

Metodología para producción de materiales cerámicos de alta temperatura

*Sergio Ruiz García
Laura Patricia Mata Jurado*

Introducción

Los objetos utilitarios y ornamentales fabricados en materiales cerámicos son parte de toda cultura antigua alrededor del planeta. Así, la cerámica mexicana deriva de la influencia posterior a la conquista hispana, en la que se combinó la tradición de la alfarería indígena con modificaciones estilísticas y la aplicación de técnicas de producción de lozas de tradición ibérica (Charlton, Fournier & Otis, 2007). El proceso cerámico consta de cinco etapas básicas: selección y preparación de materias primas, preparación del cuerpo cerámico (pastas cerámicas), el modelado que puede realizarse mediante varios procedimientos, el secado y la cocción (Galán y Aparicio, 2006). La selección de los materiales y la preparación de las pastas determinan el

resultado en la cerámica debido, en parte, a las características únicas de los barros y arcillas propias de cada región y a los procesos de cocción, así como a la gran variedad de vidriados (esmaltes) posibles, según las formulaciones propias de cada ceramista.

En México existe una división en los procesos de fabricación de la cerámica de alta temperatura, mientras que en la industria de alta producción se emplean procesos sistematizados y cuantificables para la composición de arcillas cerámicas con fines muy precisos, tales como la porcelana o la alfarería, mientras que en los talleres pequeños los ceramistas responsables preparan las pastas cerámicas y los vidriados conforme su experiencia, sin embargo, no se documentan los procesos, se aprende a través de la práctica, los conocimientos tácitos se comunican de manera informal y el entrenamiento que se da a los trabajadores es breve (Gallardo y García, 2018).

Este trabajo ofrece a través del proceso de modelos triaxiales experimentales y adición de materiales, una metodología para la formulación, preparación y quema de pastas de alta temperatura y vidriados, estimando parámetros de plasticidad, contracción, porosidad y deformación, y para el caso de los vidriados, características de brillo, matiz, transparencia, opacidad, color y textura.

Desarrollo

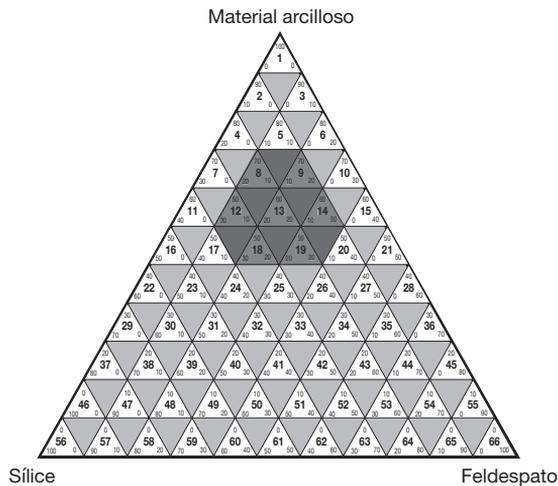
Materiales y métodos de estudio

Este proyecto integró dos fases, en la primera se desarrolló la formulación, preparación y quema de pastas cerámicas de alta temperatura; en la segunda se desarrolló la formulación, preparación y quema de vidriados (esmaltes). En la primera etapa se evaluaron las características físicas de plasticidad, contracción, porosidad y deformación, mientras que en la segunda se evaluaron características de apariencia (brillo, matiz, transparencia, opacidad, color y textura). Este trabajo se basó en el gres o stoneware, término que designa a una pasta cerámica formada por arcillas como la bola y el caolín, por materiales refractario como el sílice y fundentes como el feldespató. Las arcillas brindan plasticidad a la formulación, mientras que el sílice controla la contracción evitando rupturas o cuarteaduras, y el feldespató sódico funde y controla la cocción de la pasta (Vázquez, 2005). La plasticidad del gres permite ambos

procesos de moldeado: manual o vaciados en barbotina (Hooson & Quinn, 2012). Las principales características cerámicas del gres son su opacidad y alta densidad; por otra parte, su característica vítrea le confiere una gran dureza, en la escala de Mohs, que consiste en comparar la dureza del diamante (10) y el talco (1), los vidriados de gres tienen una dureza de 5.5, comparable con el vidrio (Canal, 2004).

