



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ARTES PLASTICAS

INVESTIGACION EXPERIMENTAL DEL COLOR EN
TRES BARROS MEXICANOS.

MUESTRARIO BASICO DE BARROS, OXIDOS,
PIGMENTOS Y ENGOBES

T E S I S P R O F E S I O N A L

elaborada para obtener el título de
LICENCIADO EN ARTES VISUALES

P r e s e n t a n

Gabriela Bribiesca Azuara
Sergio Luis Carrillo Escobar
Soledad Hernández Silva
Astrid Rochol Heinecke



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A D V E R T E N C I A

Esta tesis es un trabajo en equipo de cuatro estudiantes de la licenciatura en artes visuales (generación 79-83). Todos coincidimos en el interés por la escultura en cerámica y tuvimos un desarrollo similar en nuestro aprendizaje. A continuación referimos nuestra experiencia en el taller de escultura en barro de la Escuela Nacional de Artes Plásticas (UNAM).

Tenemos muchas carencias que enumeramos porque han determinado el proceso y los resultados de esta tesis: no existe en el taller báscula, batidora, tornos, tornetas, balanza de precisión, extractor de aire, mascarillas, mallas, coladores, horno de pruebas, secadoras, mezcladora de barros, molino de bolas, amasadora, cámara de esmaltado, compresora ni acervo bibliográfico. Algunos de estos materiales los hemos tratado de suplir en lo posible.

Por otra parte, en la segunda etapa de nuestro trabajo, la coloración y quema de la obra, comienzan las limitaciones tecnológicas más serias, ya que en las ciudades estamos constreñidos a los hornos eléctricos o a gas, que son de costosa construcción. Desde que nosotros entramos al taller de la ENAP en 1982, hasta marzo de 1985, hemos tenido una experiencia muy pobre de quemar cerámica. Completamos nuestra formación alquilando eventualmente hornos particulares. Esta situación tiene varios inconvenientes: por un lado, hay que trasladar las esculturas crudas -que son sumamente frágiles- al lugar a donde van a ser cocidas; por otro lado, el alquiler de la cocción es alto en talleres pequeños y las fábricas difícilmente aceptan quemar esculturas por miedo a que por estar mal construidas pudieran estallar y dañar la producción.

El horno a gas que usamos ahora en la ENAP comenzó a funcionar este año (1985) por el esfuerzo administrativo del maestro Gerardo Portillo, a quien tocó la difícil tarea de deshacer y rehacer la estructura de un horno mal construido durante la administración anterior.

Por las razones que hemos expuesto, en el taller no ha existido hasta ahora un muestrario de color, aunque sí un - recetario básico. El muestrario es un requisito indispensable porque, como se sabe, el color cerámico varía mucho de su estado en crudo al resultado cocido. Esta investigación, que ha tratado de rellenar aquel hueco, podría parecer - trivial si no se la entiende como un resultado de las limitaciones tecnológicas que vivimos en la Escuela Nacional de Artes PLásticas. En realidad, la deficiencia más grande - en nuestra formación no es tanto el desconocimiento técnico del color cerámico como la falta de experiencia para integrarlo a la escultura como un elemento inherente a la - forma.

El primer medio año de los dieciocho meses que llevamos trabajando en esta tesis se nos fue en investigar - materiales, precios y métodos de construcción para un horno de pruebas que pertenecería al taller y en el que podríamos llevar a cabo nuestro trabajo. Este instrumento es un requisito común aun en los talleres de enseñanza básica. Ante - la limitación de recursos económicos de nuestra institución nos vimos obligados a dejar el proyecto; esta carencia nos - forzó a suprimir el capítulo de vidriados del muestrario, ya que este tipo de recubrimientos requiere de mucha precisión en cuanto a temperatura y tipo de atmósfera, y por lo tanto de pruebas que tardarían mucho tiempo en hacerse sin un - horno pequeño y económico en cuanto a combustible y horas de cocción en el cuál probar diferentes composiciones minerales a varias temperaturas. Hay que recordar que en cerámica las variaciones de temperatura y tipo de atmósfera producida por los distintos combustibles inciden en la coloración.

Sólo una quema de las que requirió el muestrario se - realizó en el horno de la ENAP; las otras ocho fueron anteriores y se realizaron en los hornos que circunstancialmente íbamos consiguiendo. Esta situación retrasó todo el proceso de trabajo y modificó nuestros planes iniciales de investigar acerca del color en diferentes temperaturas. En - lugar de ello resultó una comparación del color producido por diferentes tipos de atmósferas (oxidante, reductora y semirreductora).

Por último queremos hacer notar que no hay bibliografía mexicana sobre técnica cerámica; los libros europeos, argentinos o norteamericanos ayudan bastante, pero hasta ciertos límites, ya que en cada país los materiales y la tecnología son específicos. Además, hay una gran escasez de bibliografía acerca del engobe a nivel mundial. Esto contrasta con la amplísima información que hay acerca de los vidriados, - que constituyen una técnica de coloración que se ha desarrollado mucho en los últimos años debido a sus ventajas para la industria.

El resultado que presentamos es un muestrario de color obtenido con tres barros, con óxidos, pigmentos y engobes - quemados en diferentes atmósferas.

INDICE

INTRODUCCION	1
I. EL DESARROLLO HISTORICO DE LA CERAMICA	2
1.1 El Inicio del Uso del Barro	2
1.2 El Desarrollo del Horno Cerámico	5
1.3 Técnicas de Decoración en América Precolombina	8
a) Texturas	8
b) Colorantes y Pigmentos	9
1.4 Los Recubrimientos como Búsqueda de la Impermeabilidad	10
1.4.1 El Uso de Engobes en Diferentes Culturas	11
a) Culturas Prehispánicas	11
b) El Mundo Antiguo	14
1.5 La Escultura en Cerámica	17
a) China	17
b) Grecia	17
c) Los Etruscos	18
d) Renacimiento Italiano	18
e) América Precolombina	19
f) México Colonial	22
1.5.1 Algunas Teorías sobre el Color en la Escultura	23
1.5.2 Panorama Actual de la Escultura en Cerámica en México	25
II. EL COLOR NATURAL EN TRES BARROS MEXICANOS ZACATECAS, TONALA Y OAXACA	28
2.1 Propiedades Generales del Barro	28
2.2 Análisis Físico y Químico de tres Barros	31
Barro de Zacatecas	32
Barro de Tonalá	32
Barro de Oaxaca	33

2.3	Atmósfera oxidante y Atmósfera reductora	36
2.4	El Color natural de tres Barros y sus Mezclas	42
III.	LOS COLORANTES CERAMICOS	46
3.1	Los Oxidos metálicos (puros)	47
	a) Oxido de Antimonio	47
	b) Oxido de Cromo	48
	c) Oxido de Cobre	48
	d) Oxido de Cobalto	48
	e) Oxido de Fierro	49
	f) Oxido de Manganeso	50
	g) Oxido de Níquel	50
	h) Oxido de Titanio	51
3.2	Los Oxidos Colorantes puros aplicados con Agua y con distintas Clases de Agente Fijador en diferentes Atmósferas	52
3.2.1	Con Agua	52
3.2.2	Con Agente Fijador (Goma Arábica)	54
3.2.3	Con Agente Fijador (Base Plúmbica Mixta)	55
3.2.4	Con Bórax y con Frita de Plomo como Agentes Fijadores	58
	a) Bórax (Acido Bórico o Anhídrido Bórico B_2O_3)	58
	b) Frita de Plomo	59
3.3	Oxido sobre Oxido	59
3.3.1	Oxido sobre Oxido aplicados con Goma Arábica	60
3.3.2	Oxido sobre Oxido aplicados con BPM	61
3.4	Conclusiones	61
IV.	ENGOBES	63
4.1	Diferencia entre Engobe y Vidriado	63
4.2	Los tres Grupos de Oxidos que intervienen en los Recubrimientos	64

4.3	Proporción de los Oxidos en Vidriados y Engobes	73
4.4	Composición de los Engobes de acuerdo a las Necesidades de Aplicación	75
4.5	Preparación y Aplicación del Engobe	77
4.6	Recetario	78
4.6.1	Engobes conseguidos mediante la Adición de Oxidos Colorantes a una Arcilla	78
4.6.2	Engobes hechos a Base de Arcilla, un Fundente y Oxidos Colorantes	79
4.6.3	Engobes 17 a 23	81
4.6.4	Engobes conseguidos con una Mezcla de Arcilla, Sílice, Talco y Minio	82
4.6.5	Variantes de Color realizadas a partir de diez Engobes del Muestrario	85
4.7	Engobes con Pigmentos "G" como Colorantes	88
4.8	Conclusiones	97
V.	CONCLUSIONES GENERALES	99
	BIBLIOGRAFIA	101
	CITAS	104
	GLOSARIO	113
	METODO PARA CONVERTIR UNA RECETA EN FORMULA UNITARIA	116
	METODO PARA CONVERTIR UNA FORMULA UNITARIA EN RECETA	119
	TABLAS	
	ANALISIS QUIMICO	35
	PROPIEDADES FISICAS DE LOS TRES BARROS	42
	EL COLOR NATURAL EN TRES BARROS A TRES TEMPERATURAS EN ATMOSFERA OXIDANTE	44

EL COLOR NATURAL EN TRES BARROS QUEMADOS A DOS ATMOSFERAS	45
TABLA DE OXIDOS APLICADOS CON AGUA Y LIJADOS EN DIFERENTES ATMOSFERAS	53
TABLA DE OXIDOS CON BASE PLUMBICA MIXTA	57
TABLA DE RESULTADOS DE OXIDO SOBRE OXIDO FIJADOS CON GOMA ARABIGA	60
RANGO DE TEMPERATURA DE LOS PRINCIPALES OXIDOS	70
VARIANTES DE COLOR EN 7 ENGOBES QUEMADOS EN TRES ATMOSFERAS	91
COMPARACION DE ENGOBES CON DIFERENTES BARROS DE BASE	94
VARIANTES DE COLOR DE ENGOBE SOBRE ENGOBE	95
PESOS MOLECULARES DE LOS PRINCIPALES MINERALES USADOS EN CERAMICA	121
NUMEROS DE LOS CONOS ORTON Y SU TEMPERATURA	123

INTRODUCCION

Por naturaleza la escultura posee un color conformado por sus materiales que la componen, el cual puede ser alterado o cubierto por la aplicación de otro componente. En la escultura en barro tenemos la posibilidad de coloración sin recurrir a materiales ajenos a su composición, como en el caso del engobe.

El color de los materiales cerámicos como, óxidos, pigmentos, engobes y esmaltes, varía con el proceso de cocción. De ahí la necesidad de un muestrario que sirva como guía en la obtención de colores cerámicos en la escultura, la elaboración de ese muestrario es precisamente el propósito de esta tesis.

El primer capítulo trata el desarrollo histórico de la cerámica desde el período Neolítico hasta el Contemporáneo, con un énfasis especial en el color cerámico.

El segundo capítulo es una investigación sobre los tres barro más usados en el taller de cerámica de la ENAP, con el objeto de elaborar un muestrario de color, plasticidad y resistencia al calor, de esos barro y sus combinaciones.

En el tercer capítulo presentamos un muestrario de óxidos metálicos y pigmentos cerámicos aplicados sobre el barro, con el interés de mostrar su colorido mineral natural.

En el cuarto capítulo desarrollamos un estudio sobre engobes, del que obtuvimos un muestrario con la intención de facilitar la aplicación de los diferentes matices de colores en la escultura.

Esperamos que estas investigaciones sean de utilidad para las posteriores generaciones de estudiantes que laboren en el taller de cerámica de la ENAP.

I. EL DESARROLLO HISTORICO DE LA CERAMICA

En este capítulo se plantea el marco histórico de nuestro estudio. Presentamos a grandes rasgos el desarrollo de la cerámica y de la escultura en barro desde tiempos remotos hasta nuestros días.

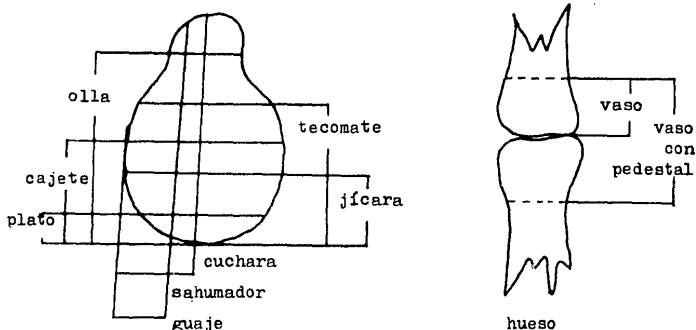
1.1 El Inicio del Uso del Barro

Durante la "Revolución Neolítica" 1) se inició la alfarería en gran escala a consecuencia de la economía productora de alimentos, como medio para prepararlos y almacenarlos. No obstante el descubrimiento de las cualidades esenciales del barro 2); su plasticidad en húmedo y resistencia en cocido, proceden del Paleolítico. Existen figurillas de ese tiempo, algunas cocidas, que eran símbolos de fertilidad, otras zoomorfas de carácter mágico. En base a los restos arqueológicos de Kenia, el antecedente de las ollas es una cesta cubierta de barro que quizá tenía el propósito de contener agua. El hombre del Paleolítico comenzó a fabricar vasijas partiendo de recipientes naturales endurecidos en un principio únicamente por el sol.

El uso del barro permitió al hombre liberarse de la rigidez de los materiales que había empleado hasta entonces para trabajar objetos (madera, hueso y piedra). "El carácter constructivo del arte de la alfarería activó a su vez el pensamiento humano: la fabricación de una vasija era el ejemplo máximo de creación por parte del hombre" 3).

Inicialmente la alfarería fue una reproducción de moldes naturales; éstos fueron tan importantes en el desarrollo de la cerámica, que Holmes llega a elaborar una teoría en la cual la cerámica mesoamericana tuvo su origen en los runjes,

tujes o calabazos y huesos, según los siguientes esquemas: 4)



Poco a poco los moldes naturales se usaron solamente como base de la cual partir, sobre la que se seguía construyendo una vasija con anillos de arcilla unidos (Neolítico) 5).

Paulatinamente los pueblos neolíticos liberaron su creatividad de la imitación. El avance técnico que marca una nueva etapa fue la introducción de la rueda en la cerámica... "La fabricación de vasijas fue la primera industria mecanizada, - la primera en aplicar la rueda a la maquinaria manufacturera" 6). El instrumento más antiguo que se conoce data de -- 3000 p.C. en Mesopotamia. En algunos lugares la rueda alfarera fue anterior a la rueda de los carros (Egipto), en otros simultánea (Cercano Oriente e India) y en otros posterior -- (Creta y Europa). En América Precolombina no se conoció el torno, sin embargo, para dar los acabados o pintar, se colocaba el cacharro sobre una madera o piedra que se giraba con la mano.

El arte de la alfarería es una de las manifestaciones culturales que se ha desarrollado independientemente en casi todos los pueblos: en el mundo antiguo mesoriental (Egipto -

Mesopotamia - India), en las distintas culturas precolombianas, en China, en las culturas africanas, en Europa.

Originalmente la alfarería fue considerada como labor doméstica desempeñada únicamente por la mujer, posteriormente se vuelve un oficio que cobra mayor importancia, donde el hombre interviene y se convierte en el artesano por excelencia.

El perfeccionamiento de la técnica de la cerámica llevó consigo una especialización del trabajo que requirió el tiempo completo de varios miembros de la comunidad que eran mantenidos gracias al excedente agrícola. La preparación del barro llegó a adquirir una importancia tal que las experiencias se transmitían por generaciones. En el caso de los esmaltes, por ejemplo, se guardaban las recetas en secreto de familia.

El uso del barro para la alfarería y otros fines es un hecho sobre cuya importancia para el desarrollo de la técnica y de la ciencia no se ha hecho el suficiente énfasis. Además de la construcción de recipientes para alimentos, la arcilla tuvo una importancia primordial en el mundo antiguo, como material capaz de preservar la memoria de los acontecimientos. La escritura sobre tablillas se desarrolló ampliamente en Mesopotamia, en un principio como anotación numérica necesaria para contabilizar los tributos al dios de cada ciudad, administrados por los sacerdotes (antes del año 3000 a.C.) 7).

Ya desde el Neolítico el barro se usó para hacer moldes. Se sabe que 3000 a.C. se empleó en Mesopotamia el método de la cera perdida 8) para construir moldes de dos piezas, recubriendo con barro un objeto modelado en cera se-

gún la forma que se deseaba conseguir en metal y cociendo - todo junto para que la cera se derritiera 9). Con este método se obtenía un registro permanente de un objeto.

Como última aplicación queremos mencionar el ladrillo -- (mezcla de barro y paja presionada dentro de moldes de madera y secada al sol), cuyo origen anterior al 3000 a.C. en -- Siria y Mesopotamia posibilita el desarrollo de la arquitectura y facilita la aplicación de las matemáticas a la geometría 10).

1.2 El Desarrollo del Horno Cerámico

Quizá el hombre paleolítico descubrió la transformación del barro con el fuego, observando el endurecimiento que adquiría la tierra sobre la que se asentaban las fogatas. De ahí comienza a desarrollar sus primeras pruebas de cocción.

La cocción de vasijas más primitiva que se conoce se practica aún en regiones remotas (incluso en México). Consiste en envolverlas con zacate, estiércol o leña y quemarlas a la intemperie hasta conseguir el rojo vivo de la arcilla. La temperatura alcanzada con este método difícilmente llega a los 800°c ya que el calor escapa a cielo abierto. Se supone que la cocción de la prehistoria era similar.

Algunos autores sitúan a los hornos más antiguos cerca del año 8000 a.C. 11), otros aseguran que su desarrollo es muy posterior 12) ya que no hay vestigios de ellos en las comunidades neolíticas primitivas.

El primer paso en el desarrollo de los hornos fue la excavación de un pozo de alrededor de 20 pulgadas de profundidad en el cual se apilaban las piezas de cerámica y se quemaban con los mismos principios que las piras al aire libre. -

El interior de las vasijas y de las paredes del pozo de que-
 ma se llenaba de combustible (leña, varas, hojarasca, estiér-
 col seco o paja). Encima de la cerámica se colocaban tepalca-
 tes que servían para retener el calor; durante las dos prime-
 ras horas las piezas perdían humedad lentamente, pero des-
 pués se formaban ascuas y se seguía introduciendo combusti-
 ble hasta que el barro alcanzaba el rojo vivo. En este momen-
 to se tapaba el pozo con hojarasca húmeda, zacate o ceniza,
 para ir apagando la fogata poco a poco a fin de evitar rotu-
 ras en las ollas causadas por los cambios bruscos de tempera-
 tura. Con este método no se alcanzaba más de los 300° c (3).
 Sus ventajas consisten en que no requiere una estructura fi-
 ja y por lo tanto puede hacerse en cualquier lugar y con -
 cualquier combustible disponible. Una mejora simple pero muy
 efectiva fue la construcción de agujeros en el piso del pozo
 para que penetrara el aire y así hacer avivar el fuego.

