

LOS VIDRIADOS CERAMICOS

1. NATURALEZA DEL VIDRIO Y LOS VIDRIADOS.

Los vidriados de cerámica son similares a las otras clases de vidrios. Por eso necesitamos conocer la naturaleza de estos para comprenderlos mejor.

El Vidrio: Es una sustancia no cristalina de mayor o menor transparencia y translucidez que se ha formado por enfriamiento rápido de una fusión de materiales térreos.

La mayoría de los materiales de la superficie terrestre, ante un enfriamiento lento cristalizan. Pero no se comportan así cuando el enfriamiento es rápido ya que a sus moléculas no les da tiempo a organizarse en estructuras geométricas. Por eso definimos El Cristal: como una red molecular, totalmente cerrada que se forma al enfriarse un líquido fundido adoptando una forma que puede repetirse un número x de veces.

Los vidriados de cerámica son verdaderos vidrios pero su composición se ajusta para su función de pegarse sobre la superficie cerámica. El vidrio para vidriados cerámicos debe ser espeso y viscoso de manera que se sostenga sobre la superficie cerámica y no escurra durante la cocción.

Los Vidriados: Capa vítrea fundida, en el mismo sitio, sobre una pasta cerámica y que puede dar a esta lisura, impermeabilidad y el color y textura deseados.

FABRICACIÓN DEL VIDRIO:

El vidrio se forma a partir de SÍLICE (arena blanca). Pero esta funde a temperaturas muy altas (1750°), por lo que se le añaden fundentes, Estos son:

LA SOSA: Ceniza de sosa (carbonato sódico anhidro).

LA CAL: Piedra caliza machacada y molida.

Casi todos los vidrios (cristales de botella), finamente triturados se pueden utilizar como vidriados si se mezclan con algo de arcilla. Una receta puede ser:

... 9 cucharadas de cristal azul pulverizado

... 2 cucharada de bentonita

... 1 cucharada grande de arcilla de alfarero.

DIFERENCIAS DEL VIDRIADO CERAMICO:

- Debe ser bastante más viscoso que el vidrio. Esta viscosidad se consigue añadiendo alúmina a la mezcla.
- Normalmente debe fundir a menor temperatura.
- Debe adaptarse a la pieza de arcilla.

SUS PROPIEDADES, por tanto:

- Tener una contracción térmica ajustada a la del soporte
- Formar una interfase con el soporte.

2. MATERIALES QUE FORMAN LOS VIDRIADOS

MATERIALES PLÁSTICOS

Arcillas y caolines que introducen sílice y alúmina, aumentando el punto de fusión, la viscosidad y la tensión superficial, por lo que no suelen entrar en gran cantidad. También aumentan la contracción del vidriado con el consiguiente peligro de cuarteamiento.

MATERIALES ANTIPLASTICOS

Aportan sílice. De los más usados son el cuarzo o pedernal.

MATERIALES FUNDETES:

- Disminuyen el punto de fusión de los vidriados.
- Pueden ser plúmbicos, borácicos o alcalinos para baja temperatura, y feldespatícos, de dolomita o pegmatita para alta.

MATERIALES REGULADORES:

Condicionan el aspecto externo de los vidriados. Son los colorantes, texturantes, opacificadores, endurecedores, etc.

3. CLASES DE VIDRIADOS:

- Según su preparación:
Crudos y Fritados. Para estos últimos se utilizan materias primas como para los primeros pero sometidas a temperaturas elevadas para eliminar impurezas, insolubilizar algunos de sus componentes, y quitar toxicidad como en el caso de los compuestos de plomo.
- Según su transparencia: Transparentes y opacos.
- Según su brillo: Brillantes y mates.
- Según su temperatura de uso: Baja (980°), media (1100°C-1150°C), alta (+ 1220°).
- Según su composición:
 - » Plúmbicos.- Principal fundente es el plomo o compuestos
 - » Borácicos.- Principal fundente es el Bórax
 - » Alcalinos.- Principales fundentes el Na, K y Ca.
 - » Mixtos.- Cuando los fundentes principales son una combinación de los anteriores.
- Según el color o efectos especiales: Rakú, reflejos metálicos, lustres, celadones, cristalizaciones, etc.

4. DISTINTAS DENOMINACIONES PARA LOS VIDRIADOS:

En razón de su naturaleza, propiedades, temperatura de fusión y tipos de pastas cerámicas sobre las que se aplican se suelen denominar:

- BARNICES.- Transparentes para pastas porosas de baja temperatura.
- ESMALTES.- Opacos para pastas porosas de baja temperatura.
- CUBIERTAS.- Vidriados que se usan sobre pastas vitrificadas de alta como son el gres, porcelana o refractarios. Pueden ser transparentes, opacos o coloreados.

5. FACTORES A CONTROLAR PARA LA COMPOSICIÓN DE LOS VIDRIADOS:

- Que los constituyentes estén finamente molidos (pasar por tamiz).

Como hay que aplicarlo sobre la pieza en una solución acuosa, que las materias primas no sean solubles, o para conseguirlo, proceder a fritarlas. Los óxidos alcalinos y el bórax tienen este problema. Además, este último es higroscópico, y mezclado con agua se llena de cristales y se hace duro y es difícil de mezclar en los vidriados. Lo mejor es mezclarlo con agua inmediatamente antes de utilizarlo.

- Conseguir una viscosidad suficiente para que no descuelgue.
- Que tenga capacidad de adherencia al bizcocho.
- Compatibilidad en el coeficiente de contracción.
- Punto de fusión deseado. Esto es que a la temperatura deseada el vidriado funda y se alise sobre la pieza formando una capa vítrea.
- Puesto que la sílice y la alúmina comunican las propiedades valiosas de dureza, durabilidad y adaptación de los vidriados, se introducen en cantidades tan grandes como sea posible, teniendo en cuenta que:
 - a. Mucha sílice hace al vidriado demasiado refractario causando desvitrificación.
 - b. Poca sílice hace al vidriado blando y propenso al agrietamiento capilar.
 - c. Mucha alúmina provoca vidriados ásperos, mates, opacos y de superficie rayable.
 - d. Poca alúmina provoca vidriados chorreantes en paredes verticales.

En cuanto al punto de fusión de un vidriado, este puede bajarse:

- a. Añadiendo más óxidos fundentes como óxido de plomo, sosa, potasa, óxido de cinc u Óxido bórico.
- b. Disminuyendo el contenido de sílice y alúmina.
- c. Disminuyendo los fundentes más inactivos, tales como la magnesia y el óxido de bario, a favor de fundentes más activos.
- d. Añadiendo óxidos colorantes como hierro, cobalto o cobre que son en sí fundentes activos.
- e. Moliendo más finamente los materiales o introduciéndolos en forma de

fritas.

O puede elevarse por los procedimientos inversos a los anteriores.

6. LOS ÓXIDOS Y SU FUNCIÓN EN LA FORMACIÓN DE LOS VIDRIADOS:

El vidriado, cocido y acabado es una mezcla o fusión de varios elementos, todos ellos en forma de óxidos. Por eso es interesante la comprensión de este término.

Un óxido lo podemos definir como la combinación química de cualquier elemento con oxígeno.

El oxígeno está siempre presente en la atmósfera y en el agua siempre dispuesto a combinarse químicamente. Hay ejemplos muy comunes de oxidación: La combustión la herrumbre.

Como la mayoría de las reacciones químicas, la oxidación se facilita con el calor. Por eso en cerámica los materiales se someten a temperaturas relativamente altas y los productos cerámicos acabados están compuestos por óxidos, incluso cuando se hayan usado materiales que no estaban en forma de óxidos, tales como los carbonatos.

Se comprende mejor el vidriado si consideramos a este en su estado final, es decir, cuando ya está cocido y fundido. En ese momento todos sus materiales están en forma de óxidos. La relación entre estos distintos óxidos es la que nos interesa al componer los vidriados, o sea, las cantidades relativas y los efectos que tienen unos sobre otros durante la fusión, Hay que tener en cuenta que son muy distintos los óxidos de un vidriado cocido y las materias primas que combinamos para hacer un vidriado.

Los principales óxidos que entran en un vidriado acabado no son muchos:

ÓXIDOS BASICOS FUNDE TE		ÓXIDOS NEUTROS VISCOSIDAD		ÓXIDOS ACIDOS FORMADOR DE VIDRIO	
PbO	Monóxido de Plomo	Al ₂ O ₃	Óxido de Aluminio	SiO ₂	BiÓxido de Silicio
Na ₂ O	Óxido de Sodio	B ₂ O ₃	Óxido de Boro	TiO ₂	Óxido de Titanio
K ₂ O	Óxido de potasio	Sb ₂ O ₃	Óxido de Antimonio		
CaO	Óxido de calcio				
MgO	Óxido de Magnesio				
BaO	Óxido de Bario				
LiO	Óxido de				

	Litio				
SrO	Óxido de Estroncio				
ZnO	Óxido de Zinc				

La combinación de estos óxidos da una cantidad de vidriados. Para colorearlos se utilizan los óxidos metálicos colorantes: Ca, Cu, Fe, Mn, etc.

1. El vidriado:

Se emplea la palabra *vidriado* para designar de modo general la película vítrea que cubre a todos los productos cerámicos. Esta denominación vaga y poco satisfactoria exige una definición más exacta para calificar la naturaleza del vidriado, en relación con sus propiedades, su temperatura de fusión y el tipo de pasta a que está destinado.