Por su formulación base de tres elementos (arcilla-sílice-feldespato), el método triaxial permite formular combinaciones de pastas, dentro de los parámetros mencionados. En la Tabla 1 se enmarcan las combinaciones con las que se experimentó. En cada arista del triángulo mayor se identifican los tres componentes básicos, y en los vértices interiores de cada triángulo interior los porcentajes correspondientes de material arcilloso, feldespato y sílice (Vázquez, 2001).

Tabla 1. Modelo triaxial para el desarrollo de pasta de gres.



Fuente: Elaboración propia.

En la misma Tabla se observa la delimitación de las posibles mezclas, que oscilan en los siguientes rangos: 50 a 70% de material arcilloso combinación de arcilla de bola OM4 a 75% y caolín a 25%, 10 a 30% de sílice, 10 a 30% de

feldespato (Vázquez, 2005), al contemplar variaciones de 10% se obtienen siete mezclas a evaluar.

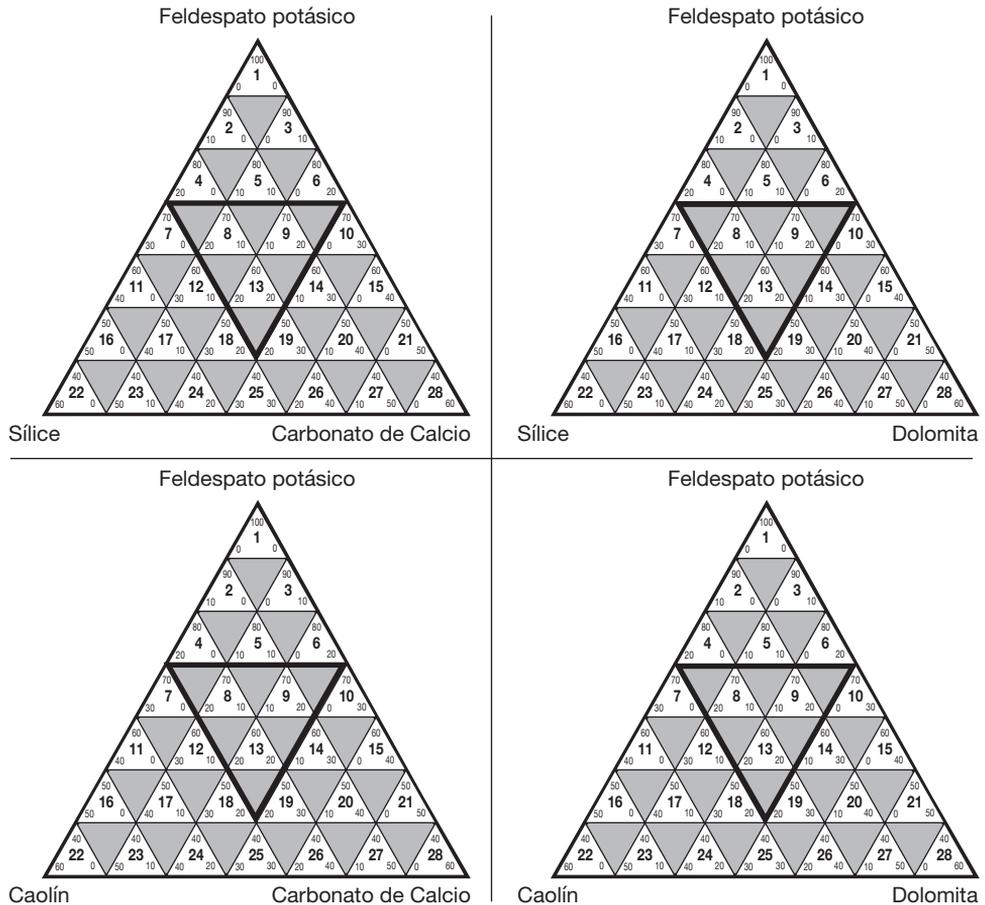
Una vez obtenida la mejor formulación acorde con las características establecidas, se trabajó el método de adición de materiales para optimizar algunas cualidades, se agregó el talco cerámico en porcentajes de 1 al 5% para disminuir porosidad, deformación y contracción, así como barro de Zacatecas, esto con fines estéticos para conferir texturizados.