Un siguiente paso en la evolución de los hornos fue la -
 pared de barro o ladrillos levantada para retener el calor,
 y un agujero en su parte interior para alimentar el fuego. -
 Las paredes de barro conservan y reflejan el calor de los po-
 zos de este tipo.

Posteriormente aparecieron en Egipto y Mesopotamia los prime-
 ros hornos con las tres estructuras básicas que funcionan -
 hoy en día: la cámara para el combustible, la cámara para la
 cerámica y el tiro. Estos hornos de forma cilíndrica poseen
 un túnel de alimentación por combustible en la parte baja y
 algunas columnas para colocar una plataforma de losas de ba-
 rro que sirven para sostener la cerámica y mantenerla separa-
 da del fuego directo. El calor y los gases suben a la cámara
 alta por los orificios hechos en la plataforma. La estiba se
 hacía en la parte superior del cilindro que viene a ser el -
 tiro que se cubría total o parcialmente con tepalcates para
 lograr la retención del calor. Muchas veces se apilaba tie-
 rra sobre las paredes exteriores para retener el calor, en

ocasiones se construían estos hornos en contra de una colina para aprovechar las corrientes de aire.

Estos hornos de estructura fija con los se llegaba a alcanzar temperaturas hasta de 1000° c permitieron iniciar un control sobre la atmósfera 14) de la cocción. En los pozos de quema la atmósfera era siempre humeante por la falta de circulación del aire y por esa razón la cerámica salía de color irregular, con flamazos negros.

El tipo de combustible era determinante para el ritmo de la cocción: el estiércol por ejemplo, era muy usual por que mantenía las ascuas encendidas durante mucho tiempo, con lo que se evitaban los cambios bruscos de temperatura que podrían dañar la cerámica. La paja se consume muy rápido y provoca una alza violenta de temperatura, sin embargo la leña tarda en consumirse y mantiene una temperatura más o menos constante. La hojarasca húmeda se usaba para rebajar la temperatura.

Los pueblos precolombinos utilizaron tanto los hornos de críticos de la época paleolítica, como los de adobe que alcanzaban temperaturas de los 900° c. Quemaron su cerámica en estructuras muy similares al temazcalli (baño de vapor) 15). Los peruanos antiguos manejaron la atmósfera de los hornos con gran conocimiento y pudieron conseguir gran variedad de colores.

A partir de la estructura del horno anteriormente descrito, el desarrollo de mejoras e innovaciones permitieron avanzar en el control de la temperatura. En las zonas áridas el combustible provocaba colores rojos y cafés en la cerámica; los espinos del mediterráneo daban verdes, rosas y ocres, mientras que los combustibles de zonas templadas producían una atmósfera humeante y por lo tanto colores negros 16).

1.3 Técnicas de Decoración en América Precolombina

La alfarería de América Precolombina conoció técnicas de decoración y elaboración que se dieron también en otras partes del mundo. Los métodos más primitivos de ornamentación fueron la impresión de los dedos, el raspado de la superficie, esgrafiado, grabado, tallado, relieve, ranuras, muescas, estrías, punteo, perforación, presión, punzado, pulimento con la mano mojada o en seco con un implemento (tepalcate, concha, hueso, etc.) 17). Estas técnicas se aplicaban antes de la cocción y las relativas al color se podían hacer antes o después.

a) Texturas

Las civilizaciones mesoamericanas más antiguas ya utilizaban la producción de texturas por medio de sellos (flatilco, La Venta, Los Remedios). Como símbolo sagrado que eran, transmitían parte de su carácter a la arcilla, dándole una idea de tabú al objeto sobre el que se imprimía y que tenía que ver con la noción de propiedad.

Después de la Conquista se restringió su uso a las marcas de fábricas y a la identificación de algunos lugares. Esta técnica consiste en grabar por medio de la presión ejercitada con un objeto, generalmente un cilindro de barro cocido, sobre una superficie de barro crudo; servían para la producción en serie de objetos decorativos 18).

La decoración grabada se lleva a cabo dibujando con un objeto punzante sobre el barro fresco. Cuando se dibuja sobre el barro cocido se habla de esgrafiado.

La técnica de incrustaciones consiste en colocar en la superficie aún fresca del objeto materiales decorativos que resisten la temperatura de la cocción.

El pastillaje consiste en agregados de tiras o cuerdas de barro cuando éste todavía está húmedo, para la ornamentación de vasijas o de esculturas.

b) Colorantes y Pigmentos

Este apartado trata de colorantes y pigmentos 19) de origen vegetal, animal y mineral, que se aplicaban en frío sobre la pieza cocida, utilizados en Mesoamérica. Para lograr el amarillo usaron un parásito de ciertos árboles tropicales llamado zacatlascal, para el rojo recurrían a la grana obtenida de la cochinilla del nopal de tuna roja. Entre los colorantes vegetales obtenían el negro de tlacayac o carbón de pino molido finamente; el rojo de una pasta hecha a base de semillas de achiote; el amarillo de la savia de la amapola espinosa; el azul del índigo; el azul turquesa de las hojas de índigo mezcladas con alumbre ($AlSO_4$). Los colores más usuales son los minerales que son de mayor permanencia en la cerámica. De ellos se utilizaron diferentes tierras ricas en óxidos metálicos. Para el blanco recurrían quizá al caolín 20) y a la chimaltiza, piedra blancuzca con la que fabricaban la vintura blanca y un yeso; el negro lo obtenían de la pizarra molida, el amarillo de una tierra nombrada tecozahuitl, el ocre del ocrillo; los rojos, caobas y violáceos del almagre de barro ricos en óxido de hierro. Obtenían además otros matices de la combinación de estos minerales. Se preparaban moliendolos muy finamente con aceite de chía, con una especie de yeso o con alumbre. Los mayas consiguieron un azul muy característico que ha perdurado hasta nuestros días; algunos de estos materiales y los métodos de prepararlos de los antiguos aún se usan en algunas partes de nuestro país, como Macuapaque y Tonala (Jalisco), Coyotenec (Oaxaca) y Amatenango (Chiapas), entre otros. Además del uso de colorantes y pigmentos obtuvieron ciertos colores de la atmósfera reductora, como el negro típico de la cerámica de la región zapoteca.

1.4 Los Recubrimientos como Búsqueda de la Impermeabilidad

La coloración de la cerámica no solo fue una curiosidad estética, ya que también obedecía a la necesidad de un recubrimiento que superara las deficiencias de la arcilla quemada a baja temperatura, es decir, su porosidad y carácter quebradizo. Una manera muy antigua de lograr una mayor impermeabilidad era cerrar su poro mediante el pulimento paciente, que se hace permanente con la cocción. Un hecho que muestra cuanto se valoraba esta técnica es la herencia de los pulidores en Jalisco de padres a hijos 21). Otro método es cubrir la vasija con un engobe, que es un recubrimiento cerámico hecho, en una primera etapa, con un tipo de barro muy fino, que por su contenido natural de óxidos metálicos daba color.

La decoración policroma se hacía generalmente sobre un engobe blanco aplicado encima engobes café, negro, ocre y rojo, o bien otras combinaciones; blanco sobre fondo rojo. Muchas veces el color se ponía sobre piezas cocidas y pulidas y se sujetaba a una doble cocción. Cuando se pulía la pieza antes de aplicar el color resultaba en poca adherencia de éste, -- por esta razón muchos engobes se han perdido. Los mejores -- ejemplos de cerámica policroma datan del postclásico, del -- complejo cultural Mixteco-Puebla. Cholula fue el centro alfarero más importante durante el postclásico. Era muy común la decoración policroma sobre estuco. Con engobes consiguieron el negro, púrpura, ocre, blanco, naranja, rojizos y el café, con temperaturas entre los 900° c y 1000° c 22).

La decoración negativa, llamada también de la cera perdida, consistía en cubrir con cera o resina el recipiente antes de meterlo al horno y luego raspar zonas para lograr diferentes calidades. También se cubría con cera ciertas áreas y otras se pintaban con engobes. Esta técnica se conoció desde el preclásico superior en Cuicuilco y Ticomán, y en los inicios de la época teotihuacana.

La decoración cloisonné o celular, llamada también alveolado, se realizaba pintando una pieza con engobe y luego levantando en ciertas zonas algún colorante después de cocida la cerámica o dejando simplemente el color del barro. Fue usual en Teotihuacán, Cholula, Jalisco y Costa Rica.

(Gustav Weiss 23) habla de tres fases en el desarrollo de la cerámica para conseguir color, impermeabilidad y brillantez. Los tres pasos son una abstracción, no siguen un desarrollo cronológico en todas las culturas, pero son muy útiles para el entendimiento del proceso. El primero consiste en aplicar un engobe a una pieza terminada y después pulirla. Al parecer, uno de los vestigios más antiguos de engobes data del 7000 a. C. en Catal Höyue, Anatolia. Se trata de una vasija cubierta con engobes ocre y rojo bruñidos 24). La segunda etapa consiste en la aplicación de un barro con propiedades especiales llamado "illítico" debido a su contenido del mineral llamado "illit", rico en álcalis. Este barro illítico se debe lavar varias veces para lograr un buen engobe. En el secado los cristales del illit suben a la superficie y forman una especie de película densa y brillante después de la cocción. Este tipo de barro fue utilizado por los alfareros de Halaf (Mesopotamia) y Kamares (cultura de origen cretense) alrededor del 5000 a. C. 25), aunque también era conocido en las culturas mesoamericanas. El tercer paso es el descubrimiento del vidriado 26) - que se remota al 2000 o 1000 a.C. en Mesopotamia y Egipto 27).

1.4.1 El Uso de Engobes en Diferentes Culturas

a) Culturas Prehispánicas

Los engobes con o sin pulido han sido utilizados como métodos de decoración policroma por la mayoría de los pueblos, pero fueron los precolombinos quienes llevaron su uso a la perfección. Especialmente en Perú las culturas Nazca y Moche lograron extraordinarios resultados con engobes de un brillo suave.

La cultura Paracas decoraba sus vasijas en frío con resinas y posteriormente con engobes. Fueron precursores de la cultura Nazca (0-800 d.C.) que desarrolló once diferentes tipos de engobes de gran perfección, más que cualquier otro pueblo precolombino. Su paleta estaba constituida por el blanco, blanco amarillento, rojos, castaño-oscuro, castaño-rojizo, castaño-violáceo, ocre, verdoso, gris-pizarra y amarillos. Practicaban una cocción oxidante a 900° c (28). El color del barro de base era cremoso y los engobes pulidos, en ocasiones colocaban uno sobre otro y perfilaban con negro sus dibujos.

En Mesoamérica se encuentra una gran variedad de cerámica. La cultura más antigua es la teotihuacana, que tenía una técnica de decoración muy especial para las vasijas, recipientes cilíndricos de piso plano sobre tres pies, vasos con soportes anulares, trípodas, incensarios y ollas son de un barro rico en hierro, pulido y quemado en atmósfera reductora. Después de la quema que producía un color negro, se les esfraldaba dibujos en su mayoría geométricos, quitando en ocasiones grandes partes de la superficie (técnica del campo levantado, champlevé). En los huecos a veces se introducía bermellón. Otra técnica común consistía en cubrir las piezas de estuco, una vez quemadas, para decorarlas en frío con pinturas minerales o vegetales mezcladas con miel.

La cerámica maya del antiguo imperio (época Izacol 300-600 d.C.) presenta objetos pintados con engobe negro y dibujos esgrafitados. Se han encontrado vasos adornados al fresco con personajes y jeroglíficos en suaves tonalidades de azul, rosa y amarillo.

En el período Tepeu (600-900 d.C.) se produjeron vasos - -

cilíndricos policromados con colores blanco y negro sobre fondo naranja. En este período surge también la típica cerámica anaranjada de la cultura maya, la que quemaban en atmósfera oxidante. El negro lo obtuvieron a base de tierras ricas en manganeso. Pintaban las piezas con engobes muy finos de colores blanco, negro y sus mezclas de gris. Después de cocidas se les aplicaba una capa delgada de un color vegetal rojo, con lo que resultaba en varios matices de naranja, o con una pintura azul, que posiblemente se obtenía de turquesa finamente molida. A estos colores mate se les daba un acabado final con resina 23).

En el siglo X d.C. los toltecas penetraron al territorio maya y establecieron su régimen en Chichen Itzá. Bajo su influencia la cultura maya tuvo un nuevo florecimiento. Además de la cerámica anaranjada se producía la llamada plumbate en grandes cantidades y se exportaba a todo Mesoamérica (se ha encontrado desde Panamá hasta Nayarit). El Plumbate corresponde a la segunda fase en el desarrollo de la impermeabilidad y brillantez en la cerámica, ya que se trata de un engobe brillante: es de gran dureza y tiene una iridiscencia metálica, su color varía según la temperatura de cocción, del verde oliva al azul plomizo, rojo anaranjado o gris oscuro. La cerámica plumbate está cubierta de dos capas de engobes 30), la primera más clara y blanda y la segunda más oscura y dura. Tiene un gran contenido de óxido de hierro que actúa en la cocción de 350° c como fundente que cierra la superficie quedando después como un esmalte muy duro. Es posible que además de la propia naturaleza del engobe, el brillo se deba al excesivo pulimento 31).

b) El Mundo Antiruo

En el antiguo Medio Oriente se desarrolló la técnica del engobe brillante desde el V milenio a.C.. La cultura mesopotámica de Halaf (5000-4500 a.C.) trabajaba una cerámica fina, policromada y brillante que se exportaba hasta Anatolia. Los alfareros de Halaf lavaban el barro, tanto para la pasta cerámica como para sus engobes, con lo que conseguían una cerámica de paredes muy delgadas. Bañaban toda la pieza con un engobe rosa sobre el cual pintaban motivos con un barro rico en fierro. En el análisis químico se encontró cloro y azufre, de lo que se deduce que se le añadía sales minerales a este barro 32). Al secarse esta substancia hidrosoluble emergía a la superficie una capa fina, una especie de película que daba un aspecto de esmalte transparente. Se quemaba a una temperatura de 800°C en atmósfera primero reductora y después oxidante 33).

Egipto, en las áreas desérticas del Cercano Oriente se obtenía un barro rico en sales solubles de sodio que emergían durante el secado dando una superficie brillante después de la cocción (pasta egipcia). De la observación del fenómeno de la brillantez en este barro illítico los egipcios obtuvieron un vidriado hecho posiblemente a base de cenizas de sodio, arena y barro cuyo punto de fusión se encuentra a los 725°C. Aplicaban este recubrimiento sobre objetos de barro y piedra como la esteatita. Estos viriados son alcalinos y datan aproximadamente del 5000 a.C., posteriormente pasaron a Creta, Mesopotamia e Irán, formando la base para los esmaltes persas.

Susa, en la provincia Chusistán de Irán, tenía una gran tradición alfarera. Su primer asentamiento (3300-3500 a.C.) fue uno de los primeros lugares en los que se producía cerámica.

nica policromada. Los grandes vasos, fuentes abiertas y jarrones con asas, trabajados sobre el torno alfarero, parecen ser lo mejor del arte neolítico. Desde el tercer milenio a.C. Susa se convirtió en la capital del reino de Elam. En sus palacios se han encontrado baldosas esmaltadas que datan del siglo VIII a.C., con colores amarillo, blanco y azul, estos esmaltes contenían plomo y estaño, este último en tan alto contenido que no es posible pensar que sea una impureza natural del barro, es decir, se les añadía estaño con toda intención.

La cultura Dimini (3400-2300 a.C.) en Tesalia poseía una especial técnica con la que quemaban la cerámica con atmósfera oxidante y reductora a la vez. La decoración consistía en motivos geométricos, espirales y meandros principalmente, en dos o tres colores. Las vasijas de un barro rojo se quemaban a la máxima temperatura de 900° c en atmósfera oxidante, al bajar la temperatura de 900° c a 700° c se producía una atmósfera reductora de mucho humo. De los combustibles se liberaba hidrocarburo que se adhería a las paredes de las vasijas y del horno en forma de carbono. Si la superficie del barro había sido pulida, el color negro quedaba brillante. El punto culminante de la transformación del hidrocarburo a carbono tiene lugar a los 400° c. Por esa razón se cerraba el horno a los 700° c para que el humo se quedara encerrado, si esto no era posible se seguía introduciendo madera resinosa hasta bajar la temperatura a los 400° c. Los alfareros de Tesalia colocaban las vasijas una encima de otra formando una columna, en el interior se guardaba el oxígeno, de tal forma que se producía una atmósfera oxidante, mientras afuera prevalecía la reducción provocada por el humo de la madera resinosa, así lograban el rojo en el interior y el negro fuera. Cuando querían rojo afuera y negro en el interior, quemaban en atmósfera oxidante e introducían madera resinosa en el interior de las piezas antes de colocarlas en la columna 34).

Alrededor del 700 a.C. los alfareros de Corinto, Grecia, inventaron la cerámica de dibujos negros sobre fondo rojo y un horno especial para cocerla. Este estilo especial de cerámica fue retomado y hecho famoso por los atenienses, quienes lo perfeccionaron. Por ello se conoce como estilo ática. En el 530 a.C., el pintor del alfarero Andokides creó el dibujo de figuras rojas sobre fondo negro que se usó hasta el 300 - a.C.. El engobe negro era de un barro illítico con contenido de fierro. El barro illítico se vitrificaba a los 930° c, antes de alcanzar esta temperatura había que quemar en atmósfera reductora para que el óxido de fierro del engobe tomara un color negro. Se comenzaba la reducción a los 700° c y se continuaba hasta una temperatura máxima de 850° c y luego bajara a los 700° c. De ahí en adelante, hasta que el horno enfriara, dejaban entrar oxígeno para hacer oxidante la atmósfera y lograr así que las partes que no estaban cubiertas de engobe se limpiaran del carbono y quedaran rojas (reoxidación 35).