Se llaman *barnizadas* las piezas comunes de pasta parda, decoradas con engobes y recubiertas por un vidriado muy plumbífero (cocción entre 950 y 1.100°C).

El término *vidriado* debería reservarse sobre todo a la película de vidrio transparente, a menudo borácico, que sirve para recubrir las mayólicas de pasta blanca (cocción entre 980 y 1.180°C).

Un vidriado *opacificado* que recubra una pieza de factura coloreada se denomina esmalte estannífero. Por desgracia, las alfarería estanníferas se llaman indebidamente mayólicas o fayenzas, términos que pueden inducir a confusión. Durante mucho tiempo se ha intentado imitar el aspecto de la porcelana mediante la aplicación de este esmalte blanco opaco sobre una base o tiesto coloreado (cocción entre 950 y 1.050°C).

En resumen, el término *esmalte* debería reservarse a todos los vidriados o a las cubiertas coloreadas, mates u opacificadas, elaboradas para que puedan sufrir no importa qué temperatura.

Por último, la designación de *cubierta* se reserva a los vidrios que recubren los productos de textura impermeable, sobre todo de materiales feldespáticos (cocción entre 1.200 y 1.450°C). En la constitución de las cubiertas destinadas al gres y a las porcelanas volvemos a encontrar una parte de las materias empleadas en la composición de la pasta.

Tal es la razón de que la cubierta aparezca tan íntimamente unida al tiesto que parece estar incorporada en él.

Los esmaltes cerámicos están compuestos pues, por materiales seleccionados, preparados con dosis adecuadas y mezclados, a los que se les añade agua y se aplican sobre la superficie de las piezas crudas o bizcochadas, cubriéndolas. Esta mezcla, al cocerse a la temperatura adecuada según sean de baja media o alta temperatura, forma una pasta vítrea que se adhiere a aquéllas.

En la formación del esmalte se emplean varios elementos siendo indispensables dos: el vitrificante (la sílice) y el fundente (que varía según la temperatura). La unión de estos materiales produce vidrio transparente, incoloro y brillante.

Se utiliza para impermeabilizar las pastas porosas y facilitar la limpieza de las vitrificadas. También permite darle a los objetos un cierto valor en relación con su aspecto brillante, mate o coloreado.

Existen diferentes maneras de conseguir vidriados y esmaltes propios, personales, pero en primer lugar debemos fijar nuestro objetivo: ¿vamos a trabajar en alta, media o baja temperatura? ¿nos sirven los vidriados comerciales o preferimos componerlos nosotros mismos? ¿qué aspecto nos gusta que tengan: brillantes, mates, satinados, transparentes, translúcidos, de colores vivos o matizados?

Clasificación por temperatura y composición.

1.1. Vidriados de baja temperatura.

Los esmaltes de baja temperatura se dividen en dos clases: plúmbicos y alcalinos.

Como fundentes de plomo se usan minio, litargirio, galena y carbonato de plomo y los compuestos alcalinos más empleados son bórax, ácido bórico, carbonato de sodio y colemanita.

Los esmaltes de baja temperatura se dividen en:

1.1.1. Vidriados plúmbicos.

Los vidriados de plomo tienen muchas ventajas: son fáciles de controlar, llenos de color y suficientemente duraderos para la mayoría de las finalidades.

El plomo es el principal elemento de los esmaltes plúmbicos. Este material funde a 510°C, produce una superficie pulida y brillante, junto con otros componentes, forma esmaltes que funden desde 710°C hasta 1120°C.

Los esmaltes de baja temperatura pueden aplicarse sobre cualquier tipo de pasta, aunque por lo general se utiliza: arcilla ferruginosa, loza y pastas con camota.

El plomo se utiliza en los vidriados como fundente. El plomo y la sílice sólo darán un vidriado muy bueno. La mayoría de los vidriados de todo el mundo contienen plomo como principal ingrediente, es el más útil y confiable en las zonas de temperaturas bajas.

Los vidriados a base de plomo tienen la ventaja de un punto de fusión más bajo, un efecto favorable sobre la mayoría de los óxidos colorantes y la tendencia a producir un vidriado liso brillante y libre de defectos. Tiene un coeficiente de dilatación bastante bajo, lo cual hace a los vidriados de plomo fáciles de acoplar sin agrietamiento a la mayoría de las pastas cerámicas. Los vidriados de plomo pueden fácilmente hacerse claros, transparentes, brillantes, mates, o texturados, variando la composición y añadiéndoles agentes opacificantes y moteadores adecuados.

Los vidriados de plomo no son necesariamente brillantes ya que pueden fácilmente matearse o apagarse por la adición de óxido de bario alúmina.

La gama de color de los vidriados de plomo es amplia, La mayoría de los óxidos colorantes cuando se añaden a los vidriados de plomo producen colores suaves, brillantes,

**** El cobre produce un vivo color verde césped.**

**** El manganeso da un color suave púrpura amarronado.**

**** El hierro produce tonos tostado, marrón y marrón rojizo, pequeñas cantidades de hierro hasta 2% dan un agradable tostado, color de miel, mayores porcentajes de hierro darán ámbar oscuro, marrón o marrón rojo, según la cantidad utilizada,**

**** El hierro y el estaño juntos en un vidriado alto en plomo dan un color cálido crema a rojizo moteado, Vidriados base con fundente de plomo se emplea para producir el llamado "Esmaltes de Venturina", que es un vidriado cristalino coloreado con hierro, y también vidriados rojo cromo.**

Las desventajas de los vidriados de plomo incluyen el peligro de envenenamiento, la blandura de los vidriados de plomo, La cerámica vidriada al plomo se raya fácilmente y

con uso duro se recubrirá de arañazos finos que dan al vidriado una apariencia apagada. Se admite que los vidriados de plomo no son tan duraderos como los vidriados de loza y porcelana, pero su gama de color y fiabilidad pueden más que compensar cualquier deficiencia de dureza.

1.1.2. Vidriados alcalinos:

Los esmaltes alcalinos son aquellos que se basan en los álcalis, es decir sodio, potasio o litio como fundente en lugar del plomo; los alcalinotérreos o el óxido bórico. Son similares en su temperatura a los del plomo (750 - 1060°C).

Las características de los vidriados de este tipo de la clasificación general son:

- * Fusión fluida y una tendencia hacia la apariencia vítrea.
- * Blandura.
- * Una tendencia al agrietamiento capilar sobre la mayoría de las pastas de arcilla.
- * La propiedad de un color brillante cuando se añaden al vidriado óxidos colorantes.

La sosa y la potasa son fundentes muy activos y su presencia en cantidades considerables en un vidriado hacen que se funda bastante repentinamente a bajas temperaturas. El peligro de sobrecocción se aumenta naturalmente en los vidriados altamente alcalinos, especialmente si el contenido de alúmina es bajo, pueden ser difíciles de cocer y pueden chorrear excesivamente si se sobrepasa la temperatura prevista.

La presencia de sodio y potasio en un vidriado favorecen la producción de colores fuertes brillantes a partir de la adición de distintos óxidos colorantes. En los vidriados alcalinos el cobre da tonos intensos de verde-azul, turquesa o azul. El cobalto da un azul intenso. El hierro da fuertes sombreados de color marrón y el manganeso da tonos vivos de violeta y púrpura.

Un vidriado altamente alcalino es casi imposible de acoplar a una pasta de arcilla sin agrietamiento capilar. En relación con esto puede decirse que la única manera para que se acople un vidriado alcalino es llevar la composición de la arcilla tan cercana a la del vidriado.

La tendencia a agrietarse de los vidriados alcalinos puede no ser una desventaja seria, su color y brillo muestran su excelencia en cerámica decorativa más que en cerámica utilitaria.

Los feldespatos no pueden utilizarse como fuente de cantidades significativas de alcalinos porque aportan demasiada alúmina y sílice, así la alternativa es sólo una: o utilizar materiales solubles tales como la ceniza de sosa o el bórax o utilizar fritas que contengan la sosa y la potasa deseadas.

Los vidriados altamente alcalinos son blandos y se rayan fácilmente. Un vidriado compuesto solamente por sosa y sílice, sin ningún otro óxido presente es soluble.

En los vidriados la solubilidad es altamente indeseable porque conduce al deterioro y destrucción del vidriado por meteorización en contacto con el agua o los ácidos débiles contenidos en los alimentos. Por tal razón los vidriados alcalinos deben contener suficientes alcalinotérreos o alúmina para evitar la solubilidad. A veces los vidriados alcalinos salen del horno con una ligera escoria (como una espuma) sobre ellos que debe

rascarse. Este es un signo de solubilidad, tal vidriado necesita más cal, zinc, magnesio o alúmina para estabilizar el vidriado y hacerlo insoluble.

Si el vidriado alcalino contiene exceso de sílice puede tener una textura opaca. Si se desea un vidriado alcalino transparente que dé el color azul con el cobre, el contenido de alúmina el vidriado debe mantenerse muy bajo. Esto hará al vidriado propenso a chorrear y con un margen de temperaturas de cocción estrecho.

1.2. vidriados de media temperatura.

La composición de estos vidriados es similar a la composición de vidriados de baja temperatura, siendo estos el minio o materiales alcalinos, cuarzo, caolín, óxidos colorantes, agentes opacificantes y texturantes en su caso para la consecución de distintos colores y texturas. Lo que varía en los vidriados según la temperatura de cocción, es el porcentaje de estos materiales. En los vidriados de media temperatura los fundentes actúan en menor porcentaje que en los esmaltes de baja temperatura, mientras que los porcentajes del cuarzo y el caolín son un poco más altos tal que; si en un esmalte de baja temperatura la formula es: minio 70%, sílice 30%; en un vidriado de media temperatura para loza 1100 °C 1150°C: minio 58%, sílice 30%, caolín 12%

1.3. vidriados de alta temperatura. Gres y porcelana.