En la segunda etapa se abordó la preparación y formulación de vidriados, los cuales son importantes por dos razones, funcionalmente: le confieren suavidad, ausencia de porosidad y, por consiguiente, asepsia a las piezas cerámicas; y estéticamente, los vidriados confieren brillo, textura, opacidad y color. Los vidriados cerámicos están compuestos principalmente por materiales en polvo mantenidos en suspensión en agua que, al entrar en contacto con la superficie porosa de una pieza de pasta cerámica, se adhiere a ésta por causa de la absorción de humedad (Constant, 1996) al fundirse dentro del horno, y forman una capa vítrea. Esta etapa se compone de cuatro fases, la primera consiste en generar bases, se combinaron tres elementos: un material fundente, que es el feldespato potásico, y la combinación de dos vitrificantes, que son carbonato de calcio (Cc), dolomita (D), sílice (S) y caolín (C), derivando cuatro modelos triaxiales, tal como se muestra en la Tabla 2.

Una vez seleccionadas ocho formulaciones, con base en las variables mencionadas, se deriva la fase dos, que es el método de adición de materiales para mejorar la fluidez del vidriado con la presencia de un fundente en el momento de la cocción, eliminando craquelaciones en su superficie y reduciendo deformaciones de las probetas. Para el caso de esta etapa, Vázquez (2005) propone los siguientes materiales: óxido de zinc, carbonato de bario, dolomita, carbonato de magnesio y carbonato de calcio; el criterio de adición de estos fundentes es de 5 y 10%. Para la fase tres, se agregó un quinto componente a las ocho formulaciones seleccionadas en la etapa dos, el objetivo que se persigue es conferir textura y opacidad del vidriado en el momento de la cocción para generar blancos. Estos compuestos son sumativos a las formulaciones seleccionadas. Para el caso de opacificantes, Vázquez (2005) propone los siguientes materiales: óxido de titanio, carbonato de circonio y óxido de estaño; el criterio de adición de estos compuestos es de 5, 10 y 15% para cada formulación seleccionada de la fase dos. En la fase cuatro, se agregaron óxidos colorantes, estos materiales confieren diversos colores a los vidriados en el momento de

la cocción, que puede ser resaltado por su translucidez, su opacidad, brillo o textura de acuerdo con la elección de las formulaciones derivadas de las etapas anteriores (dos y tres). Los materiales seleccionados, según Vázquez (2005), son los siguientes: óxido de cobalto, óxido de hierro, óxido de cobre, óxido de cromo, óxido de manganeso, óxido de níquel, óxido de rutilo. El criterio de adición de estos compuestos es de 5, 10 y 15% para cada formulación.

Tabla 2. Modelos triaxiales para la etapa de bases.



Fuente: Elaboración propia.