Mencionaremos un último ejemplo de cerámica cubierta con engobe brillante. Se trata de la famosa Terra Sigillata desarrollada ca. 100 a.C. en el Cercano Oriente, pero fabricada masivamente en Aretium, Italia desde 40 a.C.. La Terra Sigillata tenía una enorme demanda dentro y fuera del imperio Romano. Las vasijas se producían en moldes de barro que se fijaban por encima del torno alfarero y el barro se aplicaba a presión al tiempo que el molde giraba. Los moldes tenían relieves en negativo tomados de vasijas griegas de metal. De ahí el nombre que significa tierra estampada. Toda la vasija se cubría con una capa de barro illítico y se quemaba en atmósfera oxidante. Como en la atmósfera oxidante el óxido de fierro no actúa como fundente sino hasta los 950° c, se tenía que quemar a una temperatura 100° c más alta que las vasijas de ática y para protegerlas del humo durante la quema, se -

conducía el calor por tubos en el interior del horno en vez - de dejarlas a flama libre 36).

1.5 La Escultura en Cerámica

En este apartado se pretende mostrar algunos aspectos de la escultura, con un mayor énfasis en el color. Para esto hemos escogido algunas culturas de importancia por sus grandes aportaciones en este campo. Cabe mencionar que en esta parte no seguimos un orden cronológico, más bien diferenciamos entre las culturas de los continentes Euroasiático y Americano.

a) China

En la antigua China se elaboró un gran número de esculturas - en cerámica para las tumbas, desde la dinastía Han (206 a.C.- 220 d.C.); como la del emperador Ch'in Shih Huang Ti que murió en el año 210 a.C.. El emperador mandó enterrar un ejército de soldados de terracota, en total 6000 hombres y caballos de tamaño natural, para que lo protegieran aún después de la muerte. Todos los personajes representados son únicos, cada uno parece ser el retrato de un soldado vivo de ese tiempo. Los caballos son los precursores de los famosos caballos de la dinastía T'ang (618-907 d.C.) que se moldearon con gran vitalidad poco lograda antes ni después y que en la actualidad se siguen copiando.

b) Grecia

La tradición de fabricar terracotas surge en Grecia en 700 - a.C.. En los tiempos Helénicos y Romano, las diferentes partes de las esculturas se formaban con moldes de cerámica y después se montaban. Además de las esculturas de gran tamaño, se elaboraron pequeñas figuras destinadas a ser enterradas -

con los muertos para divertirlos. Las pequeñas esculturas no seían una mayor individualidad que las de mayor tamaño, por que estaban hechas sólo parcialmente en moldes y se les podía modelar las extremidades libremente. También en el imperio romano florecía la producción de pequeñas esculturas y muchas veces estas representaciones de mitos griegos y de escenas de la vida cotidiana romana se integraban a la arquitectura. Es importante señalar que todas las esculturas griegas eran policromadas (37).

c) Los Etruscos

Los Etruscos (Italia en el siglo VIII a.C.) habitaron la región hoy conocida como Toscana. Dominaban el arte de fundir el bronce y eran grandes maestros en la cerámica. Produjeron frisos, bajorrelieves y altorrelieves en cerámica, hechos en moldes para asegurarse de que los adornos fueran idénticos y repetibles. Las esculturas que se encontraron en las tumbas parecen ser sin excepción de cerámica. Las esculturas, los relieves y los sarcófagos con estatuas encima son de tamaño natural o un poco más grandes: Es de admirar la maestría que implica la cocción de piezas de semejante tamaño.

d) Renacimiento Italiano

Se supone que el esmalte al plomo se inventó en el Cáucaso (38), de ahí se extendió primero a la Asia Menor y después al resto del viejo mundo. Los esmaltes de plomo superaron muchas desventajas de los vidriados alcalinos: su dificultad de aplicación, tendencia a agrietarse y aún a caerse después de la cocción, así como una cierta solubilidad cuando se usaban para cocinar.

Añadiendo estaño al esmalte de plomo se consigue un esmalte blanco que se puso muy de moda en el Renacimiento Italiano.

Fue llamado mayólica por que hasta el siglo XVI fue importado a Italia desde España vía Mallorca. Más tarde Faenza, Italia, se convierte en uno de los principales centros de producción mayólica.

Generalmente el barro se empleaba para hacer bocetos para modelado. El único que retomó la cerámica para hacer escultura y la mayólica para uso artístico fue el escultor Florentino Luca della Robia (siglo XV). Su familia continuó la tradición de hacer cerámica y esmaltar esculturas de terracota. Los colores que utilizaron fueron el azul para el fondo y el blanco para las figuras, otros como el verde y el amarillo se encuentran en las decoraciones de menor tamaño. Los seguidores de Luca della Robia fueron sus sobrinos; Andrea della Robia (y sus dos hijos), Giovanni y Girolamo. Ellos desarrollaron aún más la técnica del esmalte de mayólica y produjeron grandes altares policromados por completo con vidriados. Los della Robia defendieron la cerámica como material digno para la escultura e incluso el vidriado como acabado artístico de la escultura.

e) América Precolombina

Antes de la Conquista no se conocía el arte de esmaltar para decorar las piezas y se aplicaban engobes para colorear esculturas y vasijas.

Los diferentes pueblos de Mesoamérica se caracterizan por su gran habilidad escultórica. La cerámica no estaba limitada solamente al uso doméstico, sino que se producían esculturas de arcilla de mucha calidad, expresión y frescura, tanto para el culto como para el uso privado. Estas piezas de cerámica tienen un valor artístico similar a las de cualquier otro material (bronce, piedra, etc.).

Muchas culturas han dado a los colores un carácter simbólico, los aztecas por ejemplo, los relacionaron con los cuatro puntos cardinales correspondientes a las moradas de los hijos de Ometéotl (madre y padre de los dioses, creador de los hombres).

Los colores fundamentales de las regiones eran:

Para el norte, el negro, "el cuadrante negro del universo...el rumbo del país de los muertos" 39), significaba la noche, las tinieblas, la muerte, fue el color de los dioses nocturnos como Tezcatlipoca, y de los dioses hechizeros como Málloc. Para el este, el rojo evocaba el renacer, la juventud, el amor y la vegetación. Mictlantecuhtli lleva ornamentos rojos, son rojos también "los cuchillos sacrificiales que renatan las plumas de las águilas del norte" 40). Así pues el rojo pudo ser el color secundario después del norte. Para el oeste, el blanco, significaba nacimiento y decadencia, principio y fin. Es el color de la piel de Quetzalcóatl y de las diosas terrestres. Para el sur, el azul que significaba la luz, el color del cielo.

Tanto los dioses como las regiones y los atributos, se relacionaban unos con otros; ésto dió lugar a los colores secundarios; por ejemplo, el oeste -blanco- a veces era azul -pues se le relacionaba con las diosas del agua que están cerca de la tierra, o para el este -rojo- el verde, que es el color de la vegetación abundante. El amarillo y el rojo fueron el color del fuego y del sol.

Los pueblos del occidente de México no participaron en el auge cultural de Mesoamérica. Mientras las culturas más avanzadas desarrollaban una impresionante arquitectura en piedra, las tribus del occidente usaban la cerámica como única

forma de expresión artística. En Colima especialmente, alcanzan una maestría en la fabricación de figuras en forma de personas, animales y plantas que muchas veces sirvieron de recipientes. Las grandes figuras son de color rojo o café y pulidas a tal grado que casi parecen ser esmaltadas, destacan por su realismo y expresiones de ánimo: alegría, goce, asombro, miedo y enojo. Al parecer fue una cerámica manufacturada exclusivamente para las necesidades fúnebres, ya que hasta ahora se han encontrado en tumbas solamente. Las figuras provenientes de Nayarit son técnicamente inferiores a las de Colima. Tienen un rico y alegre colorido que desgraciadamente solo se conservó en pocos ejemplares por su defectuosa fabricación.

En el valle de Oaxaca se encuentra el gran centro ceremonial de Monte Albán, capital de la cultura zapoteca, que floreció durante unos dos mil años sin interrupción. Entre los pueblos de toda Mesoamérica el culto a la muerte era de suma importancia y la vida del más allá se consideraba de mayor valor que la de este mundo. En la cultura zapoteca este culto estaba todavía más acentuado y daba lugar a una especial arquitectura funeraria y la fabricación de innumerables urnas de cerámica que representan el aspecto más característico del arte zapoteca. Estaban destinadas a permanecer en las tumbas como recipientes de comida y bebida, que se creía necesitarían los muertos en su viaje al otro mundo. Se han encontrado estas urnas fijadas a la pared, sobre la entrada de una tumba, cerca de Xoco (valle de Oaxaca). En general, estaban policromadas y eran de tamaños muy variados, desde 10 cms. hasta un metro de altura aproximadamente. Representaban personajes, dioses, animales, y seres mitológicos, algunos de ellos de una manera muy realista, como un jaguar de tamaño natural, otros son sólo cabezas de deidades con máscaras y complicados penachos de gran tamaño. La forma más típica de las urnas era la de un personaje sentado con las piernas cruzadas y las manos sobre las rodillas con un penacho de gran tamaño sobre la cabeza y gruesos

pectorales colgados al pecho. Algunos de ellos parecen ser retratos naturalistas, mientras otros tienen máscaras en vez de caras.

Otro ejemplo de escultura en cerámica son las caras sonrientes totonacas, del Estado de Veracruz, pequeñas figuras con los brazos abiertos y las cabezas aplanadas que reflejan la alegría de vivir. Son una excepción en el arte mesoamericano, que se ocupa normalmente de temas más dramáticos. Esas esculturas fueron policromadas y bruñidas, lo que las hace más agradables al tacto. Algunas tienen los brazos y piernas móviles, fijados al cuerpo con una cuerda, que significaba estar relacionados con el sacerdocio (E. Pareyón). Además se han encontrado en esta región pequeñas esculturas identificadas como juguetes, como los perros con ruedas bajo las patas.

f) México Colonial

Después de la conquista la Iglesia influyó sobre las artes y limitó el uso del barro a la alfarería, y como un material exclusivo para el modelado de esculturas destinadas a ser vaciadas en otros materiales como el bronce, entre otros.

La limitación del uso de este material fue por razones ideológicas y políticas; primero por que era el material más utilizado para la fabricación de ídolos por los indígenas y en segundo lugar por considerarse inferior a materiales europeos como el bronce o el mármol y por no estar de moda en el viejo mundo en esa época. Aunque los indígenas eran muy buenos artesanos tanto en la talla de madera, piedra, como en la pintura; para evitar la competencia con los artistas españoles y ya que los indígenas incorporaban en las obras ejecutadas varios símbolos de su vieja civilización, se les trató de limitar lo máximo posible. Al principio se les concedió la

categoría de obreros, luego se les permitió tallar animales, flores y ornamentos, no así a santos o símbolos sacros. En 1568 se crearon las ordenanzas que regulaban a los oficios plásticos, estableciendo el primer gremio que excluía del ejercicio laboral a los no agremiados, que en su mayor parte eran indígenas. La iglesia sólo firmaba contratos con los gremios, sin embargo la acción de éstos fue mínima en el área rural y cada vez más limitada en las ciudades debido a la competencia que significaba la mano de obra no agremiada más barata.

1.5.1 Algunas teorías sobre el Color en la Escultura

La escultura siempre tiene color ya sea el del material usado para construirla o el de la pintura aplicada a ella. Desde el renacimiento tardío se dejó de aplicar color a la escultura, y no es sino hasta tiempos modernos cuando surge la discusión acerca de si se debe o no pintar una obra. En el siglo XIX y principios del XX, dominaba la opinión de que la escultura no debía llevar color (aparte del natural) o como máximo una patina. Para lograr diferentes colores en una misma escultura se tenía que usar diferentes materiales. En tiempos alrededor de la primera guerra mundial muchos "pintores-escultores" como Paul Klee, Pablo Picasso, Juan Gris o Karl Schmidt-Rottluff criticaban a los escultores por su escaso uso del color en sus esculturas y a su vez creaban esculturas policromadas. Alexander Archipenko trató de integrar la pintura y la escultura en obras cocidas como sculpto-pintura.

Entre los escultores, la pregunta de usar el color aplicado o no seguía viva y se daban varias razones en pro y en contra. Henry Laurens por ejemplo, policromaba sus esculturas para evitar los cambiantes efectos de la luz. Una escultura policromada siempre mantiene su color, pero una escultura que

no está policromada, su tono depende del tipo de luz, y sus cambios en la sombra, por lo que varía constantemente 41). - Además el color tiene la función de acentuar la forma o el clarooscuro, "un hoyo pintado de azul parece más profundo que sin ese color" 42).

Rudolf Arheim en su libro Arte y Percepción Visual 43) - sostiene la idea de que no se pueden establecer reglas generales para el uso del color. Un color rojo no es necesariamente un color caliente, ni el azul un color frío, sino que la imaginada temperatura depende de su tendencia hacia otros colores. De la misma manera, el uso de un color, como la reacción al mismo, son puramente subjetivos. Existen varios puntos de vista sobre el color aplicado al arte. Por ejemplo, Kandinski enseñaba en la Bauhaus qué formas geométricas están relacionadas con cuál color; amarillo con el triángulo, azul con el círculo y rojo con el cuadrado, sin embargo, estas teorías son subjetivas ya que no están científicamente probadas.

Sidney Geist 44) en su artículo Color en la Escultura, - clasifica los diferentes usos del color en la escultura moderna, de la siguiente manera:

" 1) naturalismo imitativo, 2) realismo estilizado, 3) color cubista, 4) color usado como elemento formal, 5) color usado para limitar, 6) crear la forma, 7) color usado como elemento de unificación, 8) como medio superficial para neutralizar el material, 9) color usado para negar, oponer, absorber y distorsionar la forma, 10) color negativo, 11) color usado para efectos psicológicos. "

A la fecha no existe una teoría que juzgue el uso del color en la escultura, las investigaciones continúan sin haber llegado a conclusión alguna de cómo se deba aplicar un color, cuál a qué forma o expresar algún sentimiento en especial. Cada escultor por medio de la experiencia, conocimientos del

color e intuición, aprovecha los colores como elemento para -
acentuar la expresión de su escultura.

1.5.2 Panorama Actual de la Escultura en Cerámica en México

Dentro del campo de la escultura, la escultura en cerámica -
ocupa un espacio muy reducido. La mayoría de los artistas pre-
fiere otros materiales, tal vez por la fuerte tradición espa-
ñola de despreciarla, quizá por considerarla frágil o talvez
por las limitaciones en general de esta técnica: ya que las -
obras de gran tamaño deben construirse por partes, es necesari-
o un horno para terminar la obra, se requiere mucho tiempo
para manejar los accidentes, etc..

En cuanto a la fragilidad debemos admitir que hasta cierto
tanto, pueden sufrir accidentes como cualquier otro soporte
artístico. Sin embargo el barro es un material muy resis-
tente al tiempo, como lo demuestra toda la herencia que de -
éste ha persistido. Es un material muy plástico y modelable,
y una vez cocido es muy estable. Por estas y muchas razones -
más, artistas como Joan Miró, Pablo Picasso, Marino Marini y
Alexander Archipenko entre otros, realizaron algunas escultu-
ras en cerámica.

Actualmente en México existen varios artistas que han rea-
lizado obras en cerámica. entre ellos se encuentran: Gilberto
Aceves Navarro, Pedro Cervantes, Manuel Felguérez, Luis Ortiz
Monasterio, por mencionar algunos, quienes elaboraron escultu-
ras en barro pero no se dedicaron por completo a esta técnica.

Algunos pintores-escultores usan en forma diferente el co-
lor en la escultura de el de la pintura, así por ejemplo; - -
Juan Soriano, pintor que reside en París, elaboró algunas es-
culturas en cerámica. De 1960-61 es la escultura Planta de gran

tamaño hecha en varias partes; de 1966 es la escultura mujer frente al mar. Son policromadas con engobes burbujeados. Los colores no tienen mucho en común con los de sus pinturas, - mientras en éstas los usa claros, ligeros, de mucha frescura, los de sus esculturas son terrosos, oscuros y parecen pesados.

No así Vicente Rojo, que crea esculturas geométricas como si fuesen bloques o tabiques, en algunos casos se observan - curvas y por lo general son formas cerradas en las cuales no se puede apreciar el hueco. Sus superficies por lo general son lisas, logra la textura por medio de esmaltes de colores intensos, rojos, azules y blancos. Al igual que en sus pinturas, forma superficies cuadriculadas, redes en las que vibra un - color al lado del otro.

Otros pintores-escultores como Francisco Toledo, muy conocido como pintor, que ha trabajado en el campo de la cerámica durante los últimos años, crea relieves si planos a base de placas cuadradas que va uniendo hasta formar un muro de colores ocre y rojizo, en los que elabora objetos de uso cotidiano que le sirven como base para pinturas. Esgrafía formas por lo general de origen vegetal y animal, con una fuerte expresión. En ellas rescata nuestras leyendas, colores y formas - con un realismo mágico. Se interesa por lo liso y aspero, brillioso y mate, aunque predominan los colores terrosos; rojizo, ocre, café, beige y en ciertos casos negro y azul.

En 1976 se funda el taller de Escultura en Barro de la - Escuela Nacional de Artes Plásticas de la UNAM. La creación - de dicho taller es de gran importancia, especialmente para - México que tiene una vieja tradición alfarera y escultórica - en barro. A cargo de éste se encuentra Gerda Gruber quien elabora delicadas construcciones con temática del mundo vegetal y aunque su material es la porcelana con la que crea con-

trastes con el esmalte transparente que no cubre toda la es - cultura dejando algunas partes mate, busca una variedad de ma - tices usando un barro de color como base o integrado a la es - cultura. Utiliza además el color natural del material.

De este taller han salido ya varias generaciones de artis - tas que se han dedicado exclusivamente a la escultura en ba - rro, dando un fuerte impulso al movimiento de la escultura en cerámica en México.

II. EL COLOR NATURAL EN TRES BARROS MEXICANOS ZACATECAS, TONALA Y OAXACA

2.1 Propiedades generales del barro

La plasticidad en húmedo y la dureza tras la cocción son cualidades inherentes a todas las variedades de barros -aunque con diferencias de grado- por encima de sus distinciones de color, porosidad y resistencia térmica. Para entenderlas es necesario remitirnos a la composición química de la arcilla.

La teoría tradicional dice que ésta se forma por la acción del agua ácida durante millones de años sobre rocas que contienen feldespato (granito, gneiss, pegmatita, etcétera), lo que provoca la descomposición de ese mineral. El feldespato es un silicato de alúmina anhídrido, quizá el más difundido en la corteza terrestre, que se encuentra en la naturaleza en tres familias principales: feldespato de potasio ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)
feldespato de sodio ($NaO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)
feldespato de calcio ($CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)

El agua ácida introduce dos moléculas de agua, formando así un silicato de alúmina hidratado llamado caolín 1), que cuando es puro tiene la siguiente composición:

$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$. Tanto las arcillas puras como las impuras tienen como base al caolín en menor o mayor cantidad.