Estos vidriados maduran altas temperaturas, en el intervalo de 1200 a 1350 °C, y son similares en su composición. Generalmente se funden con feldespato o de una clase u otra, siendo éste el ingrediente principal.

El feldespato funde por sí mismo a 1260 °C aproximadamente, y, en teoría, contiene todos los componentes para un vidriado a esa temperatura, como son sílice, alúmina, sosa, potasa o cal. En la práctica, pueden hacerse vidriados gres más adecuados si estos óxidos se reajustan añadiendo pequeñas cantidades de arcilla china (alúmina), cuarzo (sílice) y tiza (calcio).

1.4. Vidriado a la sal.

Es un vidriados propio de la cerámica de gres producido por volatilización de sal común en el horno. Las piezas más famosas de este tipo de cerámica son, probablemente, las jarras y botellas conocidas como Belarminos.

Este vidriado se hace introduciendo al final del período de cocción sal común húmeda en la cámara de cocción del horno. La sal se volatilizado en vapor en el que el óxido de sodio reacciona con la sílice y la alúmina de la vasija para formar una lámina fina de vidrio. Las cocciones del vidrio y de bizcocho o se hacen por tanto a la vez. El color se obtiene usando empastes teñidos u óxidos aplicados a la loza cruda. En los greses alemanes vidriados a la sal se usaba un baño de empaste marrón.

1.4.1. Vidrios de cenizas para gres.

Las cenizas de madera o de plantas contienen los óxidos necesarios para hacer vidrios de gres que fundan a unos 1260 °C. Estas cenizas varían de composición y de capacidad de fusión, ya que algunas contienen más sílice que otras, y por tanto, son más refractarias.

Normalmente los vidrios de cenizas presentan colores tenues proporcionados por las pequeñas cantidades de pigmentos naturales que contienen. No obstante, pueden colorear se más añadiendo pequeñas proporciones de los óxidos colorantes. Estas vidrios normalmente se cuecen en una atmósfera reductora.

2. Materias para la composición de vidriados.

Los vidriados están formados por la unión de uno o varios óxidos metálicos básicos con la sílice, a la que se añade en ocasiones anhídrido bórico. Se trata pues de silicatos o de borosilicatos, obtenidos por fusión en temperaturas dadas.

El óxido de aluminio que entra por lo general en la composición de los vidriados, tiene en ellos un papel indiferente: a veces se une a las bases; otras, a los ácidos, según la composición del vidrio. Su utilidad consiste en mejorar, antes de la cocción, la adherencia del vidriado a la base, favoreciendo al mismo tiempo la fusión de la composición. Por regla general se introduce por el caolín o a veces por arcilla.

Los principales óxidos incoloros usados se agrupan según su contenido de oxígeno y se designan por las iniciales:

RO , R_2O , R_2O_3 , RO_2

2.1. Materiales más utilizados en esmaltes de baja temperatura.

2.1.1. Plúmbicos.

* El óxido de plomo (Minio) Pb_3O_4 , de color rojo fuerte. Material básico para preparar esmaltes crudos de plomo. Es insoluble y muy tóxico.

El óxido de plomo sólo se funde a $886^\circ C$, al enfriarse se forma un vidrio que es demasiado blando, sin embargo cuando el plomo se funde sílice y , otros óxidos forma un vidrio hermoso. (El cristal utilizado para las cristalerías más finas es un vidrio de plomo y es valioso por su excepcional transparencia y brillo).

* El carbonato de plomo (plomo blanco, albayalde, o cerusa) $2PbCO_3$. $Pb(OH)_2$. introduce el óxido de plomo en forma insoluble en los esmaltes, es muy tóxico.

El carbonato de plomo hace que el vidriado en verde se seque sobre la cerámica en una capa dura, no fácilmente dañable al colocar la cerámica en el horno, Sin embargo si un vidriado contiene un porcentaje alto de blanco de plomo, puede apreciarse un agrietamiento en la capa de vidriado en verde. Esto es producido por la contracción de blanco de plomo y puede corregirse cambiando algo de éste por una frita. Los vidriados de plomo fritos son menos propensos a ampollarse por el contacto con las llamas que los vidriados de plomo de primeras materias.

* El sulfuro de plomo (Galena) PbS , poco usado en la actualidad.

* Litargirio (Monóxido de plomo) PbO . Estos materiales son muy tóxicos y su manipulación exige gran cuidado, ya que debe evitarse su inhalación, ingesta, y tacto, actualmente hay disponibles comercialmente silicatos de plomo hechos por fusión. No son venenosos y fácilmente incorporables a los vidriados.

2.1.2. Alcalinos:

* Carbonato de sodio (Na_2CO_3) es soluble y por lo tanto poco utilizada en los vidriados.

* Carbonato de potasio (K_2CO_3):t es poco usado en los vidriados.

* Nitrato potásico KNO_3 es altamente soluble y rara vez se utiliza en bruto en los vidriados.

* Carbonato de litio (Li_2CO_3): es muy fundente en altas temperaturas. Sustituye al plomo en temperaturas medias, favorece los esmaltes cristalinos, rebaja la dilatación térmica de los esmaltes y aumenta su resistencia, es insoluble, es caro y quizás esto impide que sea más generalmente utilizado. Otros materiales del litio:

- Petalita: $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2$

- Espodumeno: $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$: al sustituir el feldespato en los vidriados puede tender a corregir el agrietamiento capilar.

- Lepidolita: $(\text{LiNaK})_2 (\text{FOH})_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$: puede originar burbujas en el esmalte durante la cocción.

- Criolita (Na_3AlF_6) se usa como proveedora de sosa insoluble. Durante la cocción el fluoruro puede hacer burbujear el esmalte con la posibilidad de picado o porosidad capilar.

- Borax $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$: puede utilizarse como fuente de ambos óxidos de sodio y boro, es soluble, se incorpora en una frita.

2.2. Materiales más usados en vidriados de alta temperatura.

Los esmaltes de temperatura 1180-1240°C tienen innumerables ventajas, como un espectro de color muy amplio, tonos más brillantes, más texturas, calidades comparables a las de los esmaltes de 1260-1300°C. Las características de los componentes que se usan en los esmaltes de gres son los siguientes:

* COLEMANIT A: $(2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$

Es una forma natural de borato cálcico, es ligeramente soluble, no tiene sustituto aunque a veces se utiliza "el borato de gerstley"

* FELDESPATO:

Es el fundente principal para los esmaltes de alta temperatura, son de varios tipos. La mayoría de los feldespatos contienen 10-15% de potasio, sodio, calcio, litio, combinados con el resto, 80-90%, lo componen alúmina y sílice. Funden entre 1200-1260°C.

* ESPODUMENO: $(\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2, \text{Tf}=2400^\circ\text{C})$ Es el mejor material que aporta el litio. Es un fundente muy activo.

* LEPIDOLITA: $(\text{Tf}=1170^\circ\text{C})$ Fluorobisilicato de potasio, litio y aluminio. Es un fundente alcalino muy activo.

* PETALITA: $(\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2)$ Es un aluminio silicato de litio que se usa en las pastas para reducir la expansión térmica e incrementar la resistencia al choque técnico, se usa como fundente en los esmaltes por su contenido de litio.

* BORAX: $(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}, \text{Tf}=740^\circ\text{C})$ Es borato sódico de fuerte acción. Es el fundente principal en los esmaltes alcalinos para producir morados y turquesas.

Los colores producidos por este fundente son brillantes y tienen una cierta tendencia a craquelarse.

* ESPATO FLUOR: $(\text{CaF}_2, \text{Tf}=1300^\circ\text{C})$ Se usa como fundente y texturizador. Tiene tendencia a formar cráteres o ampollas, a causa del flúor que se desprende.

* CRIOLITA: $(\text{Na}_3\text{AlF}_6, \text{Tf}=998^\circ\text{C})$ Fluoruro de aluminio y sodio, los gases de flúor provocan defectos en forma de cráteres. Mantener la temperatura de cocción final durante 20 minutos, funciona mejor con esmaltes más fluidos .