Procesos

Una vez preparadas las formulaciones de las pastas y vidriados, se analizaron los procesos de quema y se diseñaron los modelos y probetas para la experimentación. El horno eléctrico utilizado opera bajo controladores electrónicos, complementario al uso de pirómetros según la escala de Orton (Vivas, 2016), lo que permitió monitorear la temperatura de quema dentro del horno a través de la programación de rampas, calculando variaciones de tiempo y temperatura. Para el caso de las pastas cerámicas, se tomó el rango de temperatura de quema del gres que va de los 1200 a 1300°C (Hooson & Quinn, 2012). Se emplearon los conos 8 y 9 en la escala de Orthon, correspondientes a 1260 y 1280°C respectivamente; para la quema de los vidriados, se trabajará en el rango de la alta temperatura, 1150 a 1280°C, el uso del horno eléctrico genera una atmósfera oxidante y reductora debido a la existencia de flujo de aire que promueve la oxidación durante la quema (Chavarria, 2009).

Modelos

Se construyeron tres modelos de probetas experimentales utilizadas en ambas fases del proyecto. El primer modelo consistió en una probeta plana moldeada en cavidades de yeso, la segunda por medio de placas recortadas manualmente, y para la tercera se diseñó e imprimió en 3D un modelo volumétrico para vaciado. Para el análisis de pastas, la probeta plana permitió realizar pruebas de plasticidad, contracción, porosidad y deformación, a través de barras de 15 cm x 2.5 cm y 7 mm de espesor, con una línea de 10 cm para medir la contracción durante el proceso, cada una fue identificada (número de formulación y cono de quema). Para la etapa de desarrollo de los vidriados se desarrollaron placas cuadradas de 5 cm por lado y 7 mm de espesor, texturizadas para que el vidriado tuviera una buena adherencia a la superficie, con el bajo relieve del logotipo de Diseño Industrial, lo que permitió analizar el comportamiento del esmalte en cambios de superficie. La probeta tridimensional de media caña con el logotipo institucional de la carrera, se utilizó en la etapa de adición de óxidos colorantes de esmaltes, lo que permitió analizar el comportamiento del esmalte por inmersión, según las características geométricas comunes

en piezas cerámicas obtenidas por vaciado, caras planas, aristas, cantos, bajo relieves y transiciones de configuraciones curvas a planas.

Variables

Para el caso de formulaciones de pasta cerámica las variables a controlar fueron: el índice de contracción, que se refiere a encogimiento que sufre durante el proceso tanto de la deshidratación como en las quemas en el horno; el índice de plasticidad, que se refiere a la flexibilidad de ésta durante el moldeo sin que pierda cohesión y homogeneidad, a menor plasticidad mayor riesgo de fracturas o agrietamientos; el índice de deformación, que se refiere a la estabilidad de su configuración durante el proceso de quema y el índice de absorción (porosidad), que mide la impermeabilidad y le confiere ventajas como la imposibilidad de contaminación por líquidos o sólidos a contener y mayor durabilidad; entre otros (Vázquez, 2001).

De los resultados anteriores, se seleccionó la formulación con mayor estabilidad, a la que se integraron por el método de adición de materiales talco y barro de Zacatecas, el primero para disminuir porosidad y el segundo con fines estéticos de texturizado. En el caso de los resultados de los vidriados, en la primera fase se analizaron características de opacidad vs. transparencia, brillo y textura. En las siguientes fases se agregaron componentes que permitieron mejorar la fusión, la opacidad y el color.

Resultados y discusión

Los resultados del método triaxial para la elaboración de pastas permitieron observar el comportamiento que experimentan las diferentes formulaciones, las muestras con mayor cantidad de arcilla (8 y 9) pueden presentar un alto grado de plasticidad, sin embargo, son más porosas y susceptibles a absorber líquidos, mayor índice de contracción y deformación. Por su parte, las arcillas con mayor cantidad de feldespato y sílice (18 y 19) tienen un menor grado de contracción y porosidad, pero un bajo grado de plasticidad. Este mapeo es de gran importancia para elegir la pasta que más convenga, las características deseables para aprender a utilizar la cerámica por diferentes procesos, como

el modelado manual y el vaciado, requieren de una pasta versátil, altamente plástica y con índices de deformación y contracción bajos, por esta razón se eligió la pasta 13 (60% de material arcilloso, 20% de sílice y 20% de feldespato sódico).