La diferencia está en que las puras, llamadas también caolines o arcillas residuales, están químicamente más apegadas a la fórmula antedicha y su tamaño de partículas es mayor, mientras que las impuras o sedimentarias tienen muchos minerales y sustancias coloidales adicionales y su tamaño de grano es más fino. Por este contenido coloidal asimismo se les denomina arcillas "grasas" y a las arcillas residuales, "magras". Ambos adjetivos aluden a la plasticidad: el primero indica maleabilidad y el segundo, lo contrario.

La teoría tradicional explica la distinción entre los dos tipos de barros diciendo que los caolines están en el lugar mismo de descomposición del feldespato (de ahí el nombre de "residual"), mientras que las arcillas sedimentarias han sido aca-

readas por el agua a otros lugares y en el trayecto se han hecho más finas de tamaño y más impuras. Una teoría más moderna pone de manifiesto la falta de pruebas para aseverar que el caolín se transforma en barro sedimentario y explica la formación de ambos a partir de soluciones de sustancias gelatinosas (geles) de alúmina y ácido silícico.

Las sustancias que, según la hipótesis tradicional se añaden en el trayecto a las arcillas sedimentarias, influyen en la coloración del material después de la cocción y en impedir que pueda quemarse a altas temperaturas 2), en cambio, las arcillas primarias quemadas color blanco debido a que contienen muy pequeñas cantidades de minerales que actúan como colorantes. Por otro lado, pueden quemarse a altas temperaturas (el caolín, por ejemplo, funde entre los 1350°C y los 1770°C) porque son ricas en sílice y alúmina. Cuanta mayor sea el contenido de estos dos minerales más alta será la temperatura de madurez de la arcilla 3).

La plasticidad se debe a la estructura laminar de las partículas del barro, que tienden a pegarse entre sí al añadirseles agua. Conforme la pieza se seca va perdiendo la plasticidad. El agua añadida (agua de mezcla) se evapora hasta los 350°C, a partir de este punto hasta los 500°C se pierde el agua química (la que forma parte de la molécula de la arcilla). La pérdida de la plasticidad en este punto es irreversible porque la materia transforma su estructura molecular al suceder el cambio de silicato hidratado a mineral anhidrido de los 500 a los 600°C.

La plasticidad tiene que ver también con el tamaño del grano de la arcilla: los barros sedimentarios, con partículas más finas, son más plásticos que los residuales. Por esta razón absorben el agua lenta y difícilmente y requieren mucha para hacerse amasables; como consecuencia de ello, encogen más que las arcillas residuales y están expuestos a sufrir deformaciones y roturas durante el secado. Las sustancias coloidales también aumentan la plasticidad, sobre todo cuando la arcilla se almacena. Lo mismo sucede con el amasado prolongado porque las laminillas se ordenan de forma paralela. Los chinos antiguos, entre otros pueblos, conocían este proceso y dejaban reposar la arcilla con sustancias orgánicas, como orín de ganado, a veces por varias generaciones.

La plasticidad excesiva (o insuficiente) obstaculiza la técnica constructiva. El diagnóstico depende de la observación empírica... si el barro se deja amasar fácilmente (es decir, si no es excesivamente pegajoso o terroso), si absorbe mucha agua, si conserva la forma que se le dio y si no se raja durante el secado a la sombra tiene un grado adecuado de plasticidad. Si la arcilla es demasiado plástica no cumplirá con ninguna de esas características, tampoco si es muy magra. Una prueba fácil para medir la plasticidad es hacer una rosca con un poco de arcilla: si no se agrieta es buena para trabajarse. Las grietas durante la construcción de una obra indican poca plasticidad, en cambio, durante el secado, indican exceso.

De cualquier manera, pueden prepararse pastas cerámicas añadiendo minerales plastificantes a los barros magros y antiplásticos o desgrasantes a los grasos. Estas mezclas dan un producto eutéctico (mixto), que es en el que se alteran las propiedades originales de los minerales al unirlos entre sí. La plasticidad, la temperatura de madurez y de vitrificación, la absorción de agua, la porosidad y el color son nuevos en el producto eutéctico. A un barro muy graso se le puede añadir sílice, feldespato, caolín o carbonato de calcio si se dispone de un molino para mezclarlos; o arena, granito o chamote revueltos solamente a mano. 4). Su carácter antiplástico se debe a que su estructura no es laminar. Por la misma razón reducen el encogimiento del secado.

Por el contrario, un barro magro puede hacerse más moldeable añadiéndole otros grasos o bien bentonita (de 1% a 10%). Hay que recordar que todos los minerales que se agreguen no sólo actúan en el sentido de la plasticidad, sino también como fundentes 5) o como refractarios, y como colorantes, en algunos casos.

Del tipo de minerales fundentes y de sus proporción depende el calor que pueda resistir una pasta. Cada mineral funde alrededor de una temperatura; por ejemplo, mientras que el carbonato de calcio comienza a fundir a los 900°C y por eso es muy común en barros de baja temperatura, el feldespato lo hace a una mayor. Otros minerales de bajo calor son la dolomita, el talco, la sienita nefelínica (silicato de sodio), el carbonato de litio, el óxido de sodio, el de cinc, ácido bórico (borax) y otros metálicos además de los ya citados.

Los barros comunes -llamados rojos- suelen contener carbonato de calcio y óxido de fierro y, en menor medida, carbón, álcalis, feldespatos y mica.

Como fundente para altas temperaturas se recurre al feldespatos.

Por el contrario, los materiales refractarios ayudan a elevar la temperatura de madurez de una pasta porque funden a temperaturas mayores que los otros minerales de la mezcla. Los principales son el chamote (también llamado grog o arcilla refractaria), el caolín, el cuarzo, la arena, etcétera.

Lo importante es crear una pasta que pueda trabajarse adecuadamente y que dé un buen resultado al someterse a su temperatura de madurez. El color del barro varía desde el estado de sancocho o bizcocho (que se obtiene desde el momento del cambio radical de la arcilla entre los 500°C-750°C, aunque es preferible hacerlo a 800°C - 900°C para barros de baja y a 1050°C para barros de alta temperatura). Del sancocho a la fusión hay una variedad de colores naturales.

2.2 Análisis físico y químico de los tres barros

El análisis químico es de mucha ayuda para preparar pastas, engobes y vidriados. No podemos presentar un examen cuantitativo, que es muy costoso y requiere de tiempo para hacerse; anexamos solamente uno cualitativo hecho por el Instituto de Geología de la UNAM: (pag. sig.)

El análisis físico va encaminado a evaluar la plasticidad, la absorción de agua, el grado de encogimiento y las temperaturas de madurez y de vitrificación de los barros que usamos en esta investigación. El de Oaxaca es muy plástico, bueno para tornearse, pero poco adecuado para la escultura porque no resiste el peso de grandes y complicadas construcciones. El de Tonalá, por el contrario, es bastante magro. El de Zaca-tecas, por su contenido de 50% de chamote agregado industrialmente, no es conveniente para trabajar en torno, pero es bueno para construir proyectos de escultura. Conociendo estas características añadimos a cada uno de ellos diversos minerales en diferentes proporciones (10%, 20%, 30%).

Pasamos cada mezcla en seco por una malla del número 60. 7) y luego las remojamos en agua. Con cada una hicimos plaquitas de prueba de 5 a 7 mm de espesor. La plasticidad se prueba en el amasado, en la construcción y en el secado. El porcentaje de encogimiento se obtiene midiendo una distancia X desde el centro de la prueba hacia el extremo de la diagonal; ésta se observará después del secado y quema. La diferencia es el porcentaje de encogimiento que se necesita 8). En cuanto a la cantidad de agua absorbida se conoce pesando una muestra húmeda y luego seca y cocida. Estas dos pruebas se hacen partiendo del estado óptimo de plasticidad de cada barro. Por último, la temperatura de madurez puede conocerse cuando un barro da las características que se definieron en la nota 3 de este capítulo, y la vitrificación haciendo, a la manera de conos pirométricos 9) unas pequeñas muestras de barro para quemar a distintas temperaturas hasta obtener la fusión.

Barro de Zacatecas

La maestra Gerda Gruber (del taller de escultura en barro de la ENAP), nos informó que, antes que ella lo aplicara a la escultura, sólo se usaba para hacer ladrillos refractarios. Su demanda ahora es bastante grande entre los escultores y artesanos. Se compra en polvo mezclado con 50% de arcilla refractaria y empacado en costales de 50 Kg. Tiene buen grado de plasticidad para trabajarse en escultura y a la vez resistencia. Puede quemarse a altas temperaturas -alcanza su madurez a 1300°C por su gran contenido de sílice y aluminio; por esta razón es una alternativa mexicana al stoneware. Crudo es de color rosado, pero se va haciendo blanco conforme se expone al calor. Ultimamente ha venido más magro, por lo que hicimos pruebas añadiéndole un 10% de bentonita 10), con lo que se hace muy plástico aunque también bastante pegajoso.

La prueba de merma lineal nos dio un 10% ; sin embargo, nuestra experiencia al medir el encogimiento con respecto a moldes de yeso nos ha dado un 7%. La merma de agua con el secado es del 21% y, en total, después de la quema, 28%.

Barro de Tonalá

En cruda es una tierra negra muy fina. No puede trabajarse solo porque es demasiado terroso, pero sirve para fabricar pastas.

Añadiéndole bentonita en un 3% adquiere un poco de plasticidad, pero no la suficiente como para poder construirse con él, ya que ni siquiera se puede pegar un pedazo con otro y las uniones no desaparecen. Además, las paredes verticales no se mantienen. Algo paradójico es que la bentonita lo hace muy pegajoso sin quitarle su carácter magro. Con un 10% de ese mineral la plasticidad aumenta; ya se pega un churro con otro, pero se curvan las paredes verticales, se agrieta aún al modelar y sigue estando demasiado pegajoso a la vez que magro. Al parecer se necesita más tiempo de molienda para que los dos minerales se integren bien, ya que el secado es disparejo.

Su pérdida de agua tras el secado es del 23% y tras la quema, del 34%. Absorbe el agua muy rápidamente en relación al barro de Oaxaca. Inicialmente el secado es muy rápido pero después es lento. Tiende a grietarse en la construcción, pero no durante el secado.

Si se mezcla con sólo un 25% de barro de Oaxaca, o incluso de Zacatecas, puede trabajarse muy bien: La combinación beneficia a ambos. La mezcla de barro de Oaxaca y de Tonala en partes iguales es muy plástica.

La merma lineal es de 12.5%

Quema de naranja pálido a naranja intenso conforme se aumenta la temperatura, o también si se le quema a cono 03 con bentonita. No conocemos su punto de fusión, pero sabemos que a cono 4 está en su madurez. Al parecer puede quemarse a alta temperatura debido a que contiene mucha sílice y poca cantidad de fundentes. Tiene óxido de hierro en menor cantidad que el barro de Oaxaca, pero como es más refractario, es la alternativa de barro rojo como base para engobes quemados a cono 03 o más, para los cuales el barro de Oaxaca comienza a pasarse de calor. En engobes da variaciones de color con respecto al caolín y a los otros barros.

En el taller lo hemos usado con una tercera parte de chamote como polvo para mezclar con el barro de Zacatecas húmedo.

Barro de Oaxaca

Es la típica arcilla roja (o terracota), sedimentaria, de-

baja temperatura y con alto contenido de fundentes y/o materias coloidales. Las muestras de laboratorio indican que tiene mucha sílice y, al parecer, pocos fundentes minerales. No obstante, nuestra experiencia es que soporta muy poco el calor, lo que significa que debe tener materias coloidales que no se advierten en el examen geológico. En una placa de un cm de grosor comienza a dar señales de fundir a cono 3, pero en otra de 0.5 cm la fusión comenzó desde el cono 03.

Es el más plástico de los tres barros.

Su merma lineal es de 12.5%.

No sirve para trabajar escultura, a menos que se le añadan materiales refractarios.

Con 20% de caolín sigue siendo demasiado plástico y sube su temperatura de fusión, el color se aclara y no se deforma (1). Con 10% de feldespato pierde exceso de plasticidad, aunque se trabaja mejor con 20%; en el primer caso conserva su color después de quemado (cono 03); y en el segundo, se aclara. Con un 10% de sílice puede trabajarse muy bien, lo mismo que con un 20%; en ambas mezclas queda como plastilina, nada pegajosa, muy suave y modelable, no se agrieta ni al construir ni al secar y las paredes verticales pueden levantarse muy bien. No obstante, estas pruebas de 5 mm. de espesor se deformaron con la cocción y el color fue muy tostado.

Con sólo 25% de chamote fino sube su temperatura de madurez y obtiene resistencia en la construcción.

Su porcentaje de absorción es de 24% y su pérdida total de peso tras la quema, de 34%. Tarda en aceptar el agua pero conserva mayor tiempo la humedad que el barro de Tonalá y seca más paulatina y uniformemente.

Aunque el análisis geológico no indica trazas de calcio, nuestra experiencia es que, si no está molido y mezclado, después de quemarse a cierta temperatura produce reventones que, al parecer, son calcáreos. Se recomienda hacerlo polvo y pasarlo por una malla del 100, en caso de que no se disponga de un molino. El color ya cocido va del rojo al café.



INSTITUTO DE GEOLOGIA
LABORATORIOS DE QUIMICA

ANALISIS NUMEROS 1-2-3

ORDEN 1343

REMITENTE SOLEDAD HERNANDEZ SILVA

EXPEDIENTE _____

MUESTRA
COLECTOR

SiO₂
TiO₂
Al₂O₃
Fe₂O₃
FeO
MnO
MgO
CaO
Na₂O
K₂O
P₂O₅
SO₃
CO₂
H₂O+
H₂O-

--	--	--	--

SUMA

ANALISTA

PROCEDENCIA Y DATOS ADICIONALES

ANALISIS QUIMICO DE TRES MUESTRAS EN KEVEX

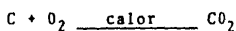
Muestra 1. (Zacatecas)	Na, Al, Si, K, Ti, Fe y Zn. Gran cantidad de silicio; aluminio en mayor cantidad que sodio y potasio; éste último en mayor cantidad que sodio. Muy poco titanio y traza de fierro y zinc.
Muestra 2. (Oaxaca)	Na, Al, Si, K, Ti, Fe y Zn. Gran cantidad de silicio. Muy poco sodio y traza de Zn, Na y Fe.
Muestra 3. (Tonala)	Al, Si, K, Ca, Fe, Ti Zn. Gran cantidad de silicio; muy poco fierro y traza de titanio y zinc.

México, D.F. a 26 de mayo de 1985.

2.3 Atmósfera oxidante y atmósfera reductora

Ya se ha visto y se verá en el muestrario de esta tesis-- qué tan determinante es el tipo de atmósfera en la coloración del barro.

La temperatura a la que se sujeta la cerámica favorece su oxidación: todos los componentes minerales que no estaban en forma de óxidos (por ejemplo el carbón, los carbonatos o los sulfatos) se oxidan cuando mucho a los 900°C. Para ello es necesario que exista una suficiente cantidad de oxígeno en el aire del interior del horno. Si no se cumple esta condición, parte del carbono quedará en la cerámica sin quemarse. En la práctica la atmósfera oxidante se consigue dando al horno una buena circulación de aire y utilizando un combustible que no produzca demasiado humo (y por lo tanto carbono), ya que éste se combinará con el oxígeno y hará que el suministro de él sea insuficiente para lograr la combustión de los materiales del barro:



En ese caso, se libera carbono y monóxido de carbono (CO). En las temperaturas que se acostumbra trabajar en cerámica, éste compuesto se hace muy activo y busca el oxígeno de cualquier fuente disponible, incluyendo a algunos óxidos de la superficie de la arcilla. A esta reacción se le llama reducción en la cantidad de oxígeno del barro, son muy pocos los componentes de él que resultan afectados por la reducción; la alúmina y la silice, por ejemplo, sólo pueden reducirse mediante técnicas metalúrgicas especiales. Otros óxidos comunes en los recubrimientos, tales como los de calcio, bario y potasio son también muy estables y se reducen difícilmente de su estado metálico. Sin embargo, los pocos óxidos que tienden a reducirse con las técnicas de cocción cerámica son suficientes como para dar al barro y a los recubrimientos un cambio de color y hasta de textura notables. La transformación mayor la da el óxido de hierro, que por efectos de la reducción cambia de su forma férrica (Fe₂O₃ de valencia +3) a ferrrosa (FeO de valencia +2), dando por resultado un color distinto del que se obtiene en la cerámica oxidada. Es común que los barro sedimentarios con buena cantidad de óxido de hierro cambien del rojo-café al negro; Nuestros engobes que contenían ese mine-

ral se hicieron ocres en lugar de rojizos.

Muchas veces la cerámica reducida retoma un color muy parecido al que tenfa antes de comenzarse la reducción. Ello se debe a que durante el enfriamiento del horno ocurre una reoxidación debido a la entrada de aire. No obstante, los colores reoxidados son más cálidos, y en suma mejores, que los que da la quema oxidante.

Quizá la mayor oxidación pueda conseguirse en los hornos eléctricos, ya que en ellos, por no haber combustión, la atmósfera es estática y por ello contiene tanto oxígeno como hay en el aire (alrededor de un 23%). En caso de querer hacer reducción en este tipo de horno es necesario introducir carbono en forma de algún combustible sólido como carbón, cubos de azúcar, vendas empapadas de petróleo o bolas de naftalina (éstas son poco recomendables porque producen gases muy tóxicos). La cantidad de combustible necesario y el momento de su introducción pueden conocerse sólo por la experimentación.

El horno a gas da de por sí una atmósfera reductora, si se la compara con la del eléctrico, ya que, como se sabe, ese combustible es un alcano (compuesto de carbono e hidrógeno); por lo tanto, carece de oxígeno que aportar y produce una atmósfera que contiene sólo un 6% de ese elemento (2). La reducción en los hornos a gas va de la mano a la alimentación de aire que se realiza por los quemadores y por el control del tiro (si se abre tiende a circular más aire que si se cierra).

El tipo de atmósfera que prevalece en el horno a gas durante la quema sólo puede conocerse mediante la observación de varios indicadores: en la quema reductora la flama es amarilla; a través de la mirilla puede verse un ambiente brumoso y denso; del tiro sale una flama que indica que hay combustible que no se está quemando, por insuficiencia de oxígeno; también sale una pequeña flama por la mirilla. Otro indicador de la quema reductora es el hecho de que una astilla de madera no se encienda al introducirla por la mirilla; ello se debe a la escasez de oxígeno. Por último, la reducción se nota en la fuerte presión del aire caliente por los orificios del horno.

En la quema oxidante, o neutral, la flama es azul verdosa y la presión del aire en el interior del horno es menor (3).

