

Estudio básico de dos arcillas de Casas Grandes, Chihuahua, una de color siena y otra beige

JUAN MANUEL OLIVERAS Y ALBERÚ (Director de estudio)
Departamento de Métodos y Sistemas, CyAD
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco
oliveras@correo.xoc.uam.mx

ALEJANDRO CABELLO GALICIA
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco
acabello217@gmail.com

SHIADANI ESPADÍN DÁVILA
Departamento de Métodos y Sistemas, CyAD
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco
sh1ad3sp@gmail.com

PALABRAS CLAVE

Cerámica
Arcilla
Barro
Cerámica decorativa
Cerámica utilitaria
Caracterización de materiales arcillosos
Casas Grandes, Chihuahua
Paquimé
Plasticidad
Desfloculamiento
Sinterización
Vitrificación
Recubrimientos cerámicos

KEYWORDS

Ceramics
Clay
Clay
Decorative ceramics
Utilitarian ceramics
Characterization of clayey materials
Casas Grandes, Chihuahua
Paquimé
Plasticity
Deflaking
Sintering
Vitrification
Ceramic coatings

Se expone un recuento del estudio realizado a dos de los barros más utilizados por ceramistas de la región de Casas Grandes, Chihuahua, de acuerdo con lo señalado por Julián Hernández Chávez, quien nos proveyó de estos materiales. A los barros se les denomina “siena” y “beige” por su color. El estudio tuvo la finalidad de trazar un nuevo camino hacia una cerámica utilitaria en paralelo a la decorativa floreciente en la región, estudiando las propiedades de los barros y buscando barnices cerámicos necesarios para desarrollar productos.

This paper reports on a study of two of the clays most commonly used by ceramists in the region of Casas Grandes, Chihuahua, according to Julián Hernández Chávez, who provided us with these materials. The clays are called “sienna” and “beige” on account of their colors. The purpose of the study was to explore a new route towards utilitarian ceramics in parallel to the decorative ceramics that flourish in this region, studying the properties of the clays and searching for the appropriate ceramic glazes required for these products.

INTRODUCCIÓN

Tierra, agua, aire y fuego son los cuatro elementos, y todos permiten elaborar cerámica. Si bien ésta es un material que ha estado presente en el desarrollo del ser humano, vale la pena responder la pregunta ¿qué es la “cerámica”?

La palabra cerámica proviene del griego *Keramos*, significa arcilla, y se refiere a todos los artículos hechos de arcillas o barro cocidos. En Paquimé, vocablo que denomina el sitio cuyo origen se pierde en el tiempo, los primeros exploradores españoles, alrededor de 1550 d. C., nombraron a estas ruinas *Casas Grandes*; esta cultura tuvo sus inicios alrededor del año 800 de nuestra era, con pobladores dedicados a la caza y recolección como medio de vida.

Quizá, en el año 900 d. C., los pobladores de Paquimé tuvieron el primer acercamiento con el modelado de la arcilla, empleándola en la arquitectura y la alfarería. Por esa época algunos pueblos del desierto arribaron al valle de Casas Grandes, incorporándose a la comunidad existente, propiciando una mezcla de conocimientos que favorecieron el crecimiento cultural de la región de Oasis América poblada por las culturas Pataya, Hohokam, Anazasi, Trincheras y Mogollón, como parte de la Mogollón se ubican Jornada y Mimbres, Paquimé o Casas Grandes se ubica en la última.

Si bien la utilización de la arcilla para crear objetos fue empleada primero en la arquitectura, como lo muestran muchas culturas de ese tiempo, también la emplearon para elaborar objetos decorativos y utilitarios, desarrollándose así una compleja y refinada cerámica, la cual se caracteriza por trazos firmes y delicados, mostrando la destreza de los alfareros en sus decoraciones al crear piezas singulares de carácter simbólico, naturalista y geométrico, utilizando principalmente los colores negro y rojo sobre una base blanca, crema, café o negra.

Los principales elementos decorativos son formas abstractas, supuestamente con una carga espiritual cultural evidente e importante, pues en estos elementos, de acuerdo con Julián Hernández, se representa la vida, la muerte, la fertilidad, el florecimiento, el orden y alabanza a los dioses con el fin de que traigan agua. Para representar todo esto se valieron de formas geométricas como espirales, grecas escalonadas, pequeños cuadros alternados en forma similar a un

tablero de ajedrez, círculos con un punto en el centro, líneas rectas, quebradas, paralelas, escalonadas, diagonales, onduladas y/o en forma de zig-zag (*México desconocido*, 2010).

Así como en los motivos decorativos, en la morfología de las piezas hay gran variedad, destacan las ollas de boca estrecha y cuerpo globular, ollas dobles, vasijas miniatura en forma de cajetes, vasijas cruciformes, ollas de doble cuerpo o en forma de extremidades humanas y las ollas esfinges. Estas últimas destacan por ser las piezas más llamativas y mejor acabadas, representaban seres humanos y animales de una manera realista; el rostro del personaje es elaborado con mayor dedicación, dándole más importancia que al resto del cuerpo. Casi todas las ollas antropomorfas presentan cuerpos desnudos con el sexo indicado, lo cual habla del culto a la fertilidad. Las ollas zoomorfas representan también diversas aves con el pico abierto, por lo general son guacamayas cuyas cabezas son extensión de la pieza y sirven de asas (*México desconocido*, 2010).