Después de aplicar el método de incremento de materiales para disminuir la porosidad, la deformación y la contracción, los resultados permitieron observar que las formulaciones que contienen 1 y 2% de talco presentan mejores cualidades de plasticidad, existe un patrón en los índices de absorción y de contracción que mejora al aumentar el porcentaje de talco, pero disminuye la plasticidad.

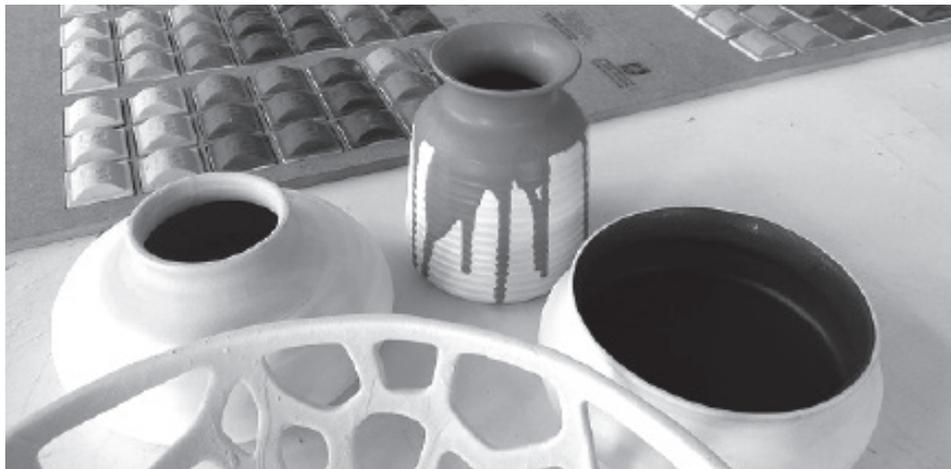
El proceso de experimentación propuesto para ambas etapas proporciona los medios para diseñar arcillas propias, además puede ampliar las perspectivas de búsqueda de nuevas formulaciones a diferentes temperaturas de quema y para sistemas de producción específicos. Un taller o empresa interesados en producir por medio del vaciado en moldes requerirá formulaciones con mayor porcentaje de feldespato y sílice; por el contrario, para fines académicos se requiere una pasta que cumpla con un balance en todos los parámetros, por lo cual, para el caso de la institución, se eligió la pasta 13-2 (2% de adición de talco).

Debido a que el desarrollo de vidriados supone cuatro fases, se analizan los resultados de cada una. En la primera, donde se desarrollaron diez formulaciones de cuatro modelos triaxiales, horneados en conos 8 y 9, derivaron 80 probetas; en esta etapa no se obtuvieron resultados definitivos para poder elegir algún vidriado, la mayor parte de ellos sufren craquelaciones o deformación de las probetas, estos fenómenos se deben a que es necesario continuar con la etapa dos, donde agregan materiales fundentes; su finalidad consiste en contar con la mayor variedad de bases que oscilen entre la transparencia y la opacidad, así como el brillo y matiz, las cuales se eligen según el criterio o necesidades del académico o ceramista, se eligieron ocho bases para aplicarlas en la siguiente etapa. La segunda fase, que inicia con las ocho bases multiplicadas por cuatro fundentes en dos porcentajes, resulta en 64 muestras horneadas en conos 8 y 9, dando como resultado 128 muestras. Después de la quema, se pudo notar que el óxido de zinc conserva el brillo y no afecta la transparencia, el mismo caso ocurre con el carbonato de bario, la dolomita también coadyuva a preservar el brillo, pero confiere opacidad; en cambio, el carbonato de magnesio matiza y opacifica; es destacable que en esta fase se conforman los primeros