Por otro lado, los hornos a leña dan una atmósfera neutral, pero ligeramente reductora. Ello se debe a que con cada remesa de madera se crea humo en las primeras etapas de la combustión y posteriormente prevalecen condiciones oxidantes. La leña hace posible controlar la reducción de una manera relativamente fácil. Ese es uno de los secretos de la belleza de los stonewares y porcelanas de la antigua China.

Es difícil generalizar sobre reglas para conseguir atmósfera reductora. De la temperatura y el ritmo con los que se inicia y se sigue la reducción depende el resultado del color. Según Lynggard, el momento apropiado para realizar la reducción de un vidriado es cuando empieza a fundir, y si se quiere también la del cuerpo cerámico se necesita empezarla antes de ese punto 14).

A continuación damos una guía general: 15)

- 1) La primera parte de la quema, al menos hasta los 800°C, debe ser estrictamente oxidante. La reducción antes de ese punto es innecesaria y puede causar que el carbono no se queme y acumule en los poros del barro.
- 2) De los 800°C en adelante puede hacerse una reducción ligera, ya que una atmósfera demasiado humeante puede dañar a los recubrimientos.
- 3) El ritmo de quema no debe ser muy rápido, especialmente al principio del ciclo, para evitar problemas con los vidriados.
- 4) Es común un incremento en la reducción hacia el final de la quema, cuando el cono ha caído. Debe buscarse una atmósfera sólo ligeramente humeante.
- 5) El horno debe sellarse muy bien durante el enfriamiento.

2.4 El color natural de los tres barros y sus mezclas

A partir de los tres barros que trabajamos, programamos 16 mezclas para lograr una gama de colores naturales con sus variaciones de temperatura:

1. 100% de barro de Zacatecas.
2. 100% de barro de Tonalá.
3. 100% de barro de Oaxaca.
4. 75% de barro de Zac y 25% de Ton.
5. 75% de barro de Ton y 25% de Zac.
6. 75% de barro de Oax y 25% de Zac.
7. 50% de barro de Zac y 50% de Ton.
8. 50% de barro de Ton y 50% de Oax.
9. 50% de barro de Oax y 50% de Zac.
10. 75% de barro de Zac y 25% de Oax.
11. 75% de barro de Ton y 25% de Oax.
12. 75% de barro de Oax y 25% de Ton.
13. 33% de barro de Zac y 33% de Ton y 33% de Oax.
14. 50% de barro de Zac y 25% de Ton y 25% de Oax.
15. 50% de barro de Ton y 25% de Zac y 25% de Oax.
16. 50% de barro de Oax y 25% de Ton y 25% de Zac.

Como sabíamos que el barro de Oaxaca es de baja temperatura y desconocíamos las propiedades del Tonalá, decidimos hacer una fase B del mismo muestrario en la que pudieramos integrar chamote como el 25% del total de cada prueba, y una fase C con un 50%. Esto lo hicimos pensando en que ese material refractario, al subir el punto de fusión de los barros de baja temperatura, ayudaría a conservar colores a temperaturas superiores que de otra manera se perderían.

Elegimos el chamote entre todos los materiales refractarios por varias razones. Por un lado, porque al estar formado con arcilla quemada y molida reduce el encogimiento durante el secado y da resistencia térmica. Aunque disminuye el encogimiento al secado, aumenta la dilatación térmica durante la cocción. Por otro lado, se consigue en varios granos, desde extrafino hasta uno bastante grueso que es muy adecuado para dar textura porosa, y no requiere mezclarse con molino.

Muestrario de color natural de tres barro.

Cono 4. Atmósfera oxidante. Horno a gas

a) Colores que tienden al blanco: Son aquellos en los que predomina el barro de Zacatecas de 75 a 100%.

b) Colores naranja. Son aquellos en los que predomina el barro de Tonalá de un 75 a 100%. Este da un naranja bastante intenso que sólo es superado en fuerza por el naranja-rojizo de la muestra que contiene 75% de Tonalá y 25% de Oaxaca.

c) Colores que tienden al café (desde 50% de barro rojos). Hay muchos tonos; el más intenso lo da el barro de Oaxaca puro o mezclado con un 25% de barro de Tonalá.

Variaciones de color en cada temperatura.

Atmósfera oxidante. Horno a gas.

En general podemos decir que el cambio más radical se notó del cono 03 al cono 3. Del 3 al 4 sólo hubieron diferencias de intensidad más o menos grandes, pero no de color. Elegimos las tres temperaturas porque hipotéticamente nos darían cambios radicales en el color. Hay que advertir que estas pruebas son de color, no de resistencia térmica; aunque esto parece contradictorio, porque ambas cosas no pueden ir separadas, no es lo mismo someter una prueba pequeña a una temperatura para observar su color, que una escultura: la prueba no necesariamente mide el grado de fusión de un objeto construido.

Variaciones de color debido a la adición de chamote en un 25%.

En general, se conserva el mismo color en las mezclas de barro puro y en las que tienen un añadido de 25% de arcilla refractaria cuando se queman a cono 03. Como se trata de baja temperatura y ninguno de los barro ha llegado a su fusión, la presencia de arcilla no aumenta la resistencia térmica decisivamente y, por lo tanto, hay una mínima variación de tono.

Todas las mezclas se hacen un poco menos intensas porque la arcilla refractaria, como se sabe, ha perdido ya sus colorantes; la que usamos en el taller tiene color blanco, es decir, que el muestrario se aclara.

Esta tendencia de aclarar el color del barro se hace más evidente en las muestras C, que son aquellas que contienen 50% de chamote. En general disminuye la intensidad del color en las muestras C, aunque aún se encuentran en ellas algunos cafés y rosados interesantes. El añadido de 25% de chamote es adecuado para pastas de baja temperatura que quieran ser quemadas a más arriba de cono 03. Por ejemplo la prueba 16 A y la 3 A que comenzaron a dar muestras de tostarse a cono 03, al recibir la arcilla refractaria pudieron resistir esa misma temperatura (16 B y 3 B), y a cono 4 conservaron su color café.

Podemos decir que para efectos de color, e incluso de construcción, no es muy adecuado, excepto en algunos casos, --añadir 50% de chamote a las pastas que se quieran quemar a menos de cono 4 si se quiere conservar sus colores, ya que éste material tiende a bajar su intensidad.

Observaciones acerca de la quema reductora. 16)

Cono 03. Horno a gas.

En general hay un notorio aumento de intensidad en el color. Hubiera sido interesante haber podido quemar con esta atmósfera a temperaturas más altas.

Los colores blanco-rosados se vuelven blanco-amarillos. El naranja del Tonalá se intensifica muchísimo. El rojo-naranja del barro de Oaxaca se transforma en café oscuro cuando está sin mezclar y en distintos tonos de café-naranja cuando está combinado. Mezclado con Zacatecas da ocre. Esta tendencia se manifestó también en todos los engobes que contenían óxido de hierro como colorante cuando se les sujetó a reducción.

TABLA II. PROPIEDADES FISICAS DE LOS BARROS

Quema en horno de gas (atmósfera semireductora,
cono 03)

	Merma de agua durante el secado	Merma total de agua tras la cuema	Porcentaje total de encogimiento	Temperatura de madurez	Temperatura de fusión	Grado de plasticidad	Color
1A	21%	28%	10% ^{**}	1300c		muy bueno	crudo=rosa 1100c=blanco
2A	23%	34%	12.5%			muy magro	crudo=negro 1100c=naranja
3A	24%	34%	12.5%	entre 1000y 1050c	1000 ^{***}	muy plástico	crudo= ocre 1100c=marrón
8A	40%		15%				café - naranja
11A	42%		10%				naranja - café
1D	39%		12.5%			muy plástico	blanco (beige)
2D	42%		17.5%			pegajoso poco homogéneo.	naranja intenso
3D	46%		15%		cono 03	plástico no pegajoso	café tostado
3E	40%		15%		cono 03	plástico no pegajoso	café tostado
3F	35%		15%		cono 03	plástico no pegajoso	café tostado
3G	29%		15%		cono 03	plástico no pegajoso	ocre tostado
3H	39%		10%			plástico	café rojizo
3I							ocre
3J							ocre más intenso

ANOTACIONES DE LA TABLA ANTERIOR

- 1A:** 100% barro de Zacatecas
2A: 100% barro de Tonalá
3A: 100% barro de Oaxaca
8A: 50% Tonalá - 50% Oaxaca
11A: 75% Tonalá - 25% Oaxaca
1D: 90% Zacatecas - 10% Bentonita
2D: 37% Tonalá - 3% Bentonita
3D: 90% Oaxaca - 10% Sílice
3E: 80% Oaxaca - 20% Sílice
3F: 90% Oaxaca - 10% Feldespato
3G: 80% Oaxaca - 20% Feldespato
3H: 80% Oaxaca - 20% Caolín
3I: 90% Oaxaca - 10% TiO_2
3J: 85% Oaxaca - 15% TiO_2

- * Las mezclas 3I y 3J se hicieron para observar únicamente la reacción de color.
- ** Empíricamente, en la construcción de relieves mediante moldes, la merma lineal (encojimiento total) del Zacatecas ha sido del 7%.
- *** En parte la delgadez de las placas de prueba es responsable de que fundan antes, ya que con pruebas más gordas de barro de Oaxaca hubo más resistencia térmica.

TABLA III. EL COLOR NATURAL EN TRES BARROS A TRES TEMPERATURAS EN ATMOSFERA OXIDANTE (HORNO A GAS).

Mezclas de barros	Cono 03 (1101°C)*	Cono 3 (1168)	Cono 4 (1186)
1a	blanco rosa**	blanco (menos-rosado)	blanco amarillo
2a	blanco-naranja	naranja claro	naranja
3a	naranja rojizo	café oscuro brillante	café rojizo
4a	blanco	blanco	blanco
5a	blanco amarillo	naranja	naranja pálido
6a	naranja rojizo	café	café
7a	blanco rosado	naranja claro	blanco-naranja
8a	naranja	siena tostado	naranja tostado
9a	café rosado	ocre	café rosado
10a	rosa	ocre muy claro	<u>beige</u>
11a	naranja	tierra naranja	naranja-café
12a	naranja rojizo	café naranja	café rojizo
13a	rosado naranja	café naranja	café claro
14a	rosado naranja	naranja claro	café naranja claro
15 a	naranja claro	naranja café	café naranja claro
16a	naranja claro	siena	siena

* Estas temperaturas están definidas de acuerdo al catálogo de PROMACESA de conos Orton, que no coincide con otros catálogos publicados en libros de cerámica para los mismos conos.

**Es necesario aclarar que el color cerámico es esencialmente _matérico, y, por lo tanto, muy distinto al de las artes gráficas; en él intervienen la textura, la brillantez o el carácter mate, la opacidad o la translucidez, la superposición de colores, etcétera. Por este motivo, nuestras denominaciones no coinciden con las del color gráfico.

TABLA IV. EL COLOR NATURAL EN TRES BARROS QUEMADOS A DOS
ATMOSFERAS (CONO 03)

<u>Mezclas de de barros</u>	<u>Atmósfera oxidante (horna a gas)</u>	<u>Atmósfera reductora (horno a gas)</u>
1a	blanco rosado	blanco amarillo
2a	blanco naranja	naranja fuerte
3a	naranja rojizo	café oscuro brillante
4a	blanco	blanco amarillo
5a	blanco amarillo	naranja
6a	naranja rojizo	café oscuro
7a	blanco rosado	naranja claro
8a	naranja	siena tostado
9a	café rosado	ocre
10a	rosa	ocre muy claro
11a	naranja	tierra naranja
12a	naranja rojizo	café naranja
13 a	rosado naranja	café naranja
14a	rosado naranja	naranja claro
15a	naranja claro	naranja claro
16a	naranja café	café siena tostado

III. LOS COLORANTES CERAMICOS

Los colorantes son aquellas materias capaces de transmitir permanentemente coloración a otros cuerpos. Pueden ser de origen vegetal y animal (orgánicos) o de origen mineral (inorgánicos). Estos últimos son los usados más comúnmente en cerámica. A los minerales, por lo general, no se les encuentra puros sino mezclados entre sí, por lo que se les divide en minerales naturales y minerales procesados. Los naturales se encuentran en yacimientos en estado casi puro y los procesados requieren de un tratamiento en la industria; y se obtienen mecánica o químicamente. Los colorantes inorgánicos suelen ser metales de diferentes formas: sales y óxidos metálicos de fierro, cromo, cobalto, plomo, etcétera. Colorean el barro, pero su intensidad y carácter difieren de los usados comúnmente en pintura, ya que con la temperatura cambian su coloración. Además, los elementos con los que se combinan, la texturación del barro, la atmósfera del horno (oxidante o reductora), el tipo de combustible (electricidad, gas, leña, petróleo), la capacidad interna y la estructura (materiales usados, forma) y la aplicación del óxido influyen definitivamente en el efecto del color, tono, matiz, saturación e intensidad.

Muchos de los óxidos metálicos se encuentran naturalmente incluidos en los barros y minerales. Pueden utilizarse solos o agregados a engobes y vidriados.

En el mercado se consiguen puros o procesados, y además en la forma de colorantes vitrificables (conocidos como pigmentos G) para colorear vidriados transparentes, de colores bajo-barniz y sobre-barniz.

3.1 Los óxidos metálicos (puros)

Los principales colorantes metálicos son los de cromo, - cobalto, cobre, hierro, níquel, uranio, titanio, vanadio, cadmio, selenio, estaño y manganeso.

Los óxidos que utilizamos en la tesis fueron los - siguientes :

Antimonio (óxido de antimonio)	Sb_2O_3
Cromo	Cr_2O_3
Cobre negro (óxido cúprico)	CuO
Cobalto (óxido cobaltoso)	CoO
Fierro (óxido férrico -rojo-)	Fe_2O_3
óxido de fierro negro,	FeO
Manganeso (bióxido de manganeso)	MnO_2
Níquel (óxido níquelico)	Ni_2O_3
Titanio (dióxido de titanio -blanco-)	TiO_2

a) Oxido de antimonio

Del antimonio (Sb) se obtienen tres tipos de minerales:

- Sb_2O_3 anhídrido antimonioso
 Sb_2O_5 pentóxido de antimonio
 Sb_2O_4 tetróxido de antimonio

Nosotros utilizamos el anhídrido antimonioso, Sb_2O_3 . Es un polvo blanco altamente tóxico 1). Se emplea como opacificante. Su eficacia como tal es menor al óxido de estaño.

De la combinación de este anhídrido con el óxido de - plomo se obtiene el amarillo de Nápoles (antimoniato de - plomo) que se empleó como colorante cerámico del barniz - amarillo en la antigua Babilonia.

b) Oxido de cromo

Del cromo (Cr) se obtiene el óxido de cromo Cr_2O_3 . Es un polvo de color verde hoja intenso en crudo, pero variable según el tipo de vidriado u óxido que se utilice.

El Cr_2O_3 con óxido de estaño (SnO_2) y rico en carbonato de magnesio (MgCO_3) colorea en tonos rosas.

El óxido de cromo es poco fusible, por lo que tiene - mucha aplicación como colorante refractario y catalizador.- Eleva el punto de fusión de los barnices. Empieza a volatilizarse hacia los 1180°C .

c) Oxido de cobre

Del cobre (Cu) se obtiene el óxido de cobre negro (CuO), llamado tenorita. Cuando está en bruto contiene de 95 a 98 % de cobre. En cerámica se emplea también el carbonato de cobre CuCO_3 , que es un polvo llamado "verde-gris", de grano muy fino que hace una buena dispersión en los vidriados.

Tanto el CuO como el CuCO_3 son fundentes muy activos.

Para nuestro muestrario usamos el óxido de cobre negro.

En los vidriados da verdes; en atmósfera reductora se consigue el famoso "sangre de buey". En vidriados alcalinos produce azules que fueron conocidos desde tiempos de los egipcios. En nuestros engobes da verdes con puntos oscuros.

d) Oxido de cobalto

Del cobalto (Co) se obtienen el óxido cobaltoso (CoO), que es un polvo gris oscuro y el carbonato de cobalto (CoCO_3); ambos se usan como colorantes cerámicos.

Estos minerales dan azules que no se obtienen con - ningún otro elemento.

Para este muestrario utilizamos el óxido cobaltoso.

Los óxidos procedentes del cobalto son muy estables en cualquier temperatura porque poseen mayor poder cubriente - que los demás óxidos colorantes. Apenas los modifica la temperatura o la atmósfera del horno.

Sin combinar con otros óxidos colorantes da tintes - azules, casi negros, que se pueden aclarar con el óxido - de zinc. Con el hierro, el manganeso o el rutilo se - logran negros. En atmósfera parcialmente reductora da azul-negro.

En vidriados plúmbicos da azules hacia el negro. En vidriados alcalinos el azul-azur.

e) Oxido de fierro

Del fierro (Fe) se obtienen dos de los óxidos que utilizamos en este muestrario: el óxido férrico (Fe_2O_3) y el óxido ferroso (FeO). El primero es un polvo rojo y el segundo negro.

El óxido de fierro es uno de los más difundidos en la superficie terrestre. La coloración parda, ocre o gris de las rocas y las arenas se debe a este óxido. Existe en - una pequeña proporción en los caolines y las arcillas refrac- tarias, y en buena cantidad en muchas de las arcillas fusi- bles, que debido a su presencia dan color rojo después de cocidas. Los barros que contienen este óxido dan un color gris-negro en atmósfera reductora.

El FeO es un fundente más activo que el Fe_2O_3 .

El óxido de fierro rojo se presenta en forma de partí- culas más finas que el negro, por lo que oscurece menos.

En pequeña cantidad el óxido férrico da tonos crema, - amarillos y ocre y, en mayor proporción, rojos, oscuros y pardos. En nuestros engobes, con pequeñas cantidades de manganeso, fierro negro, cobre o cobalto dio negros.

En cocción parcialmente reductora los vidriados de base alcalina retienen el óxido, dando un verde grisáceo denominado celedón.

Los antiguos chinos lo utilizaban en el vidriado de base alcalina para dar verdes claros, medios, olivos, que a mayor cantidad pasan al pardo rojizo. El vidriado saturado de este óxido se llama tenmoku y su color se convierte de pardo rojizo a rojo oscuro cuando el vidriado sufre una atmósfera reductora antes del final de la cocción.

f) Oxido de manganeso

Del manganeso (Mn) se obtienen los siguientes óxidos: el - peróxido de manganeso MnO_2 (bióxido de manganeso o pirolusita), que es un polvo de color café o negro; el hidróxido - manganésico $Mn(OH)_2$, el óxido manganésico Mn_2O_3 . Como - colorante cerámico también se usa el carbonato de manganeso $MnCO_3$, que se presenta en forma de polvo café o rosado muy fino.