- * CARBONATO DE BARIO: (BaCO_3 , $T_f = 1360^\circ\text{C}$) Se utiliza para producir esmaltes mates en baja temperatura. En alta temperatura es un fundente, da brillo y dureza a los esmaltes solamente basándose en plomo.
- * CRETA: (CaCO_3 , $T_f = 2570^\circ\text{C}$) Se utiliza como opacificador, enriquecedor y estabilizador produciendo silicato más duros. Es un material muy refractario, se puede sustituir por la wollastonita ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$).
- * DOLOMITA: (CaCO_3 , MgCO_3 ; $T_f = 2570^\circ\text{C}$) Carbonato de calcio y magnesio, es una forma eficaz de introducir calcio y magnesio.
- * NEFELINA SIENTTA: ($T_f = 1225^\circ\text{C}$) Es un feldespató sódico y potásico, sustituyendo el feldespató por la nefelina se baja la temperatura de cocción.
- * ÓXIDO DE CINCO: (ZnO ; $T_f = 1360^\circ\text{C}$) Se usa como fundente, opacificador, cristalizador y modificador de los colores. A altas temperaturas es fundente, tiene una cierta tendencia a cristalizar.
- * CIRCONIO: (ZrO_2 ; $T_f = 2440^\circ\text{C}$) Se usa como opacificador. Puede ser sustituido por el óxido de estaño.
- * CARBONATO DE LITIO: (LiCO_3 ; $T_f = 735^\circ\text{C}$) Es muy activo como fundente, no se utiliza mucho por su excesivo costo.
- * CARBONATO DE MAGNESIO: (MgCO_3 ; $T_f = 2000^\circ\text{C}$) En altas temperaturas se utiliza para obtener esmaltes mates. Actúa de forma similar al bario.
- * CARBONATO DE PLOMO: ($T_f = 800^\circ\text{C}$) Es la forma de plomo menos tóxica, se volatiliza a partir del cono 5 ($T = 1180^\circ\text{C}$).
- * CARBONATO DE POTASIO: ($T_f = 575^\circ\text{C}$) Es un fundente alcalino, también conocido como "Cenizas de perla" es altamente soluble
- * CARBONATO DE SODIO: ($T_f = 500^\circ\text{C}$) Es también un fundente alcalino muy soluble, se suele usar fritado. Se puede sustituir por bicarbonato Sódico doblando la cantidad.
- * TALCO: ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) Conocido también como "Esteatita", se usa en las pastas para bajar la temperatura de vitrificación y en los vidriados como enriquecedor.

Un esmalte que se cuece a la temperatura de 1200°C , suele tener un 40% de feldespató, 15-20% de sílice, el resto lo componen caolín, creta, bario, dolomita, magnesio, calcio, cinc, ... et.

3. Óxidos básicos, neutros y ácidos.

La tarea de calcular las fórmulas y componer las recetas resulta fácil si se aplica la clasificación de los óxidos que forman los vidriados. El químico alemán Herman Seger ordenó los óxidos que forman parte de la composición de los esmaltes en tres grupos, óxidos básicos (fundentes), óxidos neutros y óxidos ácidos.

En el grupo de los básicos se encuentran los óxidos cuyas fórmulas químicas son del tipo $\text{RO}_1\text{R}_2\text{O}$, siendo R, el elemento químico que se combina con el oxígeno formando óxidos.

En el grupo de los neutros, la fórmula es R_2O_3 . Se encuentran en este grupo los óxidos de aluminio y de boro.

En el grupo de los ácidos, la fórmula es RO_2 , forma parte de este grupo el óxido de silicio (SiO_2),

GRUPO DE LOS ÓXIDOS RO-R ₂ O (BÁSICOS)		
	ACCIÓN	FUENTES
1.- Los metales		
Óxido de plomo. Es uno de los óxidos más importantes del esmalte. Puede constituir toda la columna RO de una fórmula de esmalte. Uno de los principales fundentes para baja y media temperatura, en realidad es el más útil y fiable en ese rango de temperatura. Tiene un bajo coeficiente de dilatación y causa pocos defectos en el vidriado. Su respuesta al color es cálida y brillante. La principal desventaja es su alta toxicidad, si bien ésta puede disminuir grandemente utilizando fritas comerciales en forma de bisilicatos, boro-silicatos, etc. Otra desventaja es que se volatiliza por encima de 1190°, siendo sus vapores tóxicos también. Su uso en cerámica utilitaria debe responder a criterios muy rígidos en cuanto a la posible solubilidad, siendo aconsejable utilizar vidriados comerciales sometidos a criterios normalizados de seguridad. En caso de no disponer de vidriados seguros, es necesario que el	*combina fácilmente con otros óxidos utilizados. *Es un fundente muy activo. *Da mucho brillo. *Disminuye la viscosidad del esmalte. *Se funde fácilmente (885 °C) *Se puede utilizar del cono 0 15(790°C) al 6 (980°C). *Con un equivalente de ácido bórico o sílice, forma un vidrio insoluble que no se destruye con los ácidos.	<u>Fritas de plomo: insolubles:</u> *Silicato de plomo: Frita de sílice y plomo. Monosilicato de plomo común con un 84% de PbO y un 16% de sílice, va bien para esmaltes de baja (730°C). *Bisilicato de plomo: 65% PbO, 33 %SiO₂, 2%Al₂O₃ con una temperatura de fusión de 900°C. <u>Compuesto de plomo (solubles):</u> *Litargirio (PbO): hace que se reduzca con más facilidad y no es apropiado para utilizar en esmaltes incoloros. *Plomo rojo (Pb₃O₄) : adecuado para hacer fritas por su alto contenido de oxígeno que puede evitar la reducción *Carbonato de plomo (2PbCO₃-Pb(OH)₂): se suele utilizar porque su gravedad específica es menor que la de otras sustancias de plomo y se queda en suspensión más tiempo.

plomo vaya acompañado de otros fundentes tales como el calcio y el sodio/potasio y de tanta alúmina y sílice como sea posible. El cuarzo estará en relación de 2 a 1 o más con el plomo y la temperatura de cocción deberá ser lo más alta posible: como mínimo 1050°. En cuanto a su manipulación como elemento crudo (no fritado) deberá ser cuidadosa al máximo, siendo muy aconsejable el uso de guantes de látex y mascarilla, así como abstenerse de comer, beber o fumar. También es soluble en sangre, por lo que conviene proteger las pequeñas heridas que pudieran entrar en contacto con él. Se introduce mediante el minio, albayalde, cerusa y preferiblemente en forma de fritas como monosilicato, bisilicato, boro silicato, etc.		
Óxido de Zinc (ZnO) Es un fundente muy útil y activo en baja y media temperatura. Se utilizó en sustitución del plomo crudo, en Inglaterra, dando lugar a los vidriados Bristol. Es un fundente secundario, que da mejores resultados en poca cantidad y en unión con otros fundentes más potentes. Modifica los colores producidos por los óxidos colorantes: verde turquesa con cobre, marrón con cromo, rosas con estaño. No es	*Funciona como fundente . En pequeñas cantidades (3-4%): es tan activo como el óxido de plomo. En cantidades excesivas, el esmalte se torna demasiado refractario y viscoso . *De los óxidos básicos es casi el que tiene el coeficiente de expansión más bajo (MgO es más bajo) corrige un poco el craquelado. *Aumenta la dureza y durabilidad del esmalte y su resistencia frente al ataque de las soluciones químicas .	<u>Insoluble:</u> *Óxido de zinc o silicato de circonio o de zinc

aconsejable usarlo junto con hierro porque produce colores sucios y apagados. Junto con el titanio favorece la formación de cristales. Se introduce como óxido de zinc.	*Tiende a opacificar los esmaltes y les da más brillo. *Afecta negativamente algunos colores (óxido de cromo). El cobalto mejora con ZnO. *Un esmalte saturado de ZnO suele dar una textura cristalina. *En esmaltes mates (opacos y de buen tacto) de alúmina y bario suaviza la textura mate.	
LOS ALCALIS		
Óxido de sodio (Na₂O) Es muy activo químicamente por lo que es un poderoso fundente útil en toda la gama de temperaturas. Proporciona fuerza y brillantez a los colores. Es blando y fácilmente soluble por lo que no es conveniente usarlo solo. Tiene un elevado coeficiente de dilatación que hace que normalmente se agriete al enfriarse, si bien esta característica se puede aprovechar con fines estéticos como bien sabemos. Está contenido en la nefelina-sienita, pegmatita, feldespato de sodio, colemanita, ulexita y diversas fritas.	*Fundente activo: aumenta la fluidez de la fusión. *Ejerce una influencia en el desarrollo del color según el óxido colorante utilizado. *Tiene el coeficiente de expansión más alto, por lo tanto puede provocar grietas. *Funde a T=1160°C.	<u>Insolubles:</u> *Feldespatos. *Fritas. * Se puede utilizar criolita (Na₃AlF₆), pero en general no se usa porque el flúor es volátil Es opacificador. <u>Solubles:</u> *Na₂CO₃ denominado ceniza de sodio. *NaNO₃: es caro y es un potente agente oxidante. *Bórax (Na₂O. 2B₂O₃. 10H₂O): potente fundente y disolvente de todas la sustancias del esmalte, reduce la viscosidad de los esmaltes.
Óxido de potasio (K₂O) Es muy similar al de sodio, tanto que frecuentemente se mencionan en las fórmulas de vidriado como el grupo KNaO. La diferencia más importante se encuentra en la diferente respuesta al color	*Fundente, actúa de forma parecida al sodio. *Se funde a 1250<T <1280.	<u>Insolubles:</u> *Feldespatos: especialmente feldespatos de potasio. <u>Solubles:</u> *Carbonato de potasio K₂CO₃: es una fuente de K₂O y se puede utilizar en fritas o en esmaltes