Paquimé fue una cultura con cierto avance tecnológico y artístico, que se observa tanto en sus actividades y formas de vida como en los lujosos ornamentos de concha, en la práctica del juego de pelota, en la arquitectura, pero, sobre todo, en la creación de su espectacular y sin igual cerámica que maravilla a quien la conoce. Gracias a estas dos últimas genialidades fue que en 1998 la UNESCO nombró a Paquimé Patrimonio Mundial de la Humanidad, sumándose así a la lista de maravillas de México.

En 1952, en Casas Grandes, Chihuahua, renace el arte cerámico de esta cultura con Manuel Olivas Lucero, quien comienza a producir piezas de barro con diseños prehispánicos, posteriormente solicitó al INAH permiso para hacer réplicas, el cual le fue concedido, dando origen así, involuntariamente, a la Nueva Cerámica de Paquimé (Prun, 2016).

Este movimiento artístico poco a poco fue fortaleciéndose, primero con los pobladores de Juan Mata Ortiz, después con los de Nuevo Casas Grandes. Al principio Olivas enseñaba a sus conocidos, después los pobladores se volvieron autodidactas, dando origen a familias enteras de artesanos especialistas en este arte como son: los Quezada, los Ortiz, los Silveyra y los López, por mencionar algunos; el resultado fue la

producción de una cerámica renovada, fresca e inspirada en el arte antiguo (Hernández, 2013: 99).

Al principio las piezas se regalaban entre amigos, después se vendían, con lo que obtenían una remuneración económica que apoyaba a sus familias; más tarde, debido a la calidad de las piezas, turistas extranjeros viajaban hasta los poblados mexicanos a adquirirlas, gracias a ello el ingreso comenzó a recibirse en dólares, lo que motivó a más personas a producir cerámica. Así, un pueblo de origen ferrocarrilero que parecía destinado a morir en la pobreza, se convirtió en el centro de la Nueva Cerámica de Paquimé.

Actualmente, la Nueva Cerámica de Paquimé es reconocida nacional e internacionalmente debido al ingenio plasmado en sus vasijas. En la actualidad, el gremio de ceramistas es especialista en elaborar cerámica decorativa, pero ¿qué pasa con todas las demás posibilidades que nos brinda este material? La reflexión nos lleva a concluir que con los conocimientos y creatividad de estos artistas, quizá se les podría brindar una oportunidad para la creación de cerámica utilitaria, la cual no sustituiría a la primera sino se desarrollaría a la par.

Con esto se crearía otro campo de aplicación de esta excepcional técnica ceramista, formando un nuevo camino para las generaciones actuales y futuras de alfareros, enfocadas en crear productos innovadores y frescos, sin dejar de lado los elementos iconográficos que las caracterizan. Así mismo, se abriría otro mercado con nuevos compradores, con lo que la economía de Casas Grandes se beneficiaría.

Hacer cerámica utilitaria no es tarea fácil, requiere conocimiento especializado de las propiedades físicas y químicas del material, con el fin de encontrar un recubrimiento vítreo que se adapte óptimamente a éstas, además de brindar los beneficios que esto conlleva, como fortalecerlo, estructurarlo, impermeabilizarlo y, por supuesto, embellecerlo. Lo anterior motivó una investigación para encontrar dicho recubrimiento que puede dar inicio a “La Nueva Cerámica Utilitaria de Paquimé”.

La indagación consistió en encontrar un recubrimiento vítreo que se adaptara óptimamente al cuerpo cerámico. Para ello, primero se realizó una caracterización técnica de dos de los barro más utilizados por los ceramistas de Nuevo Casas Grandes, Chihua-

hua, proporcionados por el ceramista Julián A. Hernández Chávez, denominados por el equipo de trabajo como *materiales siena* y *beige*. Las acciones del presente estudio fueron determinadas y asesoradas por Juan Manuel Oliveras Alberú, quien orientó las actividades necesarias para alcanzar las metas; es decir, ubicar con un proceso de estudio los vidriados para fines utilitarios.

El estudio de los barro abarcó tres aspectos: metodología para la creación de piezas, pruebas fisicoquímicas y pruebas de vidriados. En el primero se conoció el proceso que los artistas realizan para formar, decorar y cocer una pieza. El segundo consistió en caracterizar los materiales arcillosos mediante pruebas sencillas, como plasticidad, modelabilidad, moldeabilidad, reducción de tamaño o compactación y merma de peso, y la sinterización. En el tercero se realizaron pruebas para conocer su adaptabilidad a los vidriados.

METODOLOGÍA PARA LA CREACIÓN DE PIEZAS

Los materiales utilizados fueron: barro, agua, bases de yeso, lijas, aceite, piedras de pulir tipo ágata y pigmentos naturales, tales como el óxido de hierro, rojo; bióxido de manganeso, negro; óxido de cromo verde; óxido de calcio, blanco y pinceles de cabello humano. El proceso comienza formando una placa circular de barro plástico colocada sobre la base de yeso, a ésta se le van añadiendo churros o adujas de barro, pegándolas con papilla y, con base en pellizcos y alisado, la pieza crece y se va formando con los dedos. Se deja luego secar por tres o cuatro días.

Una vez seca la pieza se pule con lija, protegiéndose las vías respiratorias del polvo; se le agrega un poco de agua para sellar, después se agrega aceite ligero y algo de agua para comenzar el bruñido y tapar el poro. El bruñido se realiza con una piedra lisa y dura, comúnmente ágata, acerina o semejante (Prun, 2016).