Para esta investigación usamos el bióxido de manganeso.

Sin mezclar colorea del rojo ladrillo al café oscuro.

En atmósfera reductora con cobalto y rutilo se obtienen verdes veteados.

En vidriados alcalinos da pardos purpúreos, azules y - púrpuras. El óxido de manganeso con un poco de óxido de - fierro produce pardos muy fríos.

El carbonato de manganeso, con óxido de cobalto, da ciertas tonalidades azules, púrpura, violetas y pardas.

g) Oxido de níquel

Del níquel (Ni) se obtiene el óxido níqueloso NiO , que es un polvo verde, el óxido níquelico Ni_2O_3 , que es un polvo negro-gris, y el carbonato de níquel $NiCO_3$.

Utilizamos el óxido níquelico para esta investigación. Es poco soluble en agua y por eso de difícil aplicación. Con él se obtienen colores interesantes del verde al gris.

En cerámica se usa para dar más fuerza a la coloración y conseguir tonos más suaves en su combinación con otros óxidos. Es refractario, por lo que endurece a los vidriados si se aumenta mucho su proporción.

Combinado con óxido de cobalto, cobre o fierro en pequeños porcentajes da tonos de mucha firmeza.

En vidriados con óxido de zinc da amarillos, púrpuras o azules.

h) Oxido de titanio.

Del titanio se obtiene el dióxido de titanio, que es un polvo blanco; también se encuentra en forma de rutilo, mineral de color ocre que contiene trazas de óxido de fierro. El titanato de fierro o illemanita es de color negruzco y contiene mucho fierro.

Para nuestro muestrario usamos el dióxido de titanio .

El rutilo, usado en ciertas cantidades, tiene por efecto hacer puntos café-negros en esmaltes claros. Con los esmaltes plúmbicos modifica los colores y da cierta opacidad; puede hacerlos mate o cristalinos. En cambio, en combinación de esmaltes alcalinos con fierro, cobre, cromo da tonalidades suaves de color cenizo.

La illemanita crea toques oscuros que a veces tienen halo amarillo. Ensombrece el tinte de pastas y engobes, dando un aspecto moteado.

El dióxido de titanio da amarillos y también crea halos amarillos cuando se le combina con otros óxidos como los de cromo y fierro.

3.2 Los óxidos colorantes puros aplicados con agua y con distintas clases de agente fijador en diferentes atmósferas

Aplicación. Antes de utilizar el óxido es importante molerlo perfectamente en un mortero de porcelana durante 20 minutos, para facilitar su aplicación y obtener resultados más uniformes.

Los óxidos pueden aplicarse en seco con cepillo de dientes, estarciéndolos sobre el barro, con esponja; en húmedo con pincel de acuarela, aerógrafo, soplador, esponja, por inmersión o baño. Una vez secos se les puede frotar con el dedo, con gamuza, cuero, papel y lija, con el objeto de quitar el exceso.

Se pueden pintar sobre barro en estado de cuero,²⁾ de bizcocho o crudo seco.

Se puede aplicar un óxido sobre otro, sobre un engobe o un vidriado crudos. También se pueden bloquear áreas con cera y aplicarlo encima, a manera de batik. Puede utilizarse como vehículo un engobe o un barniz.

Nosotros aplicamos los óxidos en húmedo sobre placas de barro de Zacatecas en estado de cuero, con pincel de acuarela. Utilizamos cinco tipos de vehículos: agua, goma arábiga, base plúmbica mixta, bórax y plomo.

3.2.1 Con agua

En primera instancia el óxido se aplicó mezclado solamente con agua, y una vez seco no se eliminó el exceso. Su aplicación fue sencilla, excepto en los casos de los óxidos de cobre negro y níquel, pues no se disolvían y daban una mezcla dispersa.

El resultado fue que los óxidos se desprendían antes y después de la quema (cono 03), no se fijaron al barro. Los colores prácticamente quedaron crudos, no hubo cambio en ellos después de la cocción.

TABLA DE OXIDOS APLICADOS CON AGUA Y LIJADOS EN DIFERENTES
ATMOSFERAS. HORNO A GAS (CONO 03) Y ELECTRICO (1100°C).

Oxido	Oxidación Horno eléctrico	Semirreducción Horno a gas	Reducción Horno a gas
Sb_2O_3	blanco rosado	blanco ostión	desaparece
Cr_2O_3	verde hoja	verde hoja	verde hoja
CuO	negro metálico	negro mate	negro mate
CoO	negro azul con- luces ultramar	azul negro con- luces ultramar	negro azul con azul claro
	tierra naranja	café rojizo	rojo-café
Fe_2O_3	rosa	rojo quemado	siena
MnO_2	café	café oscuro	café-negro

Por esto se considera que no es conveniente aplicar el óxido solamente con agua, a menos que se quemé a mayor temperatura o que, ya bizcochada la pieza, se aplique el óxido con agua y una vez seco se elimine el exceso lavándola. Esto da un aspecto acuarelado.

Se probó eliminar el exceso del óxido aplicado con agua frotándolo, una vez seco, con una lija suave, con el fin de que se adhiriera mejor al barro. Los resultados mejoraron, sin embargo el óxido todavía se desprendía antes y después de la cocción porque todavía estaba contenido en exceso.

En el horno eléctrico (atmósfera oxidante) a 1100°C los colores tienden a hacerse blancuzcos, pierden intensidad.

En atmósfera semirreductora (horno a gas) a cono 03 los colores son más intensos, se oscurecen los tonos.

En atmósfera reductora (horno a gas) a cono 03 los óxidos se oscurecen todavía más, alguno desaparece (Sb_2O_3) y otros adquieren apariencia metálica (CuO)

3.2.2 Con agente fijador (goma arábiga)

Como los resultados de óxido con agua se consideran negativos en cuanto a su aplicación, recurrimos a la goma arábiga como agente fijador.

La goma arábiga es una sustancia viscosa que se extrae de las acacias del Nilo y Arabia. Disuelta en agua sirve como adhesivo. En cerámica sirve para favorecer la unión del recubrimiento al cuerpo hasta el momento de la reacción química que sucede con la quema.

La goma arábiga aumenta la suspensión del líquido y evita su sedimentación. Al parecer esta función no sólo ayuda a la fijación del recubrimiento en crudo sino también durante la cocción.

La goma arábiga se prepara hirviendo un litro de agua para 40-50 gr y se cuelean en una malla fina. Para evitar la fermentación se agregan 2 cm³ de formol en caso de que no se vaya a utilizar de inmediato.

Aplicamos la mezcla del óxido con goma arábiga con pincel de acuarela sobre plaquitas de barro de Zacatecas en estado de cuero y las quemamos en horno a gas en atmósfera semirreductora a cono 03. El óxido se aplica con facilidad con la goma arábiga y al secar no se desprende; sin embargo, después de la quema se levanta un poco. Es probable, como ya se dijo, que al elevar la temperatura se elimine este problema.

En cuanto al color los tonos son más agradables que los resultados del óxido con agua, pues se obtienen colores menos cubrientes que permiten apreciar la naturaleza del barro, dándole una texturación interesante. Quedaron mejor quemados, de tonos más firmes, parejos y luminosos porque, como la goma arábiga nos da una mezcla viscosa, se requiere menor cantidad de óxido que cuando se utiliza sólo agua.

3.2.3 Con agente fijador (base plúmbica mixta)

La base plúmbica mixta (BPM) se llama así porque contiene minerales crudos y frita de plomo 3).

Nos basamos en la siguiente receta para 1040°C 4):

Frita plúmbica que funda hacia los 800°C	_____	80 gr
Cuarzo cribado en malla 200	_____	15 gr
Arcilla blanca	_____	5 gr

Como nosotros necesitábamos quemar a más de 1040°C, modificamos la receta:

BPM para 1100°C

Frita plúmbica que funda a los 800°C (PMC) 5)	_____	70 gr
Sílice	_____	20 gr
Barro de Zacatecas (cribado en malla 60)	_____	10 gr

En esta receta los minerales fritos tienen la función de disminuir la toxicidad del plomo y evitar posibles irregularidades que a veces suceden durante la cocción (burbujeado,

- craquelado, etcétera). Los minerales crudos (sílice y barro) elevan la temperatura de madurez y endurecen el recubrimiento. Además, como el barro es el mismo del de la pieza sobre la que se aplicó, se adhiere mejor. La sílice (SiO_2) procede del mineral cuarzo y por eso puede sustituirlo en las recetas.

La aplicación del óxido con la BPM es muy buena; se fija muy bien antes y después de la quema. Los pintamos con pincel de acuarela sobre barro de Zacatecas en estado de cuero. Movíamos constantemente el líquido antes de aplicarlo para evitar que los materiales se separaran.

La preparación se hace así: es muy importante que para todas las mezclas los óxidos estén perfectamente molidos en seco. Para ello se muelen en un mortero de porcelana durante 20 minutos. Después debe agregarse el barro de Zacatecas cribado y molerse en seco otros 20 minutos. Se agregan la sílice y la frita y se muelen en seco también durante 20 minutos. Se agrega agua poco a poco y se sigue moliendo hasta obtener un atole ligero muy fino. Los buenos resultados dependen de seguir este procedimiento.

Cada óxido requiere de un porcentaje adecuado de BPM - según Jorge Fernández Chiti (6):

óxido de cromo	50 gr	BPM 50 gr
óxido de cobalto	60 gr	BPM 40 gr
óxido de níquel	50 gr	BPM 50 gr
óxido de hierro	50 gr	BPM 50 gr

Se aplicaron sobre plaquitas de barro de Zacatecas divididas en dos partes. De un lado una capa mediana (atole muy ligero) y del otro una gruesa (dos pasadas). Se quemaron en semirreducción a cono 03 en horno a gas. Los resultados fueron positivos. Los óxidos se aplicaron con facilidad y no hubo desprendimiento ni antes ni después de la quema. El color quedó muy bien, en la capa delgada un poco más claro que en la gruesa.

TABLA DE OXIDOS CON BASE PLUMBICA MIXTA, CONO 03, HORNO A GAS, ATMOSFERAS SEMIRREDUCTORA Y REDUCTORA.

Oxido con BPM	Semirreducción	Reducción
Sb_2O_3	desaparece	
Cr_2O_3	verde hoja intenso	verde hoja
CuO	negro con luces café	café claro, tiende a desaparecer
FeO	vino	café con luces siena
Fe_2O_3	rojo quemado	rojo quemado blancuzco
MnO_2	café claro muy brillante	café claro muy brillante, burbujeado
Ni_2O_3	verde olivo	pardo
TiO_2	amarillo	-

TABLA DE OXIDO CON AGUA Y CON DISTINTOS AGENTES FIJADORES - (GOMA ARABIGA Y BASE PLUMBICA MIXTA). HORNO A GAS, ATMOSFERA SEMIRREDUCTORA, CONO 03.

Oxido	Agua	Goma arábica	BPM
Sb_2O_3	desaparece	blanco-crema	-
Cr_2O_3	verde hoja	verde hoja	verde hoja intenso
CuO	negro mate	café negro	negro brillante - con luces café
CoO	azul negro con luces- azules	azul negro con luces - ultramar	gris-azul oscuro
FeO	tierra - naranja	vino oscuro	vino
Fe_2O_3	rojo quemado	rojo quemado	rojo
MnO_2	café	café	café claro muy - brillante
Ni_2O_3	-	verde seco	verde olivo
TiO_2	-	amarillo - pálido	-

Se quemaron también en atmósfera reductora a cono 03 y los colores, en algunos casos, se opacaron, burbujearon, brillantaron o desaparecieron. Por otro lado, se aclaran. En la capa delgada algunos quedaron bien pero en la gruesa, por lo general, mal.

En el caso de los óxidos de cobre, manganeso y titanio nosotros calculamos la cantidad de BPM aumentando su proporción hasta el 89-90% para observar los resultados:

Óxido de cobre negro	10 gr	BPM 90 gr
Óxido de manganeso	15 gr	BPM 85 gr
Óxido de titanio	20 gr	BPM 80 gr

En los tres casos, tanto en atmósfera reductora como en semirreductora, en la capa mediana como en la gruesa se nota el exceso de BPM en el brillantamiento y burbujeado de cada recubrimiento. Los resultados fueron barnices de mala calidad, excedidos de su punto de fusión.

3.2.4 Con bórax y con frita de plomo como agentes fijadores

El bórax y el plomo son dos fundentes típicos para bajas - temperaturas. Por esta razón se probó usarlos como agentes fijadores, pero no mezclados con los óxidos sino aplicados - encima. Las plaquitas de barro de Zacatecas se dividieron en tres partes. Se les dio una mano de óxido con agua, sin lijar; en la parte central se les sobrepuso una pincelada de bórax y en la lateral una de frita plúmbica.

a) Bórax (ácido bórico o anhídrido bórico B_2O_3)

Es un fundente muy activo. Se emplea generalmente fritado porque es hidrosoluble en estado crudo. Intensifica el efecto de los colorantes.

Nosotros no lo utilizamos en frita y por eso su aplicación fue muy difícil. Con el agua cambia sus propiedades - físicas (se conglomerada, tiende a hacerse bloque), de ahí - que la pincelada que aplicamos sobre el óxido quedara gruesa y poco homogénea.

Los resultados en todas las atmósferas fueron negativos en cuanto a nuestras intenciones de conseguir la fijación - del óxido sin llegar a la fusión, sin embargo son interesantes. Los colores desaparecieron o se degradaron, el bórax dió una capa brillante y dispareja y en algunos casos sólo quedó el vidriado transparente. El bórax aplicado de esta manera es imposible de controlar.

b) Frita de plomo

El plomo es tóxico aun fritado 7).

La frita de plomo es un fundente muy activo. Se aplicó encima de los óxidos y se quemaron en horno a gas en las tres atmósferas y a la misma temperatura que las pruebas - anteriores. Al aplicarla con pincel los óxidos se levantaban, dando resultados disparejos. Los colores se observaron brillantes y, en algunos casos, transparentes.

Los tres resultados que se apegaron a nuestros objetivos se quemaron en semirreducción (horno a gas):

1. Óxido de antimonio Sb_2O_3 , dio blanco mate.
2. Óxido de cromo Cr_2O_3 , dio un verde intenso un poco - metálico.
3. Óxido de hierro negro, dio un café oscuro brillante.

3.3 Oxido sobre óxido.

Una vez que se encontraron dos tipos de agente fijador satisfactorio, decidimos sobreponer una capa de óxido a otro para observar los cambios en el color. Las combinaciones - fueron al azar. Por ejemplo, sobre una plaquita de barro de Zacatecas aplicamos óxido de antimonio con un agente fijador, y en la mitad de la prueba sobrepusimos óxido de hierro rojo con el mismo agente fijador.

3.3.1 Oxido sobre óxido aplicados con goma arábica.

El sobreponer un óxido con goma arábica a otro fijado con la misma sustancia dio buenos resultados.

TABLA DE RESULTADOS DE OXIDO SOBRE OXIDO FIJADOS CON GOMA ARABIGA. ATMOSFERA SEMIRREDUCTORA, HORNO A GAS, CONO 03.

<u>Base</u>	<u>Oxidos Sobrepuesto</u>	<u>Color resultante</u>
Sb ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	ocre disparejo
	TiO ₂	amarillo disparejo
Cr ₂ O ₃	Sb ₂ O ₃	verde blancuzco
	TiO ₂	ocre amarillo
CuO	Fe ₂ O ₃	negro, tiende a metalizar
	TiO ₂	ocre claro con puntos oscuros
CoO	Sb ₂ O ₃	azul colbalto
	FeO	negro rojizo
	Fe ₂ O ₃	negro
FeO	Sb ₂ O ₃	naranja rojizo
	Cr ₂ O ₃	café verdoso
Fe ₂ O ₃	CuO	café que tiende al negro
	FeO	vino oscuro
	MnO ₂	negro
	Ni ₂ O ₃	castaño
MnO ₂	Sb ₂ O ₃	café oscuro con luces
	Cr ₂ O ₃	verde hoja con zonas rojizas
	FeO	negro mate
	TiO ₂	café con luces siena
Ni ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	castaño oscuro
TiO ₂	Cr ₂ O ₃	verde hoja con halo naranja
	CoO	azul verdoso disparejo
	FeO	castaño medio
	Ni ₂ O ₃	verde seco amarillento

3.3.2 Oxidos sobre óxido aplicados con BPM

Las combinaciones y la forma de aplicación fueron las mismas que con la goma arábiga, sólo que la atmósfera fue reductora. En muchos casos el resultado fue negativo porque, al superponer una capa a otra, el porcentaje de BPM aumentó y se provocó una fusión imprevista, y en gran parte los óxidos se abriillantaron, quedaron disperejos, burbujearon y se craquelaron.

En la atmósfera reductora los colores se opacaron y, en a mayoría de los casos se oscurecieron.

Las combinaciones mejores fueron:

	<u>Oxido de base</u>	<u>Oxido sobrepuesto</u>	<u>Resultado</u>
a)	antimonio	fierro rojo	vino quemado
b)	antimonio	titanio	amarillo pálido
c)	cobalto	fierro negro	negro metálico
d)	cobalto	fierro rojo	negro metálico
e)	fierro rojo	fierro negro	vino
d)	fierro rojo	manganeso	café negro
e)	fierro negro	antimonio	café óxido

3.4 Conclusiones

Los óxidos son excelentes colorantes y pueden utilizarse - prácticamente sin mezclar con otros minerales. En el caso que se apliquen sólo con agua recomendamos quemarlos a - temperaturas más altas que el cono 03 para que se logre la adherencia al objeto cerámico; la excepción a esta sugerencia es el óxido de cobre y el de manganeso, que abrillantarían si se cocieran a tales temperaturas.

Sabemos que los óxidos aplicados con agua sobre la - pieza quemada a bizcocho y luego lavados con esponja dan un resultado muy interesante, pues penetran el poro sin - cubrir la textura del barro.

Con las cantidades mínimas de distintos tipos de - agente fijador los óxidos dan muy buenos resultados de

color. Los mejores vehículos que hemos experimentado son la goma arábica , o en su defecto un jarabe de agua con - azúcar o con miel, o la base plúmbica mixta. Si se utiliza alguno de ellos y si no se agrega una cantidad excesiva de óxido colorante la fijación será buena. Otra opción es mezclar el óxido con algún fundente en la mínima proporción indispensable para que se fijen al barro sin alcanzar la - fusión.

En el caso de que la goma arábica o el jarabe de azúcar no fijen el óxido después de la quema, hay dos opciones: agregar algún fundente en una pequeñísima proporción o incrementar la temperatura.