producido por en manganeso, que en los vidriados de sodio proporciona un color púrpura rojizo mientras que en los de potasio da un púrpura azulado. Proporcionado por el feldespato potásico, nefelina, pegmatita y fritas, principalmente.		crudos. *Nitrato de potasio (KN03): mal llamado potasa, ya que la potasa es KOH es un potente agente oxidante útil para fritas o esmaltes crudos .
Óxido de litio (Li₂O) Es un fundente muy activo en todas las temperaturas. El carbonato de litio se puede usar crudo, aunque es ligeramente soluble en agua. Es muy interesante para producir vidriados alcalinos en baja temperatura sin necesidad de recurrir a fritas. Su coeficiente de dilatación es muy bajo por lo que no produce grietas, pero sin embargo, puede producir desprendimientos del vidriado cuando la cantidad de sílice es demasiado elevada. Su principal inconveniente es su elevado precio. Se emplea en forma de carbonato de litio, petalita y espodumeno.	*Es un fundente muy potente. *Añadir a un esmalte en un 1% de Li₂O aumenta el brillo y la resistencia mecánica. *En esmaltes alcalinos crudos se puede usar mas calcio, alúmina, sílice para conseguir más estabilidad y ayudar a producir azules más bellos. *Un 0,5% de Li₂O hace que los esmaltes sean más fluidos y reduce las picaduras.	<u>Insoluble:</u> *Lepidolita. (LiF.KF.Al₂O₃.3SiO₂) contiene casi 3% de Li₂O. *Ambligonita(Li.AlF.PO₄): contiene 8% Li₂O. Promueve la fusión y el brillo. El contenido de óxido de Flúor y de fósforo es útil en esmaltes opacos. *Li₂CO₃ baja temperatura de maduración y aumenta bastante la fluidez y el brillo de los esmaltes. * feldespato el litio: es la forma más adecuada de introducir el litio; empieza a ablandarse 1180 °C
<u>Tierras alcalinas</u>		
Óxido de calcio CaO Muy utilizado en casi todos los vidriados. En alta temperatura es uno de los fundentes principales junto con el sodio y potasio. En baja temperatura se usa en pequeñas cantidades como fundente y en	*Actúa como fundente dentro de una gama de temperatura. * Da a los esmaltes blancura, dureza y durabilidad; disminuye el coeficiente de expansión. * Empaña un poco el óxido de Hierro,	<u>Insolubles:</u> *Creta CaCO₃. *Espato de Flúor (CaF₂): si se utilizan pequeñas cantidades, da una temperatura de fusión más baja y mejor brillo. Hay que emplear lo con cuidado, pues es nocivo

mayores cantidades como opacificante y mateante. Es muy útil para proporcionar dureza e insolubilidad al plomo y al sodio y potasio. Se introduce en el vidriado por medio del carbonato de calcio, colemanita, ulexita, talco, wollastonita, pegmatita, dolomita, espato flúor y ceniza de huesos.	provocando una coloración más amarillenta.	para los ladrillos del horno y el F ₂ es tóxico. *Dolomita: es además una fuente de MgO. *Colemanita: ahora se sustituye por Borato de Gersley. Es una fuente de CaO pero sobre todo de B ₂ O ₃ . *Ceniza de huesos: no se utiliza comúnmente, es más refractario y producen burbujas. *Wollastonita: empleada para obtener buen esmalte a altas temperaturas.
Óxido de bario (BaO) Su función en el vidriado es muy parecida al óxido de calcio, si bien en baja temperatura debe utilizarse en cantidades más pequeñas que el calcio. Se utiliza principalmente para producir vidriados mates caracterizados por una superficie sedosa muy agradable. En alta temperatura se emplea además, para producir determinados vidriados (azules de cobre en reducción y celadones azules). Es altamente tóxico en crudo, por lo que se recomiendan las mismas precauciones en su manipulación que con el plomo. Se introduce por medio del carbonato de bario.	*Fundente de la misma categoría que el CaO. *Da más brillo que otras tierras raras. *Se emplea para elaborar esmaltes mates , más en esmaltes de plomo que en los de boro. Es muy tóxico.	<u>Insolubles:</u> *Carbonato de bario. *Sulfato de bario o Barita: es muy impuro; se usa en cantidades de 1 % o más en pastas de barro para eliminar la espuma blanca producida por sales de calcio.
Óxido de magnesio (MgO) Es un fundente para alta temperatura. En baja se utiliza para producir mates. Produce superficies suaves y mantecosas. Proporciona dureza y viscosidad a los	* Fundente a altas temperaturas, 160°C<T<1300°C. * A temperaturas más bajas actúa como refractario. *Disminuye el coeficiente	* <u>Carbonato de magnesio:</u> mejora la adhesión de los esmaltes reduce la fluidez de los esmaltes que tiene tendencia a escurrir. *Dolomita.

vidriados. Se introduce por medio del talco, carbonato de magnesio y dolomita.	de dilatación más que ninguna otra base. * A veces funciona como opacificante. *Según el tipo de esmalte, la cantidad de MgO oscila entre 0,1 Y 0,3 de equivalente molecular. * Afecta el color, en el caso del azul cobalto, da magentas y violetas rojizos.	*Enstatita y talco (3MgO.4SiO ₂ .H ₂ O): estos minerales son prácticamente iguales, la única diferencia es que la enstatita es menos pura y contiene menos agua.
Óxido de estroncio (SrO)	*Posee una acción similar a la del CaO, pero es un fundente más activo: aumenta la fluidez y eleva ligeramente la expansión técnica cuando se utiliza en lugar de calcio.	Insoluble: *Carbonato de estroncio SrCO ₃). Muy tóxico.
GRUPO DE LOS ÓXIDOS R₂O³ (NEUTROS)		
Alúmina (Al₂O₃) Se utiliza en cantidades relativamente pequeñas, normalmente menor que 0.6 cantidades moleculares. La alúmina es muy refractaria, por lo que eleva el punto de fusión del vidriado, aporta viscosidad, dureza y resistencia a la tracción, así como opacidad y matidez si se usa en exceso. Los feldespatos y arcillas son los principales materiales empleados para su introducción en la receta de vidriado.	*Refractario, tiene Punto de fusión alto T=1715 °C. * Promueve la textura. *En forma de barro, actúa como adherente para que el esmalte sin cocer se pegue a la vasija. *Torna el esmalte más viscoso *previene el encogimiento o las roturas durante el secado.	Insolubles: *Feldespatos. *Criolita. *Caolín (Al ₂ O ₃ . 2SiO ₂ .2H ₂ O): es preferible la arcilla refractaria o el caolín, es lo mejor para los esmaltes mates. *Hidrato de alúmina (Al ₂ (OH) ₆).
Óxido Bórico (B₂O₃) Es un fundente muy activo para todas las temperaturas. Es soluble en agua por lo que su uso más común es en forma de fritas. También se pueden emplear los	*Fundente activo. *Es más blanco, se mezcla fácilmente y forma compuestos que funden a baja temperatura. *Tiene un coeficiente de dilatación bajo que hace que resulte más difícil que se produzca	<u>Insoluble:</u> *Colemanita (2CaO. 3B ₂ O ₃ . 5H ₂ O): ligeramente soluble, se puede utilizar en esmaltes crudos. El borato de Gerstley es un

boratos naturales y los obtenidos en laboratorio, que son ligeramente solubles, siempre que no se almacenen en húmedo antes de su aplicación. La colemanita, la ulexita y la gaylussita son algunos de estos boratos naturales formados en unión de calcio y/o sodio. Produce vidriados lisos y brillantes, sin defectos, por lo que se usa para vidriados de vajilla. Sobre barro rojo produce vidriados azulados. Con plomo y sílice se usa para la fabricación de fritas.	el craquelado. *No cristaliza en la fusión y tiende a impedir la cristalización de otros compuestos. *El óxido bórico y la alúmina si se utilizan en exceso, estropean los rojos y los verdes bajo cubierta.	sustituto más estable. Solubles: *Bórax: $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ utilizado en fritas y en esmaltes crudos. * Ácido bórico ($\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$): utilizado principalmente en fritas.
Óxido de antimonio (Sb_2O_3) Se puede emplear como opacificante, pero su uso más extendido es para producir vidriados amarillos con plomo (amarillo de Nápoles).	*Se emplea en esmaltes de baja temperatura con plomo, estaño y zinc. *Opacificante, pero puede provocar ampollas o burbuja *Con plomo y estaño da un buen color amarillo a baja temperatura. *Debe calcinarse a 900°C , para. que no burbujee. *Con esmaltes alcalinos (4 al 6%) da blancos. *Se volatiliza a partir de los 1000°C .	Ligeramente solubles: * Amarillo ($\text{Pb}_3(\text{SbO}_4)_2$): pigmento que puede usarse para conseguir antimonio. * Antimoniato de sodio ($2\text{NaSbO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$): se utiliza como opacificante en vitrificable . No funciona a $T > 1000^\circ\text{C}$.
GRUPO DE ÓXIDOS RO_2 (ÁCIDOS)		
Sílice (SiO_2) : es el elemento más importante de los esmaltes. En la mayoría, el contenido de SiO_2 constituye aproximadamente un 50% de la composición. Se obtiene a partir del pedernal y del cuarzo, molidos y	*Coeficiente de dilatación bajo. Al aumentar el contenido de SiO_2 se tiende a corregir el craquelado. *Si el contenido de SiO_2 es demasiado bajo, el esmalte resulta seco. *Si el contenido de SiO_2 es elevado, el	<u>Insolubles:</u> *Pedernal, cuarzo y sílice puros. *Silicatos naturales: que incluyen arcilla, feldespatos y algunas sustancias típicas de los esmaltes que ya hemos mencionado.