Después de bruñidas las piezas, se decoran con pinceles y tintes naturales. Se utilizan óxidos minerales porque la quema los adhiere a la pieza. Los pinceles están hechos con cabello humano con características determinadas por los artesanos.

Luego de la decoración se cuecen las piezas, la cocción puede ser por oxidación, por óxido-reducción o reducción intensa, estas últimas dos atmósferas ennegrecen las piezas, entre más reducción más negras, los tres tipos de atmósfera permiten endurecer el barro otorgándole estructura, rigidez y durabilidad; sin embargo, los recipientes no son impermeables, es decir, no sirven para contener agua, después de un tiempo corto la trasminan. La cocción es al aire libre, se colocan las piezas en un hoyo en la tierra o sobre un montículo de tierra, utilizando grandes cazos de metal como capuchas para formar cámaras de cocción, sellando herméticamente con tierra alrededor de los cazos para generar atmósfera reductora y ocupando, por lo general, leña como combustible. La temperatura de cocción es de aproximadamente 700 °C, habiendo piezas de una, dos y hasta de tres quemas. El precio de la pieza dependerá de la calidad, la complejidad del decorado, las quemas a las que se sometió y su tamaño.

Conociendo el método de elaboración de este arte, para indagar las características fisicoquímicas básicas de su comportamiento se realizaron pruebas de: plasticidad, desfloculamiento, modelabilidad y moldeabilidad, merma o pérdidas de agua y tamaño, y sinterización.

PLASTICIDAD

La plasticidad de un material arcilloso se manifiesta al mezclarse con agua en un porcentaje aproximado de 20% a 35%, dependiendo del tipo de material; gracias a la plasticidad puede adoptar formas indeterminadas sin ruptura mediante presión y modelado. Al dejar de ejercérsese presión, el barro conserva la forma dada “diferenciándose con ello de las sustancias viscosas en que sólo con la acción de la gravedad siguen fluidas” (Hald, 1985: 101).

Saber qué tan plástica es una arcilla o barro nos permite identificar el tipo de material cerámico y cómo trabajarlo, es decir, si puede usarse en estado puro o necesita mezclarse con otros materiales, si puede modelarse a mano o con moldes, etc. Hay varios métodos con los que puede identificarse la plasticidad de un material arcilloso, para este estudio se realizaron dos.

La prueba utilizada consistió en que el lodo de arcilla, luego de secado en una placa de yeso (o podría haber sido una base de barro cocido), al perder brillo el material se levantó, amasó y se elaboró un cilindro de aproximadamente el grosor de un dedo, con el que se formó una aduja alrededor de un dedo. Si la aduja se rompe, significa, dependiendo del grado de rompimiento, que



Figura 1. Prueba de plasticidad del barro beige.



Figura 2. Prueba de plasticidad del barro siena.

el material es poco o nada plástico. Cabe resaltar que antes de hacer la prueba, la mezcla de barro y agua estaba en estado de plasticidad ideal (Hald, 1986: 102); es decir, al momento en que el material dejó de ser pegajoso al tacto.

MODELABILIDAD POR REVOLUCIÓN EN TORNO

Esta prueba es para conocer la modelabilidad y resistencia a la revolución del material en estado plástico ideal. Para ello se elaboraron 10 recipientes cilíndricos con porciones de 70 gr c/u, previamente amasadas y en estado plástico idóneo. En esta prueba se utilizó un torno eléctrico marca Shimpo. Una vez concluido el proceso de torneado, las piezas se dejaron secar entre tres y cuatro días dependiendo del clima.



Figura 3. Prueba de plasticidad en el torno.

DESFLOCULAMIENTO

Desflocular se refiere a convertir un material sin fluidez en un fluido susceptible de escurrirse, es decir, a reducir la viscosidad de una suspensión de material arcilloso y agua, mediante la adición de diluyentes llamados desfloculantes. A menudo, los mejores resultados se consiguen con la mezcla de dos desfloculantes, los más usados en cerámica son silicato de sodio y carbonato de sodio.

La importancia de la desfloculación radica en la elaboración de barbotina, que consiste en una mezcla fluida (coloidal) con grupos arcillosos, otros minerales no metálicos, agua y desfloculantes, sirve para formar piezas cerámicas por la técnica de vaciado en moldes de yeso o moldes de ciertos barro cocidos.

Preparar una buena barbotina para vaciar es un proceso complejo, con práctica cada ceramista puede encontrar un método adaptado a sus necesidades. Un punto importante a considerar es que al formar la barbotina los factores tienen un orden, esto depende de los resultados deseados, considerando los desfloculantes una proporción de tres partes de carbonato de sodio por cuatro partes de silicato de sodio; si primero agregamos a la mezcla el carbonato y después el silicato obtenemos una barbotina fluida, por el contrario, si agregamos primero el silicato y después el carbonato obtenemos una barbotina semifluida y si, por otro lado, los agregamos juntos puede convertirse en una mezcla viscosa (Singer, 1979: 127). Para este estudio se realizaron



Figura 4. Prueba de desfloculación de arcilla beige. Tixotropía gruesa.



Figura 5. Segunda prueba con arcilla beige. Resultado: no hubo desfloculamiento, sólo una mezcla similar a un engobe.

ensayos para determinar si los materiales eran susceptibles de desflocular.