Hay que disminuir la BPM en las pruebas que llegaron a la fusión, disminuir la temperatura o calcular una BPM con menor cantidad de fundente o mayor de sílice y barro.

Si se quieren sobreponer fundentes o un barniz al óxido crudo es imprescindible aplicarlo con goma arábica o jarabe de azúcar para que no se levante ni haga una mezcla dispareja.

Si se quiere evitar la huella de la pincelada puede - pintarse por aspersion o , después de cocida la pieza, por inmersión.

IV. ENGOBES

4.1 Diferencia entre engobe y vidriado

A falta de estudios específicos sobre engobes a los que poder recurrir, hemos tenido que remitirnos a los vidriados para poder entender el comportamiento de los minerales que intervienen en el color cerámico. Por esta razón este capítulo será de carácter comparativo.

El engobe, como el vidriado, es, más que el producto de un proceso químico, el resultado del calentamiento y el enfriamiento de minerales cristalinos. Todos ellos se convierten en óxidos metálicos a cierta temperatura. Al producto se le llama eutéctico --es decir, mixto-- porque las propiedades de los diferentes elementos se alteran con la mezcla y con la exposición al fuego.

Tradicionalmente se ordenan los óxidos de los recubrimientos en tres grupos que se combinan en diferentes proporciones, según el efecto que se necesite: 1) fundentes, 2) alúmina y 3) sílice; un cuarto grupo es el de los óxidos colorantes adicionales, que no entran en el cálculo por las razones que explicaremos más adelante. Aunque los materiales que intervienen en engobes y vidriados son los mismos, la diferencia está en que, dado el resultado distinto que se requiere en ellos, la proporción entre los óxidos de cada grupo varía. Es oportuno decir que los límites entre ambos no están claros para muchos autores y que a veces existen divergencias en cuanto a su definición. Algunos consideran al engobe como una simple base para colocar encima un barniz. En el taller de la ENAP seguimos el criterio de definirlos como pastas colorantes que contienen básicamente barro y que se sujetan únicamente a su temperatura de madurez, pero no a la fusión, dando, por lo tanto, un resultado arcilloso en oposición al aspecto vítreo del vidriado. En otras palabras, podría considerarse al engobe como un vidriado crudo o al vidriado como un engobe fundido 1)

El engobe se ha estudiado poco químicamente, a diferencia del vidriado, en parte porque, por no ser impermeable, higiénico, etcétera, no ha tenido interés para la industria. Y también por no requerir un cálculo elaborado debido a que funciona en un amplio margen de temperatura.

Hay una gran cantidad de cubiertas que lindan entre el barro y el vidriado. Existe la posibilidad de producir "engobes vítreos" simplemente mediante la fusión de un barro o bien haciendo una composición en la que la arcilla sea la mínima necesaria para asegurar la adherencia del engobe (de un 10 a un 20%) y la sílice y los fundentes se añadan en cantidad mayor a la usual en los engobes mate.

4.2 Los tres grupos de óxidos que intervienen en los recubrimientos

GRUPO BASICO* (RO-R ₂ O)	GRUPO NEUTRO (R ₂ O ₃)	GRUPO ACIDO (RO ₂ - R ₂ O ₃)
Oxido de sodio Na ₂ O	de alúmina Al ₂ O ₃	de sílice SiO ₂
de potasio K ₂ O	de fierro F ₂ O ₃	de titanio TiO ₂
de magnesio MgO	de antimonio Sb ₂ O ₃	de zirconio ZrO ₂
de calcio CaO	de cromo Cr ₂ O ₃	de cerio CeO ₂
de zinc ZnO	de manganeso Mn ₂ O ₃	de estaño SnO ₂
de plomo PbO		bórico (B ₂ O ₃)**
de bario BaO		
de níquel NiO		
de litio Li ₂ O		
de fierro FeO		
de manganeso MnO		
de cadmio CdO		
de cobalto CoO		
de cobre CuO		
de estroncio SrO		
bórico (B ₂ O ₃)**		

* R representa el metal y O el oxígeno.

** Se señalan con paréntesis los óxidos que actúan en más de un grupo (anfotéricos).

Todos estos materiales son el resultado de la oxidación de minerales crudos al exponerse al rojo vivo: en ese momento, o a temperaturas mayores, los materiales volátiles, como el carbono y el azufre, se evaporan y dejan en la superficie varios óxidos cuya fusión comienza individualmente al principio y luego se hace común.

Para efectos del cálculo químico es más fácil considerar a los materiales en su forma calcinada. Los minerales crudos se incorporan calculando los óxidos que pueden producir en el resultado final.

Comparativamente, se usan pocos óxidos en los recubrimientos, pero sus combinaciones y sus proporciones dan resultados infinitos. Excepto los que se mencionaron en el capítulo de colorantes cerámicos, todos son incoloros y tienen la función de crear el cuerpo de la cubierta.

a) En el grupo ácido el elemento más común es el óxido silícico (SiO_2), que se incorpora al engobe en la forma de arcilla (ya sea caolín, barro blanco o rojo), feldespatos, wolastonita, sienita nefelínica, cuarzo y sílice.

La sílice es indispensable para formar el vidrio; en los vidriados es el elemento básico (por sí sola forma un barniz fusible a los 1713°C), al que se le añaden los otros minerales en pequeñas cantidades para modificar su punto de fusión o para darle algunas características físicas (carácter mate o transparente, opaco o translúcido, liso o texturado). En los engobes se requiere en menor proporción.

La sílice vitrificada tiene un corto coeficiente de expansión: aumenta la dilatación térmica del cuerpo cerámico durante la quema, pero disminuye la del recubrimiento, con lo que favorece su mutua adaptación. Esta es mejor si se usa como fuente de la sílice para un recubrimiento el mismo barro del objeto. Por ejemplo, en caso de quererse recubrir una pieza hecha con barro de Zacatecas es recomendable hacerlo con una receta que lo contenga.

Da resistencia física al recubrimiento después de la cocción: la dureza de éste es directamente proporcional a la cantidad de sílice aportada 2). Su exceso puede producir un carácter muy refractario, agrietamiento --porque hace que la cubierta encoja mucho-- y opacidad.

b) El segundo grupo es el de los óxidos neutros o anfóteros, llamados así por su papel indiferente: a veces se unen a las bases y a veces a los ácidos. El principal de ellos es el óxido de aluminio --punto de fusión: 2040°C-- que se incorpora al engobe como arcilla, feldespato o sienita nefelínica. Como es tan refractario, no se debe añadir a los recubrimientos en demasiada cantidad, a menos que se trabaje con altas temperaturas.

La alúmina se necesita para lograr un engobe más estable, menos fluido; en otras palabras, tiene el papel de hacer que los otros materiales permanezcan adheridos durante la fusión sin resbalar por las paredes verticales.

Otra función importante de la alúmina es la de evitar la opacificación del vidriado durante el enfriamiento: sin alúmina los vidriados tendrían superficies de texturas irregulares y se recrystalizarían al enfriarse. De hecho, cuando se necesita una superficie cristalizada se evita poner alúmina al vidriado. Aporta, como la sílice, dureza, durabilidad y resistencia a la tensión. Como veremos, la apariencia "cruda" propia del engobe requiere de una mayor proporción de alúmina que la que se requiere en los vidriados. No obstante, su exceso causa una apariencia de resequedad.

c) El grupo de los óxidos fundentes es imprescindible en engobes y vidriados, sobre todo en éstos, porque la sílice y la alúmina son muy refractarias y necesitan de elementos que ayuden a bajar la temperatura de integración del recubrimiento. Hay que recordar que esta temperatura debe ser menor que la de madurez del objeto cerámico.

El punto de fusión puede rebajarse:

- a) Incrementando la cantidad de fundentes más activos (PbO , Na_2O , K_2O).
- b) Rebajando la cantidad de alúmina y sílice.
- c) Disminuyendo los óxidos fundentes menos activos (MgO , BaO), en favor de los más activos.
- d) Agregando óxidos colorantes que sean fundentes activos, como el de fierro, cobalto y cobre.
- e) Agregando todos los minerales muy finamente molidos y muy bien mezclados para que el contacto entre ellos sea mayor; o incorporándolos en frita.

Los óxidos tienen diferente valor de fusión: los hay de baja, mediana y alta temperatura. Los principales, en orden decreciente de fusibilidad, son los siguientes:

PbO , BaO , K_2O , Na_2O , ZnO , (BaO), MgO , CaO

El BaO va después del PbO si está calcinado, pero detrás del ZnO si está crudo 3). Hay que añadir a esta lista el óxido bórico.

- a) El plomo es un fundente activo desde las más bajas temperaturas hasta el cono 5. Más allá comienza a volatilizarse.
- b) El K_2O y el Na_2O son fundentes muy potentes.
- c) Las tierras alcalinas MgO y BaO son fundentes activos sólo a altas temperaturas. Antes del cono 4 inhiben la fusión en lugar de promoverla.
- d) El ZnO se usa como fundente desde el cono 1 hasta las más altas temperaturas. En pequeñas cantidades funciona como catalizador para promover la fusión de otros óxidos.

Tradicionalmente se han usado cenizas de carbón y madera combinadas con PbO para recubrimientos de baja temperatura y cenizas de huesos para alta temperatura.

Los principales óxidos fundentes se obtienen por la calcinación de los siguientes minerales:

MINERALES:	OXIDOS FUNDENTES:
Minio Pb_3O_4	PbO
Litargirio PbO	PbO
Feldespato de potasio $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$.	K_2O
Salitre (nitrato potásico):	
$K_2O \cdot N_2O_5$ (2KNO ₃)	K_2O
Feldespato de sodio $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$.	Na_2O
Bórax $Na_2O \cdot 2B_2O_3 \cdot 10H_2O$.	Na_2O
Sienita nefelínica $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$.	Na_2O .
Carbonato sódico Na_2CO_3	Na_2O
Criolita Na_2AlF_6	Na_2O
Sodio cristalizado $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$.	Na_2O
Feldespato de calcio $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$.	CaO
Borato de calcio $CaO \cdot B_2O_3 \cdot 2H_2O$.	CaO
Colemanita $2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 5H_2O$.	CaO
Cenizas de hueso $Ca_3(PO_4)_2$	CaO
Carbonato de calcio $CaCO_3$	CaO
Dolomita $CaCO_3 \cdot MgCO_3$	CaO
Wolastonita $CaO \cdot SiO_2$	CaO
Carbonato de magnesio $MgCO_3$	MgO
Talco $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$	MgO
Dolomita $CaCO_3 \cdot MgCO_3$	MgO

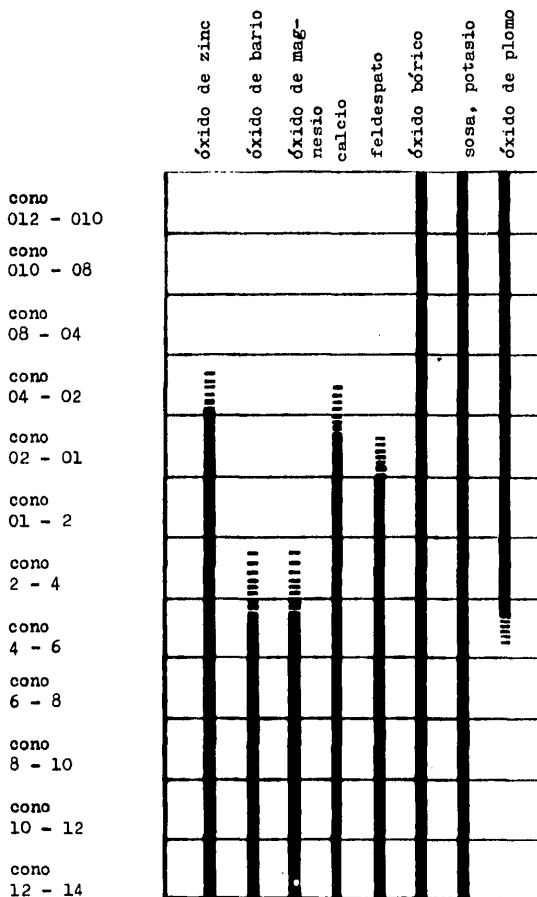
MINERALES

Carbonato de Litio Li_2CO_3 Lepidolite $\text{LiF.KF.Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ Petalite $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ Spodúmen $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ Aluminato de litio LiAlO_2 Silicato de litio Li_2SiO_2

OXIDOS FUNDENTES

 Li_2O Li_2O Li_2O Li_2O Li_2O Li_2O

TABLA IX. RANGO DE TEMPERATURA DE LOS PRINCIPALES OXIDOS



Todos nuestros engobes, menos los siete primeros que no llevan fundente adicional a la arcilla, tienen por base al plomo. Los que están hechos con barro de Oaxaca contienen además CaCO_3 y Fe_2O_3 naturalmente incluidos.

El plomo es, por tradición, el medio de fusión más empleado para bajas y medianas temperaturas (funde a los 1050°C) debido al amplio margen en su temperatura de madurez, a que se combina fácilmente con los demás elementos del engobe y da una gran paleta de colores y matices. También a que tiene la tendencia a producir un vidriado liso, brillante y sin manchas o con efectos mate, texturados, opacos y transparentes mediante el agregado de ciertos minerales. No es totalmente incoloro --en los vidriados da un ligero tono amarillo pálido-- , pero tiene una influencia favorable sobre la mayoría de los óxidos colorantes. Además, tiene un bajo coeficiente de dilatación que favorece la adaptación de los recubrimientos al barro sin problemas; funde de manera paulatina. Todas estas cualidades lo hacen uno de los fundentes más estables que hay.

Desde el punto de vista de la coloración es preferible _ aportarlo en la forma de minio (Pb_3O_4) por su alto contenido de oxígeno.

Algunas desventajas del uso del plomo son las siguientes: Los vidriados que contienen ese óxido se deben quemar en atmósfera oxidante porque se reduce muy fácilmente, provocando ampollas y oscurecimiento. No sucede eso con los engobes, que reducidos dan muy buen resultado.

Es muy venenoso cuando se maneja crudo; y aún calcinado debe utilizarse con cuidado. No obstante, los silicatos de plomo pierden su toxicidad si contienen dos moléculas de sílice por una de plomo 4). Los vidriados de plomo, aún cocidos; se consideran tóxicos porque, en reacción con ácidos débiles (jugo de tomate, limón o naranja), se libera ese mineral. Esto se debe a que contienen poca sílice y/o a que están cocidos a menos de 1000°C , lo que los hace inestables 5). En realidad los únicos vidriados peligrosos son los que contienen exceso de plomo en relación a la sílice y a otros óxidos o bien los que están quemados a muy bajas temperaturas. Para evitar la toxicidad tendrán que contener cuando menos tres moléculas

de sílice por una de plomo, o si es posible más. Además - deberán llevar tantos óxidos de los grupos RO y R_2O como sea posible y tanta alúmina como se pueda sin inhibir la fusión 6). Los vidriados de plomo deberán quemarse al - menos a cono 04, aunque preferiblemente a más temperatura 7):

Por supuesto, los engobes de plomo son muy inestables y nunca deben utilizarse para cacharros de cocina, a no ser como cubiertas exteriores.

Hay evidencia de que los vidriados quemados en horno eléctrico son más solubles que los que se cuecen a gas o a petróleo. Aplicados en capa gruesa son más solubles que en capa - delgada. Por otro lado, el CuO mezclado con plomo aumenta su solubilidad al ácido 8)

Otros fundentes que hemos usado en esta investigación - son los óxidos de magnesio, zinc, antimonio y boro.

El óxido de magnesio se usa principalmente como fundente para altas temperaturas. No aporta opacidad, ni carácter - mate. Su exceso causa resequedad y puede producir agrietamientos.

El óxido de zinc es un fundente común en medianas y altas temperaturas; es activo desde el cono 01 en adelante, pero - sólo si se usa en pequeñas cantidades, ya que en mucha proporción produce resequedad y un carácter mate excesivo. Aunque no es tan poderoso como el óxido de plomo, se emplea como - sustituto suyo. En Inglaterra, por ejemplo, se deserralló el vidriado Bristol, que se componía con ZnO en pequeñas cantidades con CaO , MgO y BaO como fundentes sustitutos del plomo.

El óxido bórico es un mineral de alto valor fundente - desde tempranas temperaturas hasta las más altas, comparable al del plomo, al del sodio o al potasio. Como es un material hidrosoluble, conviene introducirlo en frita.

Forma boratos que reducen la expansión del recubrimiento. Es común usarlo para corregir el agrietamiento. Como el sodio o el potasio, intensifica el color en los vidriados.

Los vidriados de plomo-boro son muy estables, tienen mucha homogeneidad en el color y una temperatura de fusión amplia.

d) El último grupo es el de los óxidos colorantes. Con los no-colorantes se consigue un recubrimiento con ciertas características matéricas y la adición del pigmento no se toma en cuenta como variable, a pesar de que siempre tiene su comportamiento químico dentro de alguno de los tres primeros grupos (por lo general en las bases). Esta exclusión se justifica porque, para los fines de la cerámica artística y artesanal, no se requiere mucha exactitud en los cálculos, pero sobre todo porque es más conveniente tomar la coloración como variable independiente al resultado matérico, de manera que puedan controlarse ambas cualidades por separado. La cerámica industrial de precisión, por el contrario, sí necesita tomar en cuenta a todos los minerales que entran en las mezclas.

4.3 Proporción de los óxidos en vidriados y engobes

El producto de los recubrimientos cerámicos después de la calcinación es una variedad de silicatos que difieren entre sí por la proporción molecular de sus óxidos. En este momento interviene la estequiometría 9) para determinar la equivalencia entre el peso de los minerales en bruto y las cantidades moleculares de los óxidos requeridos. Como los minerales se transforman en óxidos, es necesario conocer su composición química para saber la cantidad en la que se deben aportar, en base al modelo teórico de recubrimiento que se desee.

La fórmula de Seger 10) tiene por norma establecer una unidad molecular en el grupo básico para que sirva de parámetro con respecto a los otros dos y con respecto a otros vidriados. Como ya se dijo, la proporción entre los tres grupos se decide según el resultado que se requiere (brillantez, opacidad, temperatura de fusión, etcétera). Por ejemplo, la fusibilidad tiene que ver con la relación básico-ácido del recubrimiento.

Por las cifras que se indican para cada óxido se puede prever su resultado. Ellas dan a entender el número de moléculas relativo de cada óxido en relación con los otros (equivalente molecular).