calcinados. es el formador de vidrio. Es el componente mayoritario en cualquier vidriado. Aporta cualidades muy positivas como la dureza y el acoplamiento entre pasta y vidriado, por lo que se debe añadir tanta como sea posible según la temperatura de trabajo. Se introduce en las recetas por medio del cuarzo, arcillas, feldespatos, pegmatitas y otros silicatos como el talco o la wollastonita y por medio de fritas.	esmalte es más refractario y puede parecer inmaduro. Para aumentar la viscosidad. *Aumenta la dureza y la resistencia	<u>Solubles:</u> *Silicato de sodio (Na ₂ O. SiO ₂): raramente se utiliza como fuente de la sílice.
Óxido de estaño (SnO₂) , casiterita. Son los mejores opacificadores para todas las temperaturas. A veces se introducen en la fórmula seguir para el cálculo de vidriados, pero más frecuentemente se añaden a la receta base como porcentajes de peso. El titanio, además se usa como mateador. Se obtienen a partir de óxido de estaño, del silicato de zirconio y del bióxido de titanio o del rutilo.	*Es el opacificante de esmaltes más fuerte; se emplea en cantidades que oscilan entre 1 y 10%, preferiblemente a baja temperatura, a alta temperatura puede actuar como fundente. *Se puede utilizar como agente reductor, añadiendo un 1 % al esmalte de cono5. (T=1000°C) en adelante. *En cantidades del 5 al 7% produce un esmalte blanco completamente opaco.	<u>Insoluble:</u> Óxido de estaño.
Óxido de Zirconio (ZrO ₂)	*Opacificante, pero se necesita triplicar la cantidad de ZrO ₂ para conseguir la misma opacidad de SnO ₂ . *Puede sustituir al óxido de estaño en toda la gama; funciona particularmente bien a alta temperatura	<u>Insolubles:</u> * Silicato de circonio (ZrO ₂ . SiO ₂): Zircopax y otras marcas como ultrox y opax. *Silicato de Zr de Ca. *Silicato de Zr de Ba. *Silicato de Zr de Zn. *Silicato de Zr de Mn. *Silicato de Zr de Pb
Óxido de Titanio (TiO ₂)	*Un potente opacificante, el óxido de titanio	<u>Insolubles:</u>

	da la mejor blancura. *Posee una acción similar a la de la sílice. * Afecta algunos colores. *Da efectos de textura y cristales en los esmaltes	*Rutilo: mineral del titanio cuya impureza es el hierro. Aporta un color naranja-grisáceo y promueve cristales y ,mates. Se pueden obtener tonos azules en una cocción de reducción. El rutilo y el cobalto juntos ofrecen un color verde.
--	---	---

4. Cálculos.

los vidriados están compuestos generalmente por uno o más fundentes, proporcionados por los óxidos contenidos en la columna de la izquierda (RO/R₂O), alúmina (R₂O₃), aunque pueden arecer de ella, y cuarzo (RO₂). Ahora bien, las cantidades de cada uno de los óxidos estarán mediatizadas por la temperatura de fusión del vidriado que queramos diseñar. Para evitar dar demasiados “palos de ciego”, usaremos las llamadas fórmulas límite que encontraremos en distintos manuales de cerámica. Estas fórmulas están establecidas empíricamente y, aunque los valores que se dan para cada óxido no son absolutos, ofrecen un buen punto de partida para experimentar.

Por ejemplo, para vidriados transparentes, brillantes, crudos **de 900° a 1050°**, se pueden usar:

0.55 – 1.00 PbO	0.00 – 0.18 Al ₂ O ₃	1.00 – 1.80 SiO ₂
0.00 – 0.20 CaO		
0.00 – 0.20 MgO		
0.00 – 0.25 ZnO		
0.00 – 0.18 KNa ₂ O		
0.00 – 0.10 BaO		
0.00 – 0.30 Li ₂ O		

Para un vidriado opaco y mate **de 920° a 1080°**

0.10 – 0.20 KNa ₂ O	0.10 – 0.25 Al ₂ O ₃	1.30 – 2.50 SiO ₂
0.20 – 0.40 CaO	0.00 – 0.30 B ₂ O ₃	0.20 – 0.40 SnO ₂
0.10 – 0.30 MgO		
0.60 – 0.00 PbO		
0.00 – 0.10 Li ₂ O		

Fórmula general para vidriados transparentes y brillantes de **1100° a 1200°**.

0.00 – 0.5 PbO	0.20 – 0.50 Al ₂ O ₃	2.80 – 4.00 SiO ₂
0.20 – 0.50 KNa ₂ O	0.20 – 0.50 B ₂ O ₃	
0.00 – 0.50 CaO		
0.00 – 0.20 MgO		
0.00 – 0.20 ZnO		
0.00 – 0.50 Li ₂ O		

Fórmula general para gres y porcelana transparentes y brillantes de **1230° a 1460°**

0.10 – 0.30 KNa ₂ O	0.30 – 0.80 Al ₂ O ₃	2.50 – 7.50 SiO ₂
0.05 – 0.70 CaO		
0.25 – 0.00 MgO		
0.60 – 0.00 BaO		
0.30 – 0.00 ZnO		
0.00 – 0.50 Li ₂ O		

Para matear un vidriado brillante se aumentan las cantidades de calcio y/o magnesio a expensas del resto de fundentes. El boro es desfavorable para conseguir este tipo de vidriados, por lo que prescindiremos de él. También se pueden aumentar la alúmina y/o el cuarzo.

Bien, pues con estas tablas ya tenemos el material necesario para empezar a componer un vidriado determinado. Un ejemplo fácil podría ser un vidriado base transparente y brillante de baja temperatura, digamos 1050°, y cuyo fundente principal sea el plomo. Como hemos visto más arriba, al hablar de la solubilidad del plomo, es conveniente que éste vaya acompañado de otros fundentes que le proporcionen una mayor resistencia a la solubilidad como pueden ser el calcio y otros como los KNa_2O que si bien no aportan dureza, disminuyen la cantidad de plomo presente en la receta. Así pues mirando la fórmula límite recomendada para esta temperatura, vemos que el plomo debería estar presente en una cantidad entre 0.55 y 1.00 mol; el KNa_2O entre 0.00 y 0.18 mol; el calcio entre 0.00 y 0.20; el litio entre 0.00 y 0.30. Por lo tanto nuestra fórmula podría ser la siguiente:

0.60 PbO 0.10 KNa_2O 0.15 CaO 0.15 Li_2O 1.00	0.15 Al_2O_3	1.9 SiO_2
---	------------------------------	--------------------

A continuación elegiremos los materiales que nos proporcionen los óxidos que se necesitan en la fórmula y los anotamos en una tabla similar a esta.

MATERIAS PRIMAS	PESO M	PbO	KNa_2O	CaO	Li_2O	Al_2O_3	SiO_2	PESOS
		0.60	0.10	0.15	0.15	0.15	1.90	
Bisilicato de plomo Aporta Resto	343	0.6 0.0					0.6*2 1.20 0.70	343*0.6= 205.80
Feldespató sódico Aporta Resto	524		0.10 0.10 0.00			0.10 0.05	0.10*6 0.60 0.10	524*0.10= 52.40
Carbonato de calcio Aporta Resto	100			0.15 0.00				100*0.15= 15.00
Carbonato de litio Aporta Resto	74				0.15 0.00			74*0.15= 11.10
Caolín Aporta Resto	258					0.05 0.00	0.05*2 0.10 0.00	258*0.05= 12.90
SUMAS		0.60	0.10	0.15	0.15	0.15	1.90	297.20

Una vez que tengamos todos los óxidos necesarios, multiplicaremos el peso molecular de cada uno por la cantidad que aparece en la fórmula, y **ya tenemos nuestra receta de peso.**

Bisilicato de plomo	205.80
Feldespató sódico	52.40
Carbonato de calcio	15.00
Carbonato de litio	11.10
Caolín / arcilla	12.90
SUMAN	297.20

Por razones de comodidad, para convertir fácilmente la receta de peso en kilos, p.e., se suele hacer que la suma de los componentes de la receta sea 100. Para ello multiplicamos cada cantidad por 100 y la dividimos por la suma de las cantidades que resultaron anteriormente.

Bisilicato de plomo	$205.80 * 100 = 20580 / 297.20 =$	69.25
Feldespato sódico	$52.40 * 100 = 5240 / 297.20 =$	17.63
Carbonato de calcio	$15.00 * 100 = 1500 / 297.20 =$	5.05
Carbonato de litio	$11.10 * 100 = 1110 / 297.20 =$	3.73
Caolín / arcilla	$12.90 * 100 = 1290 / 297.20 =$	4.34
SUMAN	297.20	= 100.00

Casos especiales: talco, colemanita, ceniza de huesos, pegmatita.