Ensayo de desfloculación para el material beige. Con el primer ensayo se intentaba conocer si el material podía desflocularse sólo con silicato de sodio. Para ello, a 153.75 gr del material seco se le agregaron 51.25 gr de agua (25% del peso total). Posteriormente, se incorporó a la mezcla 0.6%, considerados sobre la materia seca, de silicato de sodio (9.225 gr), previamente diluidos en 8.84% de agua (18.137 gr).

Debido a que no hubo desfloculación, se realizó una segunda prueba considerando la misma cantidad de materia seca y agua que la anterior. En esta ocasión, como desfloculantes se le agregaron carbonato de sodio y silicato de sodio combinados. Se agregaron 5.9 gr de carbonato de sodio dilui-

do en el agua más la materia seca, y 7.9 gr de silicato diluido en 8.84% de agua (18.137 gr), que sumados representan 0.9 % (13.83 gr) sobre el total de materia seca. El resultado tampoco fue bueno.

Ensayo de desfloculación para el material siena. El primer ensayo consistió en indagar si el material podía desflocularse agregándole sólo silicato de sodio. Para este ensayo se utilizaron 100 gr de barro y 33% de agua, es decir, 25 gr de agua. Para probar la desfloculación se fue agregando 0.6% sobre materias secas de silicato de sodio, diluido en agua.

Como el material no desfloculó se realizó un segundo ensayo, se probó si combinado con sílice y feldespato era susceptible de desflocularse. Se mezclaron 100 gr de barro seco (80%), 35 gr de sílice (15%) y 5 gr



Figura 6. Primera prueba de desfloculación de arcilla siena.



Figura 7. Segunda prueba de desfloculación de arcilla siena. Resultado: se obtuvo pasta con buena fluidez, al vaciarse en un molde de yeso se formó una pieza que al deshidratarse fracturó.

de feldespato (5%) en 35 gr de agua. Para desflocular se empleó silicato de sodio sobre 1.1% de las materias secas, es decir, 0.9 gr. Se obtuvo una papilla con buena fluidez, pero al vaciarse en un molde de yeso se formó una pieza que al deshidratarse fracturó.

Como último ensayo se optó por ajustar una fórmula probada para barbotina de 1254 °C, donde el elemento arcilloso principal es la arcilla OM4, ésta se sustituyó por el material siena, es decir, 40.9%, el cual fue previamente molido y tamizado a malla 100. Así tuvimos:

Componentes para la barbotina:

- Barro Siena seco 40.9%
- Caolín nacional 13.64%
- Feldespato potásico 26.36%
- Sílice 19.1%
- Carbonato de sodio 0.3%
- Silicato 0.4%
- Agua 35% sobre materiales secos

Como desfloculante se utilizó 0.7% sobre materiales secos, de esto 3/7 son de carbonato de sodio y 4/7 de silicato de sodio. El carbonato de sodio se diluyó en el total de agua necesaria, posteriormente se agregaron los materiales en el orden siguiente: barro, caolín, feldespato, sílice y, por último, silicato de sodio diluido en un poco del agua necesaria. El resultado fue una barbotina con suficiente fluidez para crear piezas vaciadas en moldes de yeso.



Figura 8. Tercera prueba de desfloculación de arcilla siena. Resultado: se obtuvo barbotina fluida para formar adecuadamente piezas en moldes de yeso.

PRUEBA DE ENCOGIMIENTO Y MERMA POR PÉRDIDA DE AGUA

Para modelar arcilla o barro es necesario mezclarle cierto porcentaje de agua, dependiendo del tipo y contenido de material arcilloso; cuando se hidrata sus partículas tienden a hincharse, por tanto, sus dimensiones aumentan. Al dejar secar la pieza formada el contenido de agua comienza a evaporarse, ocasionando una reducción del tamaño; es decir, encoge o se contrae, es la merma por pérdida de agua.

Un material arcilloso pasa por varias fases de encogimiento o contracción. Las consideradas para esta investigación son: el secado ambiental o del estado plástico ideal al endurecimiento en condiciones ambientales, contracción al sancocho y contracción a la sinterización.

Con cada material en estado plástico ideal previamente amasado, se formó una placa de 8 mm de espesor; de la placa se cortaron 10 plaquitas de 25 mm por 8 mm por 120 mm. A cada plaquita probeta se le hicieron dos marcas con el calibrador o vernier a 100 mm de distancia sobre una línea diagonal, posteriormente se pesó y anotaron estos datos.

Encogimiento por secado a medio ambiente. Las placas señaladas se colocaron en un marco de serigrafía sin bloqueos para arearlas y que se secan homogéneamente. Considerando el secado de un material cerámico como la extracción del agua retenida por medio de la absorción, con o sin intervención de calor (Bruguera, 1986: 213). Las probetas secadas en condiciones ambientales se pesaron y se midieron las distancias entre las marcas para conocer la contracción de la línea entre ellas y se anotaron los datos.

Encogimiento a sancocho. Hald (1979: 84) explica que la pérdida total de agua en una arcilla sucede aproximadamente a los 900 °C, considerando esto las probetas de arcilla se



Figura 9. Pruebas de pérdida de agua y encogimiento, arcilla beige.



Figura 10. Pruebas de pérdida de agua y encogimiento, arcilla siena.

sometieron a 904 °C (cono Orton 010), para evaporarles totalmente el agua mecánica y el agua química. Los ceramistas denominan a esta cocción *sancocho*, *jahuete* o *bizcocho*; a esa temperatura los productos adquieren dureza suficiente para manipularse. Concluida la quema, las probetas se dejaron enfriar para luego medirlas.

