agua y rara vez se utiliza en los vidriados de alta.

### Potasio

1. Feldespato potásico (ortosa).
2. Cornish stone o Cornwall Stone (utilizaremos pegmatita). La utilizan mucho los ceramistas ingleses como principal fuente alcalina. Es una pegmatita o roca granítica de composición relativamente variable. Si queremos utilizarla con precisión, a partir de una fórmula de vidriado, necesitaríamos un análisis de la que utilizásemos. Sin embargo, la fórmula siguiente podría representar una composición típica:

0,50 $K_2O$		
0,25 $Na_2O$	1,15 $Al_2O_3$	8,50 $SiO_2$
0,25 $CaO$		0,04 $F_2$ , con trazas de $Fe_2O_3$ y $MgO$

## Litio

1. El carbonato de litio ( $\text{CO}_3\text{Li}_2$ ) es la principal fuente de litio para el ceramista, aunque es caro y ligeramente soluble en agua.

Los siguientes se desvían todos de su fórmula teórica y no son siempre fáciles de obtener.

2. Petalita ( $\text{Li}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 8\text{SiO}_2$ ), que es un feldespatos de litio.
3. Lepidolita ( $\text{LiF}\cdot\text{KF}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ ), que es una mica de litio.
4. Amblygonita ( $\text{LiAlFPO}_4$ ). Provoca una fusión rápida y elevado brillo. Su alto contenido en flúor y óxido de fósforo la hacen particularmente útil para los vidriados opacos.
5. Espodúmeno ( $\text{Li}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2$ ).

## COMENTARIOS PRELIMINARES A LOS EXPERIMENTOS

### Datos, cocciones, materiales y resultados

Estos comentarios se aplican a los ocho experimentos detallados en los capítulos 8, 9, 10 y 11.

#### 1. Datos

Las recetas y las cantidades de los distintos óxidos se dan con dos decimales pero, a todos los efectos, se pueden ignorar los decimales y no se apreciará cambio alguno. Se dan los decimales sólo por mantener la precisión del cálculo. En general, en todos los cálculos intermedios deben mantenerse los decimales para no propagar errores, pero podemos prescindir de ellos en el resultado final.

#### 2. Tablas de recetas y tablas de peso de los óxidos

Estas tablas solo representan otra forma de dar la información que aparece en las hojas de datos, pero mostrando más claramente las relaciones existentes. La tabla de recetas consiste en una gráfica (representando moles) en la que se representan las recetas (triaxiales basadas en los pesos), y la tabla de peso de los óxidos es algo parecido. Por claridad, se representan también los diagramas triaxiales para mostrar cómo se obtienen las dos tablas, de recetas y de pesos en óxidos.

#### 3. Diagramas de resultados

En las zonas limítrofes (entre brillante y mate, por ejemplo) se traza una línea discontinua, lo cual indica que hay poco cambio de un vidriado a otro que está justo al otro lado de la línea. Una línea de frontera que pasa por encima de un punto (que representa un vidriado) indica que dicho vidriado tendrá propiedades intermedias entre las dos zonas. Un círculo alrededor del punto del vidriado indica que dicho vidriado presentará *piel de naranja*. Cuando el efecto es poco marcado, el círculo será discontinuo. Para apreciar los resultados será necesario leer los comentarios teniendo delante el correspondiente diagrama de resultados.

Desde aquí al final del tema hay un montón de gráficos que no incluyo, se imprimen directamente.

#### 4. Cocción

Los resultados que se ofrecen aquí se cocieron en un pequeño horno de gas. Los ciclos de cocción se ralentizaron en las etapas finales, incluyendo el enfriamiento, para obtener mayor variedad de resultados. Una cocción y enfriamiento más lentos, tal como sucedería en un horno de fibra, daría menor variedad de resultados para cualquiera de los grupos a causa del menor tiempo de interacción entre pasta y vidriado y para el crecimiento cristalino. Los conos alcanzados en las cocciones fueron:

cocciones 1 y 4 → cono 10

cocción 2 → cono 13

cocción 3 → entre los conos 13 y 14

En todos los casos son conos Orton grandes.

Las cocciones 1, 2 y 3 se hicieron en reducción según se muestra en el diagrama 8.3, y la cocción 4 en oxidación aunque, por lo demás, es igual a la cocción 1.