Tomemos el ejemplo del talco. Si miramos en la tabla de la página 4 veremos que al lado del peso molecular aparece otra cantidad entre paréntesis. Y fijándonos en su fórmula vemos que cada peso molecular aporta 3 cantidades de magnesio y 4 de sílice (el agua no se tiene en cuenta porque se pierde en la cocción). Así pues, para calcular cuánto talco necesitaremos para proporcionar la cantidad de magnesio necesaria en una fórmula tenemos que dividir la cantidad de magnesio que tenemos en la fórmula seger por la cantidad que aporta el talco. Veamos un ejemplo práctico, una fórmula de vidriado para media temperatura:

0.30 KNa ₂ O	0.35 Al ₂ O ₃	2.50 SiO ₂
0.30 CaO		
0.20 MgO		
0.20 BaO		
1.00		

MATERIAS PRIMAS	PESO M	KNa ₂ O 0.30	CaO 0.30	MgO 0.20	BaO 0.20	Al ₂ O ₃ 0.35	SiO ₂ 2.50	PESOS
Nefelina sienita	462						0.3*4.65	462*0.3
Aporta		<u>0.30</u>				<u>0.30</u>	<u>1.395</u>	0=
Resto		0.00				0.05	1.105	138.60
Creta	100							100*0.3
Aporta			<u>0.30</u>					0=
Resto			0.00					30.00
Talco (0.20/3 = 0.07)	378			0.07 * 3			0.07*4	378*0.0
Aporta				<u>0.20</u>			<u>0.28</u>	7
Resto				0.00			0.825	=
								26.46
Carbonato de bario	197							197*0.2
Aporta					<u>0.20</u>			0=
Resto					0.00			39.40
Caolín / arcillas	258						0.05 * 2	258*0.0
Aporta						<u>0.05</u>	<u>0.10</u>	5=
Resto						0.00	0.725	12.90
Cuarzo	60							60*0.72
Aporta							<u>0.725</u>	5=
Resto							0.00	43.50
SUMAS		0.30	0.30	0.20	0.20	0.35	2.50	290.86

Así pues, la receta de peso quedaría como sigue tras realizar las operaciones que ya vimos en el Primer ejemplo, esto es, multiplicamos cada cantidad por 100 y dividimos el resultado por la suma de la columna de “PESOS”:

Nefelina sienita	47.65
Creta	10.31
Talco	09.10
Carbonato de bario	13.55
Caolín / arcillas	04.44
Cuarzo	14.96

Esta forma de proceder la emplearemos con cualquiera de los materiales del epígrafe y con cualquier otro que sea necesario, según su fórmula, es decir, aquellos que provean más de un peso equivalente de elementos por peso molecular.

Hasta aquí queda explicada la manera de calcular una receta de peso a partir de su fórmula estequiométrica o fórmula seger. Pero ¿cómo actuaremos si, por ejemplo, queremos comparar dos recetas distintas que produzcan resultados semejantes, o si queremos probar una receta tomada de un libro pero no tenemos todos los ingredientes y queremos sustituir alguno de ellos por los que usamos corrientemente? Para ello convertiremos una receta de peso en su fórmula seger.

Cálculo inverso.

Para convertir una receta de peso en su fórmula seger dividiremos la cantidad de cada ingrediente de la receta por su peso equivalente. Para verlo utilizaremos el ejemplo de receta anterior. De este modo resolveremos el problema del talco:

Nefelina-sienita	$47.65 / 462 = 0.103$
Creta	$10.31 / 100 = 0.103$
Talco	$09.10 / 378 = 0.024$
Carbonato de bario	$13.55 / 197 = 0.069$
Caolín / arcillas	$04.44 / 258 = 0.017$
Cuarzo	$14.96 / 60 = 0.249$

A continuación anotamos las cantidades en una tabla como ésta para ver en qué cantidades están presentes los óxidos en el vidriado.

MATERIAS PRIMAS	KNa ₂ O 0.30	CaO 0.30	MgO 0.20	BaO 0.20	Al ₂ O ₃ 0.35	SiO ₂ 2.50
Nefelina sienita 0.103	0.103				0.103	0.103*4.65 0.479
Creta 0.103		0.103				
Talco 0.024			0.024 * 3 0.072			0.024 * 4 0.096
Carbonato de bario 0.069				0.069		
Caolín / arcillas 0.017					0.017	0.017*2 0.034
Cuarzo 0.249						0.249
SUMAS	0.103	0.103	0.072	0.069	0.120	0.858

Una vez hecho esto, distribuimos los óxidos según su clase en las tres columnas de la fórmula estequiométrica:

KNa_2O 0.103 CaO 0.103 MgO 0.072 BaO 0.069 0.347	Al_2O_3 0.120	SiO_2 0.858
---	-------------------------------	----------------------

Como se puede apreciar, la columna de fundentes no suma 1, como es preceptivo, así que a continuación dividiremos cada cantidad por la suma de dicha columna para reducirla a la unidad:

KNa_2O 0.297 CaO 0.297 MgO 0.207 BaO 0.199	Al_2O_3 0.346	SiO_2 2.473
--	-------------------------------	----------------------

Las pequeñas diferencias son motivadas por los cálculos con decimales.

1. Óxidos colorantes. Pigmentos cerámicos y sales solubles.

La coloración de los esmaltes se produce añadiendo los óxidos metálicos, que rara vez se utilizan solos, a estos se les añade un relleno (si son utilizados a altas temperaturas) o un fundente, si son usados en baja temperatura. Un relleno como la alúmina, cuarzo, feldespato, arcilla china... hace más refractario el óxido metálico. Algunos óxidos metálicos actúan como fuertes fundentes, y por esta razón se le añaden rellenos refractarios, también para su uso en baja temperatura. La adicción del material de relleno asegura una mayor seguridad, consistencia, y estabilidad al color. Los tintes finalmente conseguidos no necesariamente tienen que ser óxidos. La mayoría de los colores cerámicos son silicatos, pero existen también aluminatos, fosfatos, uranatos, etc. La mayoría de los pigmentos tienen colores característicos que los demás componentes del esmalte pueden modificar.

Tales cambios pueden deberse a:

- a)- La presencia de otros óxidos colorantes. .
- b)- La composición de la pasta sobre la que se aplica el esmalte.
- c)- La temperatura de cocción.
- d)- La atmósfera del horno, oxidante o reductora.
- e)- La base del esmalte. ..

Mientras que los óxidos colorantes son pocos estables a altas temperaturas y al medio en el cual se encuentran inmersos, además de generar colores poco constantes o reproducibles, los pigmentos cerámicos son estructuras inorgánicas, las cuales son capaces de desarrollar el color y estabilizarlo a las altas temperaturas y a los agentes químicos, resistiendo los ataques agresivos causados por los vidriados debido a la acción fundente de sus componentes, en otras palabras, son compuestos insolubles o que su solubilidad no es significativa.

Algunos óxidos metálicos se encuentran como metales con diferentes valencias de oxígeno, por ejemplo el óxido de hierro rojo (Fe_2O_3), hierro negro (FeO), y magnetita (Fe_3O_4). Algunas moléculas de óxidos se hallan en forma de carbonatos, por ejemplo: el carbonato de manganeso es MnCO_3 al contrario que el dióxido MnO_2 . Los carbonatos presentan un color más débil que los óxidos, suelen ser más baratos. El óxido resulta excelente si quiere un color más fuerte, y el carbonato si quiere uno más claro. Las sales de los metales como los cloruros, los sulfatos, y los nitratos también se pueden emplear como colorantes. Estos todavía son formas más débiles del metal debido a la alta valencia de oxígeno y a la cantidad de ácido por átomo de metal, por ejemplo, FeSO_4 : el sulfato de hierro. Las sales se utilizan principalmente para emitir gases, dar lustre, o dar un baño de color sobre o bajo los esmaltes.

Por lo General los pigmentos son combinaciones de óxidos que ya han sufrido una frita que las hace más estables.

La coloración con sales solubles es otro método de la coloración de pastas y vidriados, este sistema es utilizado en las tintas utilizadas en serigrafía y en la decoración del gres porcelánico. La utilización de sales solubles requiere un control de pH de la disolución que debe ser lo más cerca al neutro posible, control de la estabilidad de las mismas y control de penetración en el soporte cerámico.

- Óxido de hierro

Es quizás el más importante de los óxidos colorantes. Las pastas de arcilla que tienen un pequeño contenido de óxido de hierro aparecerán anteadas, cremosas o amarillas bajo

los vidriados transparentes; mientras que las que contienen considerable cantidad de óxido de hierro aparecerán de un color marrón oscuro o chocolate.

En las industrias de vajillas para la mesa el óxido de hierro es considerado una impureza y se realiza un gran esfuerzo para evitar la contaminación de las arcillas y vidriados con hierro. Corrientemente el hierro se añade a los vidriados en forma de óxido férrico Fe_2O_3 , se llama también óxido de hierro rojo. El óxido ferroso Fe_3O_4 puede utilizarse también como colorante, y en la mayoría de los casos da el mismo color que el óxido de hierro rojo.

El óxido de hierro produce en los vidriados tonos que van desde el tostado claro hasta el marrón oscuro o negro. Un 1 % dará un tinte apreciable. Un 3% dará un tono medio, el 5% un tono fuerte y por encima del 7% producirá comúnmente marrón oscuro o negro.

En los vidriados altos en plomo, el óxido de hierro da tonos bastante brillantes de ámbar con adiciones del 2 al 5%. A temperaturas más altas desde 1080°C hasta 1180°C cuando el contenido de plomo en los vidriados es menor los colores producidos son más apagados.

En los vidriados altos en plomo con óxido de estaño resulta un color crema moteado con zonas marrón rojizas donde el vidriado es delgado.

En los vidriados alcalinos da tonos más fríos de amarillo, tostado y marrón. Si el vidriado contiene el óxido de zinc, el color resultante es bastante propenso a ser apagado y sucio. En general se consigue colores más hermosos en los vidriados plúmbicos libres de óxido de zinc. A veces un vidriado casi mate se convertirá en brillante por la adición de 2 al 3% de óxido de hierro. En cantidades considerables en un vidriado tiene tendencia a cristalizar durante el enfriamiento. Los vidriados llamados de aventurina se producen de esta manera. El porcentaje de óxido de hierro oscila entre el 3 y el 15%, produciendo cristales de color rojo brillantes, pardo rojizos y dorados. Una saturación del mismo impediría la transparencia del esmalte volviéndolo opaco.