ENCOGIMIENTO EN LA VITRIFICACIÓN

Cuando la arcilla o barro se somete a una temperatura mayor a los 900 °C, continúa su transformación química, si la temperatura es suficiente llega al intervalo de sinterización,

éste se presenta cuando el material alcanza su máxima compactación, máxima merma y capacidad mínima para absorber agua. Al rebasar esta temperatura, se reblandece, luego comienza a derretirse, a este intervalo se le llama punto de fusión (Hald, 1986: 85, 118); luego hierve, espumea o esponjea. Las probetas de este estudio, pasado el *sancocho*, se sometieron a varias temperaturas para encontrar sus puntos de vitrificación y de fusión.

Al trabajar con estos dos barros de características diferentes, llegó un momento en que requirieron temperaturas distintas.

Al principio se quemaron juntos, pero el material siena alcanzó su punto de fusión a cono Orton 03 a los 1 101 °C antes que el material beige. Las quemadas a las que se sometieron ambos materiales fueron a las temperaturas de 984 °C (cono Orton 07), 1 101 °C (cono Orton 03), es decir, nos aproximamos alrededor de 1 143 °C lo que denominamos cono Orton 0; o sea, el promedio entre cono Orton 01 pasado y el cono 1 comenzando a doblarse, y 1 198 °C (cono Orton 5). En cada quema, después de enfriar las muestras se tomaron las medidas correspondientes para verificar las mermas.

PRUEBAS FISICOQUÍMICAS Y VIDRIADAS

Se denominan pruebas fisicoquímicas y vidriadas aquellas cuya realización requiere de cierto conocimiento técnico y de equipo especial. Para este estudio se realizaron dos pruebas. La primera fue un análisis de espectrómetro de barrido por rayos X para conocer la composición mineral general de los materiales. La segunda, para obtener un vidriado transparente, brillante y sin defectos que se ajustara óptimamente a cada barro.

PRUEBA DE VIDRIADO

Los vidriados son capas de vidrio fundidas sobre la superficie del cuerpo cerámico, se aplican al cuerpo para hacerlo impermeable, darle mayor resistencia mecánica y resistencia al rayado, además de volverlos inertes químicamente y agradables al tacto y la vista (Singer, 1979: 615).

La manera de preparar la prueba de vidriado consiste en ir añadiendo uno a uno los componentes de la fórmula a una hoja de papel cuyo peso se conoce, de acuerdo con sus porcentajes; primero se añade al peso de la hoja el primer componente con su peso, cerciorándose de que el peso corresponde al peso de la hoja más el peso del primer componente, con el segundo componente se procede igual, luego con el tercero y así, sucesivamente, al terminar de pesar todos los componentes, el total del peso debe ser el total del peso de la fórmula más el peso de la hoja; luego se moltura cada fórmula durante 20 minutos y, posteriormente, se mezcla homogéneamente con agua a partes iguales de materia seca y agua.

La aplicación del vidriado sobre el soporte de muestra comúnmente se hace por inmersión, así se hizo en este trabajo, puede

ser también por vertido o por aspersión; por brochado, por aplicación de polvos a piezas húmedas y a la sal esparcida sobre piezas en el horno en estado incandescente.

El objetivo de esta prueba es ubicar un vidriado transparente, brillante, liso y sin defectos, adaptado óptimamente al cuerpo de los materiales siena y beige. Para dicho fin, el vidriado se preparó de la manera descrita, se aplicó por inmersión breve y otra lenta, en esta última permaneciendo cuatro segundos en la inmersión, para generar, respectivamente, capas fina y gruesa.

Se utilizaron siete recetas de vidriados diferentes, obtenidos en diversas fuentes. Cabe resaltar que la temperatura de sinterización de cada material es diferente. El barro siena sinterizó a 1101 °C y el beige a 1181 °C, por lo tanto, de las siete recetas, sólo dos de ellas se usaron en el siena, mientras que para el beige se ocuparon las siete.

Vidriado aplicado para ambos barros a cono 03 (1101 °C)

Fórmula 1 (960 °C-1000 °C) (Bataller, 1987: 61)	
Arcilla blanca (Sustituida con OM4)	10%
Colemanita calcinada a cono 010 (B ₄ O ₇ Ca)	39%
Nefelita sienita	51%



La arcilla Old Mine 4 de Kentucky Clays conocida como arcilla OM4

Fórmula 2 (960 °C -1000 °C) (Bataller, 1987: 66)	
Arcilla blanca (Sustituida con OM4)	6.7%
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	2.5%
Colemanita calcinada a cono 010 (B ₄ O ₇ Ca)	32.1%
Cuarzo (SiO ₂)	3.0%
Nefelita sienita (K ₂ Na ₂ O ₄ Al ₂ O ₃ 2SiO ₂)	41.6%
Óxido de Zinc (ZnO)	14.1%

Vidriados aplicados sólo al material beige Cono 0 (1143 °C)

Fórmula 3 (Carbonato de magnesio MgCO ₃) (Matthes, 1990: 44)	
Ácido Bórico (B ₂ O ₃)	14.5%
Feldespato potásico (K ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂)	41.3%
Carbonato de sodio (Na ₂ CO ₃ 10H ₂ O)	9.1%
Carbonato de litio (Li ₂ CO ₃)	2.7%
Carbonato de magnesio (MgCO ₃)	1.0%
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	7.4%
Carbonato de bario (BaCO ₃)	2.4%
Óxido de zinc (ZnO)	1.0%
Caolín nacional (Al ₂ O ₃ 2SiO ₂ 2H ₂ O)	4.4%
Sílice (SiO ₂)	15.7%