#### 5. Cuerpo cerámico

Como soporte para las pruebas se utilizó porcelana de Podmore.

#### 6. Materias primas

El análisis de las materias primas utilizadas se da en el capítulo 1 (ver página 9 del libro).

## 7. Numeración de los vidriados

El orden de numeración de los vidriados se hará siempre como en el diagrama 8.4 de la página 47.

### EXPERIMENTO Nº2 – 0,9 CaO

...

#### Comentarios sobre los resultados

Ver los diagramas de la página 48 del libro.

1. Este grupo muestra más vidriados infracocidos que otros, queda claro que es necesario más  $K_2O$  para fundir muchos de los vidriados.
2. En reducción, muchos de los vidriados a lo largo y cercanos a la línea base del caolín salen descoloridos por cristales amarillentos, muy similares a los vidriados de cenizas ricos en calcio; algunos de los vidriados (escasos en sílice y alúmina) desarrollan riachuelos entremezclados, que son típicos de los vidriados de cenizas sobre superficies verticales. La decoloración es menos notable en oxidación y desaparece a temperaturas más altas.
3. Los mates de calcio-alúmina se presentan alrededor de los vidriados 6 y 11. Este tipo de vidriado se discute con más extensión en el capítulo 17.
4. Se forman cristales grandes en alguno de los vidriados escasos en alúmina a alta temperatura, por ejemplo, los vidriados 29, 33 y 34 en la cocción 3.
5. El efecto Chun azul aparece en el vidriado 29, cocción 3, junto a cristalizaciones. El azul lo posibilita el óxido de hierro que haya en el vidriado o en el cuerpo cerámico.
6. Un decente efecto de piel de naranja se produce en el vidriado 4, cocción 3.
7. Como resultado del alto contenido de óxido de calcio, las decoraciones con óxido de hierro tienden a disolverse en el vidriado.
8. La alta proporción de óxido de calcio respecto a la parte alcalina hace que estos vidriados sean menos propensos al craquelado que los de otros grupos como los de 0,6 de caliza o 0,6 de feldespato.

### EXPERIMENTO Nº3 – 0,8 CaO

...

#### Comentarios sobre los resultados

Ver los diagramas de la página 52

1. Salen algunos mates de alúmina bastante buenos, incluyendo también algún excelente efecto de piel de naranja, por ejemplo, el vidriado 13 en las cocciones 1 y 2.
2. Hay cristales granulares apenas visibles en los vidriados 16, 17, 21 y 22 en la cocción 1. El efecto de los cristales, combinado con el de piel de naranja, parece ser la causa para la preciosa textura superficial, mate o semimate, del vidriado 17, cocción 1.
3. Según se aumenta la temperatura, los vidriados mate 12 y 17, comienzan rápido a clarear, pudiendo llegar a ser transparentes y brillantes; sin embargo, ambos pasan por una etapa en la que son mates en las zonas de capa fina y transparentes y brillantes en las zonas de capa gruesa.
4. En la cocción 1, hay una amplia zona de vidriados mate de sílice, por ejemplo, los números 24, 25, 28 y 29. Según aumenta la temperatura, la opacidad clarea, produciendo a veces el efecto Chun azul, por ejemplo, el vidriado 29, cocción 3. Este efecto Chun, se puede lograr a temperaturas más bajas sobre un cuerpo cerámico con más hierro o aplicando un engobe de hierro o añadiendo algo de hierro al vidriado. Ver el tema 18 para más información sobre los vidriados Chun.
5. Adyacente al vidriado Chun 29, cocción 3, pero cercano a la esquina D, hay una estrecha zona de vidriados opacos blancos lechosos y brillantes, que se vuelven *de azúcar* si aumentamos la sílice.
6. Los chorreones son evidentes en algunos de los vidriados escasos de alúmina y sílice.
7. Hay rosas mate y decoloración evidente a lo largo de la línea base del caolín en la cocción 1. El efecto no es tan evidente en oxidación. En la cocción 2, el rosa queda confinado a los vidriados 6 y 11, y no aparece con claridad en la cocción 3.
8. Hay algunos vidriados muy resistentes que no craquelan, útiles para usos funcionales, alrededor de la esquina B. Estos vidriados se volverán a tratar en el capítulo 19.