- Óxido de cobre:

En los vidriados plúmbicos suele dar un color verde, mientras que con los alcalinos da un color turquesa. El óxido de cobre como el óxido de hierro es un fundente fuerte y su adición puede hacer el vidriado notablemente más fluido y brillante en su superficie. La adición de:

** 1 % dará un ligero tinte de color a la mayoría de los vidriados.

** 2 al 3% dará un color fuerte.

** Más de 5% dará una superficie oscura metálica de color verde o negro. El óxido de cobre añadido a vidriados altamente alcalinos producirá un color turquesa o azul. El color azul es favorecido por la presencia de poca o ninguna de alúmina y para los tonos intensos el contenido de sosa o potasa debe ser alto. En los vidriados plúmbicos, el óxido de, cobre da distintos tonos de verde. Estos verdes pueden ser modificados por adicción de pequeñas cantidades de otros óxidos colorantes tales como el vanadio, rutilo, hierro o níquel. El óxido de cobre sin embargo no debe usarse en vidriados de plomo aplicados al servicio de mesa, por su tendencia a aumentar la solubilidad y desprendimiento de plomo en el vidriado acabado. En los vidriados a base de boro como fundente, tales como los vidriados de colemanita, las adiciones de óxido de cobre producen colores turquesas verdosos que pueden ser de color bonito cuando son opacos. A temperaturas altas, los vidriados de cobre con alto contenido de bario producirán colores azul o verde azul intenso, tanto en oxidación como en reducción. Para lograr los tonos más brillantes de azul el vidriado base debe contener un 30% o más de bario. Esto hace que el vidriado sea seco. Los vidriados hechos de una parte de carbonato de bario y

una parte de feldespato se usan con éxito con la adición de 2% de cobre. Por encima de 1250°C el óxido de cobre es volátil. Se escapa del vidriado como vapor, lo que puede afectar el color de otras piezas. En la cocción con reducción el óxido de cobre da el famoso color "rojo cobre o sangre de buey".

- **Óxido de cobalto:**

Da un tono azul similar para casi todos los tipos de vidriados y bajo distintas condiciones de cocción. Corrientemente es preferido el carbonato de cobalto por su fino tamaño de partículas.

** 0.25% de óxido de cobalto en un vidriado es suficiente para darle un azul medio.

* * 1/2 % da un azul fuerte.

** 1 % da un azul muy oscuro.

** Más de 1 % produce un denso negro azulado o negro.

Cuando está presente la magnesia en el vidriado en cantidades bastante grandes, el óxido de cobalto colorea el vidriado de azul púrpura.

A temperaturas superiores a 1280°C, las combinaciones de magnesia y óxido de cobre pueden producir efectos moteados señalados con puntos. Los vidriados conteniendo óxido de cobalto necesitan ser molidos totalmente para eliminar la apariencia manchada o moteada en el vidriado.

- **Óxido de cromo:**

Es el óxido colorante más versátil, producirá vidriados rojo, amarillo, rosa, marrón, o verde según la clase de vidriado utilizado y la temperatura de cocción. En los vidriados libres de óxido de zinc y excesivamente altos en plomo, el óxido de cromo da color verde.

Pueden usarse contenidos de 0.5 al % de óxido de cromo para los verdes de distinta intensidad. En los vidriados plúmbicos de baja temperatura que tiene por encima de 0.7 equivalentes de óxido de plomo y un contenido bajo de alúmina, el óxido de cromo puede dar un color naranja brillante o rojo. La temperatura de cocción de los vidriados de rojo cromo debe ser baja, preferentemente por debajo de 940°C. Un 1 a 2% de óxido de cromo es suficiente para producir el color, o puede utilizarse un compuesto soluble de cromo tal como el bicromato de potasio. Los vidriados de plomo de baja que contienen algo de sosa así como óxido de plomo pueden dar un amarillo brillante cuando está presente un 1 % de óxido de cromo, aquí también la temperatura de cocción ha de ser baja.

Los vidriados que contienen óxido de cromo y óxido de zinc son marrones, se necesitan pequeñas cantidades de óxido de cromo.

En los vidriados que contienen menos de 0.5% de óxido de cromo y un 5% de óxido de estaño sale un color rosa. Tonos vivos y variados de rosa, rosa grisáceo y marrones cálidos son posibles con esta combinación. Cuando se añaden juntos óxido de cromo y óxido de cobalto especialmente a un vidriado del tipo magnesia cocido en atmósfera reductora a $T \Rightarrow 1280^{\circ}\text{C}$ o más, pueden obtenerse hermosos tonos de verde azul. El óxido de cobalto debe mantenerse menor de 0.5% y el óxido de cromo menor de 1%. El óxido de cromo es bastante volátil por encima de 1200°C, y a veces los vidriados conteniendo óxido de estaño pueden rayarse con rosa o marrón por la volatilización del cromo de alguna pieza cercana en el horno. Puede utilizarse Cr_2O_3 , o $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

- **Óxido de Manganeso;**

El manganeso da a los vidriados un color púrpura o marrón, es un óxido colorante débil y usualmente se necesita un 2 o un 3% para dar un color marcado. En los vidriados

altamente alcalinos el manganeso da un vivo color púrpura azulado (o ciruela). En los vidriados de plomo da un color púrpura menos intenso y con un tinte marrón. En cocción reductora da un marrón muy suave. En algunos vidriados de plomo el carbonato de manganeso puede producir ampolladuras, especialmente si la atmósfera del horno no es estrictamente oxidante. Combinado con pequeñas cantidades óxido de cobalto puede dar colores violeta profundo o ciruela.

- **Óxido de Níquel.**

Las formas de níquel utilizadas son: el óxido de níquel verde NiO , el óxido de níquel negro Ni_2O_3 . El color típico que da es el marrón. Los colores derivados del níquel son bastantes inseguros, por tal razón es poco utilizado sólo. Cantidades por debajo del 1% darán un color gris a la mayoría de los vidriados base. Cuando se aumenta al 2% o más puede esperarse el marrón. Cuando se añade alrededor de un 0.5% de óxido de níquel a los vidriados además de tales óxidos colorantes pueden resultar hermosos tonos agrisados. El óxido de níquel es muy refractario si se añade a vidriados ya mates, en cantidades superiores al 2% puede hacerlos excesivamente secos.

- **Óxido de Vanadio;**

El óxido de vanadio se utiliza en los vidriados como tinte combinado con el óxido de estaño da un color amarillo. El 5% dará corrientemente un amarillo pálido y del 8 al 10% un amarillo fuerte.

- **Rutilo:**

Es un mineral que contiene óxido de titanio y óxido de hierro. El rutilo da un color tostado o marrón a los vidriados. Sin embargo su poder de tinción es débil debido a la cantidad pequeña de hierro que contiene y es utilizado más frecuentemente por su influencia sobre la textura del vidriado que por su color, tiene la propiedad de producir un color interrumpido o moteado en los vidriados.

Del 3 al 5% es la cantidad usualmente añadida al vidriado.

En los vidriados conteniendo boro B_2O_3 , el rutilo puede producir puntos destacados.

En los vidriados de plomo, contribuye a la dispersión del color de la superficie y da una influencia tostada o marrón al vidriado. El rutilo sirve también para aumentar la opacidad si se utiliza en cantidades del 5% o más.

El rutilo +cobre o hierro o cobalto o cromo puede dar hermosos colores texturados y agrisados. Además favorece la formación de vidriados cristalinos.

- **Ilmenita:**

Es un mineral que contiene más hierro que el rutilo(% más alto). Como colorante, da efectos parecidos a los que se obtienen con óxido negro de hierro, produce puntos o motas en las pastas y vidriados. Si en el vidriado hay presentes otros óxidos colorantes estos puntos pueden estar rodeados de diminutos halos amarillos lo cual da al vidriado una superficie altamente complicada y interesante. Un 1 al 3% es suficiente para dar un color y textura marcados.

- **Cromato de Hierro:**

Produce tonalidades gris, marrón, o negro. Si el vidriado base tiene zinc, el cromato de hierro(FeCrO_4) producirá un color marrón. Si hay estaño puede esperarse un color rosa o marrón rojizo. Es más útil como modificador de otros colores, se utiliza especialmente en engobes para darles un color gris.

- **Cadmio y Selenio:**

Se utilizan para producir vidriados rojos. Comúnmente se utilizan combinados en un tinte para vidriados que se añade como colorante a un vidriado fritado de baja temperatura. El tinte puede contener alrededor 20% de selenio y el 80% de sulfuro de cadmio. De hecho la solución se compone de CdSe y Scd. Los tintes de cadmio y selenio dan un rojo brillante. Debe cocerse a baja temperatura. Es necesario el rápido enfriamiento de los vidriados para evitar que el color rojo desaparezca. No se deben usar para vidriar servicio de mesa.

El cadmio con el selenio producen colores rojos y anaranjados. Mientras que el cadmio y el azufre dan los colores amarillos.

- **Óxido de antimonio;**

Se utiliza para producir el color conocido como amarillo de nápoles. Se hace fundiendo antimonio y plomo juntos; es bastante inestable por encima de 1120°C.

En los vidriados plúmbicos: un 1 al 2% produce colores amarillos. En los vidriados alcalinos: un 4 al 6% produce un color blanco. Debe calcinarse a 900°C para que no burbujee. Poco soluble en agua y se volatiliza a partir de los 1000°C.

La plata y el bismuto se utilizan para lustres.

- **El Praseodimio PrO_2 ;**

Es un colorante relativamente nuevo elaborado con el óxido que se emplea para los amarillos y naranjas en cantidades del 10 al 15%. Aparentemente es estable a todas las temperaturas y en atmósferas de reducción y oxidación.