Fórmula 4 (Talco 3MgO 4SiO ₂ H ₂ O) (Matthes, 1990: 44)	
Ácido Bórico (B ₂ O ₃)	14.6%
Feldespato potásico (K ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂)	41.5%
Carbonato de sodio (Na ₂ CO ₃ 10H ₂ O)	9.2%
Carbonato de litio (Li ₂ CO ₃)	2.7%
Talco (3MgO 4SiO ₂ 2H ₂ O)	1.5%
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	7.4%
Carbonato de bario (BaCO ₃)	2.8%
Óxido de zinc (ZnO)	1.0%
Caolín nacional (Al ₂ O ₃ 2SiO ₂ 2H ₂ O)	4.4%
Sílice (SiO ₂)	14.9%



Cono 4 (1181 °C)

Fórmula 5 (Tony Hansen, Digital fire; 20 x 5)	
Frita 3134	20%
Caolín nacional (Al ₂ O ₃ 2SiO ₂ 2H ₂ O)	20%
Sílice (SiO ₂)	20%
Feldespato potásico (K ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂)	20%
Wollastonita (CaSiO ₃)	20%



Fórmula 6 (Britt, 2014):	
Caolín nacional (Al ₂ O ₃ 2SiO ₂ 2H ₂ O)	7%
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	15%
Carbonato de sodio (Na ₂ CO 10H ₂ O)	0.3%
Feldespató potásico (K ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂)	67.9%
Óxido de zinc (ZnO)	9.9%

Cono 5 (1 205 °C)

Fórmula 7 rebalaceada mediante fórmula Seger sustituyendo bórax por colemanita y de este material el porcentaje de calcio que aporta	
OM4	7.3%
Colemanita (B ₄ O ₇ Ca)	0.7%
Carbonato de bario (BaCO ₃)	5.3%
Feldespató potásico (K ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂)	33.5%
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	12.6%
Carbonato de sodio (Na ₂ CO 10H ₂ O)	0.2%
Óxido de zinc (ZnO)	8.6%
Bentonita (Al ₂ O ₃ 4SiO ₂ 9H ₂ O)	0.8%
Sílice (SiO ₂)	30.4%



Resultados		
Pruebas	Material Beige	Material Siena
Plasticidad		
Aduja	Se realizaron tres pruebas, todas presentaron fracturas.	Se realizó una prueba sin fracturas ni deformaciones.
Revolución	En ambos materiales, al elaborar recipientes, no presentaron ningún problema antes, durante y después del torneado. En cuanto al secado, las piezas mantuvieron la forma y no presentaron fracturas o grietas.	
Desfloculamiento		
Prueba 1	El material se apelmazó, considerándose una tixotropía grumosa.	El material se apelmazó.
Prueba 2	El material se apelmazó, manifestándose una tixotropía grumosa.	Se obtuvo una papilla con buena fluidez, al vaciarse en molde de yeso se formó una pieza que al deshidratarse fracturó.
Prueba 3		El resultado fue una barbotina con suficiente fluidez para crear piezas vaciadas en moldes de yeso.
Merma o pérdidas de peso de seco a sinterizado		
Plástico a Seco	31.9%	21.6%
Seco a Sancocho	17.1%	13.8%
Sancocho a Sinterización	6.2%	0.3%
Merma total	47.2%	32.6%
Encogimiento de secado a sinterizado		
Plástico a Seco	13%	11%
Seco a Sancocho	5.4%	1.1%
Sancocho a Sinterización	3.9%	0.2%
Encogimiento total	21.1%	12.3%
Rayos X		
Se anexan las gráficas de ambos materiales.		
Vidriados		
Fórmula 1 1 101 °C	Brillante, transparente y liso, excepto en los bordes con sensación áspera.	Brillante, transparente, liso, ligeramente blanco y áspero en los bordes, craquelados que no se sienten al tacto.
Fórmula 2 1 101 °C	Uniforme en toda la pieza, brillante, transparente y liso.	Brillante, transparente, liso, uniforme en toda la pieza, craquelados que no se sienten al tacto.

Pruebas	Material Beige	Material Siena
Rayos X		
Se anexan las gráficas de ambos materiales		
Vidriados		
Fórmula 3 1 143 °C	Satinado, transparente, rugoso, con hoyos aguja profundos, ligeramente blancuzco donde se deposita con mayor espesor, craquelado que se siente al tacto y se desprende del cuerpo en fragmentos.	
Fórmula 4 1 143 °C	Satinado, transparente, rugoso, con hoyos aguja profundos, ligeramente blancuzco donde se deposita con mayor espesor, craquelado que se siente al tacto y desprende en fragmentos junto con el cuerpo.	
Fórmula 5 1 181 °C	Satinado, semitransparente, ligeramente liso, con hoyos aguja superficiales, blancuzco donde se deposita con mayor espesor, craquelados que no se sienten al tacto y rugoso en los bordes.	
Fórmula 6 1 181 °C	Satinado, opaco, blanco, liso, con hoyos aguja superficiales, craquelados que no se sienten al tacto, fracturas en el cuerpo.	
Fórmula 7 1 205 °C	Brillante, rugoso, blancuzco donde se deposita con mayor espesor, con hoyos aguja superficiales, craquelados que no se sienten al tacto.	