vidriados transparentes, además de una gran variedad de blancos semitransparentes, opacos y con diferentes matices, se seleccionaron ocho muestras: dos brillantes transparentes, dos brillantes mate, dos opacas brillantes y dos opacas mate para la tercera fase que consistió en adicionar material opacificante a las muestras seleccionadas: ocho bases multiplicadas por tres opacificantes, por tres porcentajes dan como resultado 72 muestras y quemas en conos 8 y 9, en total se experimentó con 144 muestras; de esta etapa se obtuvieron diferentes tipos de blancos mate y semimate con la presencia del óxido de estaño y del carbonato de circonio, que también se observa su función de fundentes, en contraste, el dióxido de titanio genera texturas, opacidad e incluso algunos colores cuando se utiliza en los mayores porcentajes (10 y 15%). Para la fase cuatro se eligieron ocho bases multiplicadas por siete óxidos, por tres porcentajes, horneadas en conos 8 y 9, en total se experimentó con 336 muestras. Los óxidos confieren color específico con variaciones entre su porcentaje y de la base utilizada (el dióxido de titanio y el óxido de zinc modifican el color); las mezclas con óxido de cobalto resultaron en gamas de azul, observando que funciona como fundente, es decir, confiere brillo; el óxido de hierro desarrolla diferentes gamas de colores que oscilan entre el café, olivo y amarillo; del óxido de cobre resultan verdes y gris-negro metálicos, opacifica, dando acabados mate; el óxido de cromo es un opacificante muy agresivo, las formulaciones de la fase dos generan cuarteaduras, por ello no es recomendable utilizarlo como tercer opacificante, y desarrolla colores que van del café al verde mate; el óxido de manganeso también funciona como opacificante, confirmando además textura, desarrolla gamas del beige al café oscuro; el óxido de níquel, además de ser opacificante, desarrolla gamas de verde; por último, el óxido de rutilo opacifica y desarrolla tonalidades del blanco al beige.

Los resultados de las etapas dos, tres y cuatro arrojaron 608 muestras de vidriados dejando la posibilidad de ser elegidos y utilizados por el ceramista, ya sea para fines artísticos o para fines prácticos, los cuales se encuentran clasificados en hojas de cálculo y en un catálogo físico (Figura 1).

Figura 1. Piezas elaboradas con la pasta 13-2 bajo la técnica de torno, vidriadas con formulaciones derivadas de la fase cauto, horneadas a 1,260°C (cono 8). En segundo plano se aprecia parte del catálogo físico de vidriados.



Fuente: Elaboración propia.

Referencias

- Canal, M. (2004). *Conservar y restaurar cerámica y porcelana*. Barcelona, España: Parramón.
- Charlton, T., Fournier, P. y Otis, C. (2007). La cerámica del período colonial temprano en la cuenca de México. *Researchgate*, 1521-1620.
- Chavarria, J. (2009). *Aula de Cerámica. Esmaltes*. Barcelona, España: Parramón.
- Constant, C. (1996). *La paleta del ceramista*. Barcelona, España: Gustavo Gilli.
- Galán, E. y Aparicio, P. (2006). Materias primas para la industria cerámica. *Seminarios de la Sociedad Española de Minerología*, 2, 31-48.
- Gallardo, M. y García, A. (2018). Conocimiento, rutinas y aprendizaje organizacional en la producción de cerámicas: tres estudios de caso. *Administración y Organizaciones*, 21(40), 125-135.
- Hooson, D. & Quinn, A. (2012). *The workshop guide to ceramics*. New York: Hauppauge.

- Vázquez, E. (2001). *La cerámica en el diseño industrial, algunas propuestas metodológicas para el desarrollo de pastas y vidriados* (tesis inédita? de maestría). UNAM, Ciudad de México, México.
- Vázquez, E. (2005). *Materiales cerámicos. Propiedades, aplicaciones y elaboración*. Ciudad de México: Centro de Investigaciones de Diseño Industrial.
- Vivas, W. (2016). Conos pirométricos. *Infocerámica*. Recuperado de www.ortthonceramic.com