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Plasticidad material beige y siena

Los resultados de plasticidad para el barro beige, comparándola con lo definido sobre plasticidad, se identifica como material no plástico, al mostrar agrietamientos al formar la aduja.

En cuanto al barro siena, los resultados obtenidos y contrastándolos con lo antes dicho, se determina como una arcilla con buena plasticidad, por no mostrar cuarteaduras y/o rupturas al formar aduja.

Por otra parte, el modelado por revolución se liga a la plasticidad, con ello se prueba lo modelable que es un barro en el torno, se conocen sus capacidades para transformarlo por formado manual, torneados manual y mecánico, compresión, extrusión y probablemente vaciado.

Entre más plástico es un material arcilloso, mejor es su comportamiento al modela-

do y moldeo. Por lo tanto, y de acuerdo con la prueba de la aduja, se determina que el barro beige carece de suficiente plasticidad para estas técnicas, no obstante que los artesanos de la región de Casas Grandes se las arreglan para trabajar con él.

Respecto al barro siena, su comportamiento al trabajarse antes, durante y después del torneado por revolución es excelente al no presentar agrietamientos, fracturas o deformaciones.

Desfloculación material beige

Con base en los resultados obtenidos y de lo mencionado en la literatura, la respuesta del barro beige corresponde al comportamiento de las montmorillonitas, específicamente las bentonitas, como consta en Singer (1979: 127-128), Avgustinik, (1983: 53) y en Bruguera (1986: 137-138).

Dichas características son:

- Posee un grano extremadamente fino, forma suspensiones coloidales con agua con gran tixotropía; es decir, aumenta notablemente su densidad.
- Absorbe gran cantidad de agua y con ello aumenta su volumen hasta 15 veces.
- Al ser montmorillonita, difícilmente fluidifica con desfloculantes.
- Es muy pegajoso y tiene fractura concoidea.

Analizando los resultados, se deduce que el material beige es una bentonita y por ello no desflocula.

Material siena

Conjuntando los resultados de plasticidad, modelabilidad, moldeabilidad, desfloculación y comparándolos con Bruguera identificamos este material como arcilla grasa, al cumplir con las características de trabajabilidad descritas por este autor (1986: 84), las cuales son:

- Tacto graso.
- Abrillanta su superficie al bruñirse con un cuerpo duro y liso.
- Al cortarse con un cuchillo la superficie de la sección queda lustrosa.
- Al mezclarse con agua origina una masa muy plástica, que se adhiere a los objetos que están en contacto con ella.
- Presenta mucho encogimiento durante el secado.
- Por sus partículas finas forma barbotina con buena fluidez.
- No es muy fusible ni tampoco refractario, por lo que debe usarse en un intervalo de temperaturas comprendido entre 1 000 °C y 1 250 °C.

Así mismo, considerando el resultado del espectrómetro de barrido de rayos X, que señala a este material con alto contenido de nontronita y calcita, se corroboró con Avgustinik (1983: 50) que, no obstante pertenecer al grupo de las montmorillonitas, sin ser bentonita, por sustituir alúmina (Al_2O_3) por hierro (Fe_2O_3). En suma, al no ser bentonita, el material siena puede desflocularse y ser sustituido en recetas para barbotinas, tal es el caso de la prueba tres, donde se sustituyó por la arcilla OM4, de venta en comercios de materias cerámicas en México.



Figura 11. Pruebas exitosas de vidriado en material siena.



Figura 12. Pruebas exitosas de vidriado en material beige.

Merma por pérdida de agua y de encogimiento de tamaño

Conocer el porcentaje de reducción o merma por pérdida de agua, permite calcular las proporciones de materia seca y agua necesarios al construir piezas, para evitar incurrir en errores de medidas de tamaño. Por ejemplo, para el barro beige necesitamos 21.1% de tamaño extra, es decir, si se necesita una pieza ya seca de 10 cm, se necesita hacerla de 12.1 cm para que luego de la cochura tenga esa medida.

Así mismo, para el barro siena se necesita aumentar 12% de tamaño extra. Por otra parte, el porcentaje de merma en cada material reafirma lo dicho en el apartado de desfloculación, para cada uno de ellos.

Vidriado

Decimos que tiene lugar la vitrificación cuando una sustancia o algún componente adquiere la consistencia de vidrio. En cerámica un vidriado es aquella superficie transparente que recubre los cuerpos cerámicos. Algunas

de las propiedades deseables para un vidriado según F. Singer (1976: 623) son:

- Fusibilidad
- Viscosidad
- Tensión superficial adecuada
- Reacción con la pasta
- Interacción entre vidriado y pasta
- Homogeneidad
- Suavidad
- Dureza

Los resultados de los ensayos fueron comparados con esas características para su empleo en cada fórmula utilizada. Conjugando los resultados de los vidriados en ambos materiales deducimos que todas las pruebas fallaron excepto la fórmula 2 de vidriado. Analizando dichos resultados y contrastándolos con Bruguera (1986: 185-207) y con Singer (1976: 644-652), encontramos como falla principal en todos los vidriados, la diferencia de coeficientes de expansión entre los barros y los vidriados.

Cuando vidriado y pasta se fusionan bien forman un único elemento, el cambio en alguno de ellos provoca defectos en la pieza. Por lo que, si el coeficiente de expansión del vidriado es mayor al de la pasta, el vidriado se contrae más y queda en tensión. Esto ocasiona que se rompa en grietas finas e irregulares, conocido como craquelado. En caso contrario, si el coeficiente de expansión del vidriado es menor al del cuerpo, el vidriado frío queda bajo compresión y pueden saltar fragmentos de él, esto se conoce como descascarillado, desconchado, descortezado o saltado.

Debido a lo anterior, se determina el comportamiento de los vidriados en:

Fórmula 1. Para ambos materiales, el vidriado tiene buen resultado, presenta craquelados pequeños, que pueden ajustarse rebalanceando la fórmula.

Fórmula 2. El resultado considerado "el mejor", presenta craquelados sólo en el barro siena, lo cual puede ajustarse rebalanceando la fórmula.

Fórmulas 3 y 4. En las aplicaciones sólo para el barro beige se presentó que el coeficiente de expansión del vidriado es demasiado pequeño en comparación con la pasta, lo que ocasionó descascarillado.



Figura 13. Vidriado.

llado, debilitamiento y fractura del cuerpo, mostrando incompatibilidad entre cuerpo y vidriado.

Fórmulas 5 y 6. Estas pruebas realizadas sólo en el material beige son ejemplo de que el coeficiente de expansión de la pasta es menor que del vidriado, provocando al contraerse craquelado notorio al tacto, además de posible falta de fusión del vidriado, mostrando, además, que cuerpo y vidriado no son compatibles.

Fórmula 7. Presentó otra deformación en el vidriado, corresponde a la llamada "piel de naranja", superficie irregular en el esmalte, con grumos y zonas con menos esmalte. Las posibles causas que afectaron el vidriado, fueron que el soporte tiene una granulometría muy fina, o bien, la presencia de bolsas de aire en el mismo soporte o en el esmalte por su preparación incorrecta o por contener compuestos que desprenden gases, según Bruguera (1986: 200-202). Cabe resaltar que este vidriado se ha ocupado con muy buenos resultados en una pasta que sinteriza a cono Orton 5 (1 198 °C), pero no es apto para ese soporte.

CONCLUSIÓN

Una vez recopilados y analizados los datos arrojados por este estudio concluimos que el material beige, al ser bentonita, por sí solo no sirve para fabricar cerámica utilitaria, necesita de otros componentes que mejoren sus propiedades.

El material siena, a diferencia del beige, sirve para producir cerámica utilitaria de media temperatura (1 100 °C), o bien, al mezclarse con otros componentes, podría llegar a temperaturas más altas y mejorar las características enunciadas.

Pese a lo anterior, sorprende la creatividad y destreza con que los alfareros de Nuevo Casas Grandes han sabido trabajar y explotar ambos materiales.

RECOMENDACIONES

Éste fue un estudio básico de estos materiales, se sugiere seguir investigándolos mejorando los detalles del apartado de vidriados; en específico, perfeccionar las fórmulas que se adaptaron mejor al cuerpo como la fórmula 2. Así mismo, es sumamente importante efectuar pruebas de decorado bajo vidriado para incorporar y dar continuidad a la espectacular iconografía característica de la cerámica de Paquimé. Sabiendo qué tipos de materiales son, se recomienda experimentar al sustituirlos en otras fórmulas cerámicas, para generar ya sea pastas o vidriados.

FUENTES CONSULTADAS

Avgustinik, A. I. (1983). *Cerámica*. Barcelona: Reverté, S. A.

Bataller, C. (1987). *Vidriados crudos de baja temperatura sin plomo*. Barcelona: Omega.

Britt, John (2014). *Complete Guide to Mid-Range Glazes: Glazing and Firing at Cones 4-7*. Estados Unidos: A Larke ceramics books.

Bruguera, Jordi (1986). *Manual práctico de cerámica*. Barcelona: Omega.

Hald, Peter (1977). *Técnica de la Cerámica*. Barcelona: Omega.

Hernández, Julián A. (2013). "La nueva cerámica de Paquimé en el noroeste de Chihuahua". *Espacio Diseño*, (218-219). México: UAM-X.

Matthes, Wolf E. (1990). *Vidriados cerámicos, Fundamentos, propiedades, recetas, métodos*. Barcelona: Omega.

Rado, Paul (1990). *Introducción a la tecnología de la cerámica*. Barcelona: Omega.

Singer, Felix y S. S. Singer (1979). *Enciclopedia de la química industrial*, t. 9, *Cerámica industrial I*. Bilbao: Urmo.

Referencias electrónicas

INHA (2011). *Centro INHA, Chihuahua, Paquimé*, Secretaría de Cultura. México. En <https://inahchihuahua.wordpress.com/zona-arqueologica-paquime/>.

México desconocido (2010). "El arte decorativo en la cerámica de Casas Grandes (Chihuahua)". *México desconocido*. México. En www.mexicodesconocido.com.mx/el-arte-decorativo-en-la-ceramica-casas-grandes-chihuahua.html.

México desconocido (2010). *Paquimé, la ciudad de las guacamayas*. México. En www.mexicodesconocido.com.mx/paquime-la-ciudad-de-las-guacamayas.html.

Santos, Prun (2016). "La nueva cerámica de Paquimé, un arte de Chihuahua que renace". *México desconocido*. México. En www.mexicodesconocido.com.mx/nueva-ceramica-paquime-artesania-chihuahua.html.

ANEXO. GRÁFICAS DE RAYOS X