Podría decirse que la cantidad relativa de los grupos neutro y ácido es constante a cualquier temperatura; lo que varía es su cantidad absoluta y su relación con el grupo de los fundentes. Dado que ambos dan la dureza y la permanencia a los recubrimientos, conviene aportarlos en la mayor cantidad posible. Aunque la proporción molecular de los grupos en los vidriados es variable, puede generalizarse que el óxido de aluminio debe ser una décima parte de la sílice 11). En los vidriados de baja temperatura la sílice debe estar en proporción de dos partes con respecto a los otros óxidos, mientras que en los de alta su proporción debe ser tres o cuatro veces la de ellos 12).

Los engobes tienen otro tipo de equilibrio: en nuestros resultados podemos observar que la relación neutro-ácido es de uno a diez, sino en la mayoría de los casos de uno a cinco y en otros hasta de uno a dos, para el cono 03. A continuación pueden observarse algunas de las composiciones moleculares de engobes de esta tesis 13). Compárense con las composiciones de vidriados y nótese la diferencia:

- a) Engobes 8, 12, 13, 15, 16: PbO 1, Al₂O₃ 0.73, SiO₂ 1.50
(relación 4.8 a 10).
- b) Engobe 15b: PbO 1, Al₂O₃ 0.86 SiO₂ 1.77
(relación 4.8 a 10)
- c) Engobe 18c: PbO 1 Al₂O₃ 2.8 SiO₂ 11
(relación 2.5 a 10)
- d) Engobes 24 a 33: PbO 0.4 } Al₂O₃ 0.9 SiO₂ 4.8
MgO 0.6 }
(relación 1.8 a 10)
- e) Engobes 30c y 30d: PbO 0.5 } Al₂O₃ 0.7 SiO₂ 4.0
MgO 0.5 }
(relación 1.7 a 10)

La proporción de la sílice y la alúmina para vidriados de diferentes temperaturas es, en términos generales, la siguiente 14):

CONO (SEGER)	RO	R ₂ O ₃	RO ₂
010	1	0.10	1
09	1	0.11	1.1
08	1	0.12	1.2
07	1	0.13	1.3
06	1	0.14	1.4
05	1	0.15	1.5
6	1	0.25	2.5

El punto de fusión aumenta alrededor de 20°C por 0.10 molécula de sílice añadida 15).

A manera de ejemplo damos la siguiente fórmula empírica de un vidriado fusible a 900°C: PbO 1 Al₂O₃ 0.1 SiO₂ 1.

Si se quiere modificar la temperatura a 1000°C, hay que probar aumentando la sílice y la alúmina a expensas de los fundentes: PbO 1 Al₂O₃ 0.15 SiO₂ 1.5.

4.4 Composición de los engobes de acuerdo a las necesidades de de aplicación.

Los engobes tienen muchas ventajas sobre otro tipo de recubrimientos, como la plasticidad, la facilidad de aplicación y su homogeneidad con el objeto que decoran. Según Daniel Rhodes 16) deben llenar las siguientes características:

- a) poder cubriente.
- b) menor encogimiento que el cuerpo cerámico.
- c) endurecimiento a una temperatura un poco más baja que la de madurez de la cerámica.
- d) muy buena adherencia en caso de que se les recubra con un barniz estando crudos.

Según Rhodes 17) los materiales propios de los engobes se pueden agrupar en estas categorías:

- a) Barros. Necesitan tener un grado de encogimiento adecuado en relación al barro sobre el que se apliquen.

b) Fundentes. Se requieren en una cantidad suficiente para endurecer el engobe sin fundirlo.

c) Sílice. Es conveniente aportarla en un 25 o 30 % de la composición para dar dureza y reducir el encogimiento de la cubierta.

d) Agente fijador. Es necesario para evitar que el engobe crudo se disuelva si se cubre con una capa de barniz. Suele usarse el bórax porque, siendo hidrosoluble, tiende a recristalizarse al secar el engobe, produciendo una superficie dura.

e) Opacificantes. Se requieren para conseguir colores claros, para evitar la posible transparencia del engobe cuando se aplica sobre un barro oscuro. Es común utilizar el óxido de zirconio ZrO_2 , que permite aplicar una capa delgada sin peligro de que se transparente. El óxido de estaño SnO_2 tiene las mismas cualidades, pero es más caro.

A continuación se presentan diferentes composiciones de engobes según el estado del barro sobre el que se aplican 18):

Temperatura:	Cono 08-1			Cono 1-6			Cono 6-11		
	cuero	seco	bizcocho	cuero	seco	bizcocho	cuero	seco	bizcocho
Estado del barro:									
Caolín	25	15	5	25	15	5	25	15	5
Ball clay	25	15	15	25	15	15	25	15	15
Caolín calcinado		20	20		20	20		20	20
Frita plúmbica	15	15	15			5			5
Sienita nefelínica				15	15	20			5
Feldespató							20	20	20
Talco	5	5	15	5	5	5			
Sílice	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Zircopax	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Bórax	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Los engobes tienen un alto índice de tolerancia en cuanto a las cantidades de minerales que se aportan; éstas tienen que agregarse en buena proporción para que se noten los cambios.

4.5 Preparación y aplicación del engobe

Los minerales se pesan y se mezclan en seco en un mortero o bien se les añade agua, se les agita bien, se dejan reposar y se criban en una malla del 80 o 100 (nosotros utilizamos con éxito una media de nylon). El agua se añade _ hasta conseguir una barbotina de consistencia de atole, - que se debe de mover cada vez que se quiera tomar de ella, ya que los materiales pesados como el feldespató, la frita de plomo, el níquel, el cobre, el cobalto, etcétera, se - depositan en el fondo. De no hacerse así se obtendrá una capa poco homogénea. Una solución a este problema es añadir bentonita a la receta, que mantiene a los materiales pesados en suspensión. También puede usarse para ese fin - vinagre de vino.

El grosor de la capa debe ser de 2mm como máximo para evitar cuarteaduras, aunque es la necesidad de expresión - de cada artista la que determina si el engobe se aplica - en varias manos, como transparencia, esfumado, etcétera.

Preferentemente debe aplicarse en el estado de cuero del barro, a menos que se prepare una composición para - cubrirlo seco o cocido. Si se pinta sobre barro seco la adherencia es menor porque la pieza absorbe la humedad - de la cubierta; en ese caso hay peligro de agrietamiento. Si se quiere bruñir el engobe es mejor hacerlo cuando - éste y el barro de la base conservan aún la humedad.

Los engobes permiten la cocción simultánea del decorado y el objeto o también pueden quemarse en varias etapas.

Las formas de aplicación son muchísimas: con pincel, dulla, por irrigación, esponjeado, aspersión, inmersión, - estampado en serigrafía, haciéndoles encima texturas, - esgrafiados, incisiones, etcétera. Pueden fabricarse - plantillas con látex líquido, cera o papel recortado y - adherido al barro por humedecimiento. La utilización de la serigrafía en cerámica es un campo muy experimentado - en la industria y la artesanía pero poco en la escultura. Para imprimir engobes con serigrafía puede sustituirse el agua por algún aceite (por ejemplo de linaza); debe usarse un bastidor con malla abierta u organza sobre superficies planas o bien sobre formas irregulares para las que se - puede fabricar un bastidor especial.

4.6 Recetario

La técnica de los engobes consiste, en su forma más antigua, en la utilización del color natural de la arcilla - dado por los procesos geológicos evolutivos. La mezcla - de una arcilla con agua es el engobe más simple.

Cuando se necesite obtener tonos claros es necesario usar un barro o una pasta blancos, libres de óxido de - fierro.

Los colores más fáciles de conseguir son los terrosos: ocre, arenas, grises, negros, cafés y rojizos. En general, los óxidos colorantes dan el mismo color que cuando se aplican en su forma pura, aunque con variaciones de tono. - Tienen que aportarse en mayor cantidad que en los vidriados para que pinten lo suficiente. Si se cubre el engobe con un barniz el color se intensifica notablemente.

La mayoría de nuestras recetas están basadas en cálculos empíricos de los minerales en gramos. Sólo se ha podido aplicar la estequiometría a posteriori y en algunos - casos, ya que no se conocen las fórmulas de algunos minerales (por ejemplo de los barros de Oaxaca y Zacatecas).

Todas las pruebas de engobes se quemaron a cono 03 y las que se cocieron a horno eléctrico, a 1101°C. Las - variaciones de color dadas por el uso de diferentes minerales y atmósferas pueden observarse en las tablas al final de este capítulo.

4.6.1 Engobes conseguidos mediante la adición de óxidos - colorantes a una arcilla.

La arcilla da por sí misma los minerales de los grupos - neutro, ácido y básico; sólo es necesario aumentarlos - en la cantidad necesaria para obtener el resultado y la temperatura deseados.

Este tipo de composición es la de los engobes 1 a 7 del muestrario. Como el barro de Zacatecas es muy refractario, a cono 03 no se realiza una buena integración entre sus materiales pues no se alcanza ni siquiera su temperatura de madurez. No obstante, el resultado es bueno, muy poroso, pero la permanencia de esos colores es corta, - sobre todo si se colocan en exteriores 19).

Los engobes 1, 2 y 3 quedaron pálidos por no tener la cantidad suficiente de óxidos colorantes. El 7, - café, podría convertirse en negro aumentando la cantidad de FeO o añadiendo manganeso.

- | | |
|--|-------------------------|
| 1. Desaparece 20) | 2. Café |
| 80 g barro de Zacatecas | 83 g barro de Zacatecas |
| 20 g Sb_2O_3 | 17 g MnO_2 |
| 3. Gris transparente con
manchas y puntos | 4. Verde-gris |
| 94 g barro de Zacatecas | 87 g barro de Zacatecas |
| 6 g CuO | 3 g Cr_2O |
| 5. Arena rosada | 6. Azul marino |
| 87 g barro de Zacatecas | 82 g barro de Zacatecas |
| 3 g Ni_2O_3 | 6 g ZnO |
| | 6 g CoO |
| 7. Café | |
| 80 g barro de Zacatecas | |
| 10 g FeO | |
| 5 g CoO | |

4.6.2 Engobes hechos a base de arcilla, un fundente y - óxidos colorantes

Las siguientes recetas consisten en 50% de minio y 50% - de barro o caolín, más 10, 15 o 20% de óxidos colorantes, según la intensidad de color que se deseaba 21)

Los números 9, 10, 11 y 14 son engobes vítreos; su brillantez se debe a que el barro de Oaxaca, en combinación con la alta cantidad de minio, alcanza la fusión.

Los números 8, 12, 13, 15 y 16 contienen caolín; su proporción es muy adecuada al fundente ya que los resultados son muy buenos.

- | | |
|------------------------------|-----------------------|
| 8. Rosa con manchas vino | 9. Negro brillante |
| 500 g caolín | 400 g barro de Oaxaca |
| 60 g Fe_2O_3 | 40 g Fe_2O_3 |
| 500 g Pb_3O_4 | 400 g Pb_3O_4 |
| 10. Café oscuro brillante | 11. Negro brillante |
| 400 g barro de Oaxaca | 400 g barro Oaxaca |
| 400 g Pb_3O_4 | 400 g Pb_3O_4 |
| 40 g Cr_2O_3 | 40 g CoO |
| 12. Vino rosado | 13. Neutro |
| 500 g caolín | 500 g caolín |
| 500 g Pb_3O_4 | 500 g Pb_3O_4 |
| 100 g Fe_2O_3 | 60 g CuO |
| 14. Castaño oscuro brillante | 15. Azul marino |
| 400 g barro de Oaxaca | 500 g caolín |
| 400 g Pb_3O_4 | 500 g Pb_3O_4 |
| 40 g CuO | 60 g CoO |

16. Verde-gris

500 g caolín

500 g Pb_3O_4 60 g Cr_2O_3

Las engobes anteriores con base de caolín tienen la siguiente fórmula: PbO 1 Al_2O_3 0.73 SiO_2 1.50.

4.6.3 Engobes 17 a 23 22)

Utilizamos fritas de plomo PMC fusible a los $800^\circ C$ en lugar del esmalte transparente que requerían las fórmulas originales y caolín en lugar de la arcilla blanca (a excepción de los engobes 22 y 23, en los que usamos barro de Zacatecas). El efecto que da la mezcla con barro blanco es distinto del que da con caolín, pues éste provoca colores más apastelados y una superficie menos porosa. Además, estas recetas contienen sílice. Los números 19, 22 y 23 contienen ZnO , que afecta la coloración de algunos óxidos; por ejemplo, hace café al cromo y ocre al hierro rojo.

17. Verde turquesa

70 g caolín

30 g sílice

15 g fritas de plomo PMC

6 g CoO 3 g Cr_2O_3

18. Azul cielo

70 g caolín

30 g sílice

20 g fritas PMC

6 g CoO

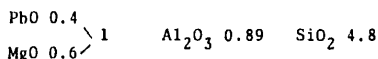
- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 19. Azul poesía | 20. Pistache claro |
| 70 g caolín | 70 g caolín |
| 15 g ZnO | 30 g sílice |
| 15 g frita PMC | 30 g frita PMC |
| 3 g CoO | 3 g Cr ₂ O ₃ |
| 21. Arena café | 22. Ocre |
| 70 g caolín | 70 g barro de Zacatecas |
| 30 g sílice | 15 g ZnO |
| 30 g frita PMC | 15 g frita PMC |
| 10 g MnO ₂ | 8 g Fe ₂ O ₃ |
| 23. Café rosado | |
| 70 g barro de Zacatecas | |
| 20 g sílice | |
| 8 g ZnO | |
| 15 g frita PMC | |
| 8 g TiO ₂ | |
| 5 g Fe ₂ O ₃ | |

4.6.4 Engobes conseguidos con una mezcla de arcilla, sílice, talco y minio. 23)

El talco favorece la adaptación del engobe al barro. --
A continuación podrán observarse las variaciones de -
color que dan los diferentes barros de base.

a) Engobes 24 a 33. Están hechos con base de caolín. -
Dan una buena gama de colores (café, verdes, un azul,
rojos y un amarillo).

La fórmula RO de la receta base es:



b) Engobes 34 a 43. En ellos se substituyó el caolín por barro de Oaxaca. Es interesante observar cómo se incrementó el número de engobes café, en relación a las recetas de caolín; ésto se debe seguramente al Fe_2O_3 del barro de Oaxaca. Aunque éste es de baja temperatura, no se llegó a la fusión en ningún engobe.

c) Engobes 44 a 53. En lugar de caolín se aportó barro de Tonalá. Las diferencias de color y tonalidad son notables.

En los tres grupos (a, b y c) los engobes que contienen CuO y MnO_2 mezclados (25, 35 y 45) y los que llevan CuO , MnO_2 y Fe_2O_3 mezclados (28, 38 y 48) tienden a dar una apariencia metálica.

Base de caolín:	Base de Oaxaca:	Base de Tonalá:
45 g caolín	45 g barro Oaxaca	45 g barro Tonalá
25 g sílice	25 g sílice	25 g sílice
15 g talco	15 g talco	15 g talco
15 g Pb_3O_4	15 g Pb_3O_4	15 g Pb_3O_4

24. Azul marino	34. Gris oscuro	44. Gris-azul
Base de -	Base de -	Base de -
caolín	Oaxaca	Tonalá
5 g CoO	5 g CoO	5 g CoO

CAOLIN	OAXACA	TONALA
25. Café oscuro	35. Café oscuro metálico.	45. Café oscuro metálico
Base	Base	Base
10 g CuO	10 g CuO	10 g CuO
20 g MnO ₂	20 g MnO ₂	20 g MnO ₂
26. Crema amarilla	36. Ocre	46. Ocre-crema
Base	Base	base
10 g TiO ₂	10 g TiO ₂	10 g TiO ₂
27. Tierra roja	37. Vino quemado	47. Vino
Base	Base	Base
10 g Fe ₂ O ₃	10 g Fe ₂ O ₃	10 g Fe ₂ O ₃
28. Café metálico	38. Café metálico	48. Café-negro metálico
Base	Base	Base
10 g FeO	10 g FeO	10 g FeO
10 g CuO	10 g CuO	10 g CuO
10 g MnO ₂	10 g MnO ₂	10 g MnO ₂
29. Verde hoja claro	39. Café	49. Verde olivo
Base	Base	Base
10 g Cr ₂ O ₃	10 g Cr ₂ O ₃	10 g Cr ₂ O ₃
30. Blanco con pun- tos verde oscu- ros.	40. Castaño oscuro	50. Crema rosada clara
Base	Base	Base
10 g CuO	10 g CuO	10 g CuO

CAOLIN	OAXACA	TONALA
31. Tierra roja	41. Cocoa	51. Vino quemado
Base	Base	Base
10 g FeO	10 g FeO	10 g FeO
32. Desaparece	42. Ocre verdoso	52. Crema
Base	Base	Base
20 g Sb ₂ O ₃	20 g Sb ₂ O ₃	20 g Sb ₂ O ₃
33. Arena café	43. Castaño oscuro	53. Castaño medio
Base	Base	Base
10 g MnO ₂	10 g MnO ₂	10 g MnO ₂

4.6.5 Variantes de color realizadas a partir de diez - engobes del muestrario

Una vez que observamos los resultados del recetario, - escogimos diez engobes que consideramos podrían tener - variaciones interesantes al modificar sus composicio - nes.

Se quemaron en horno a gas en atmósfera semirreduc - tora a cono 03.

Agregamos minio a la prueba 14:

14. Castaño oscuro brillante	14b. Tierra naranja con - manchas oscuras
400 g barro de Oaxaca	400 g barro Oaxaca
400 g Pb ₃ O ₄	480 g Pb ₃ O ₄
40 g CuO	40 g CuO

El resultado fue negativo; salió disparejo y brillante, además de poco cubriente debido al exceso de minio.

Incrementamos la cantidad de minio a la prueba 15. El resultado, al contrario que en el caso anterior, fue positivo porque la arcilla de base, el caolín, es refractaria. Sin embargo, la variación de color fue mínima.

15. Azul marino	15 b. Azul marino
500 g caolín	500 g caolín
500 g Pb_3O_4	600 g Pb_3O_4
60 g CoO	60 g CoO

Engobe 15: PbO 1 - Al_2O_3 0.73 SiO_2 1.50

ENgobe 15b: PbO 1 Al_2O_3 0.86 SiO_2 1.77

La muestra 18 dio azul cielo. Como se buscaba un marino, rebajamos la cantidad de caolín porque tiende a degradar los colores. El resultado fue positivo.

18. Azul cielo	18b. Azul marino claro
70 g caolín	60 g caolín
30 g sílice	30 g sílice
20 g frita PMC	20 g frita PMC
6 g CoO	6 g CoO

En la variante 18c rebajamos la cantidad de caolín, sustituimos la frita plúmbica por minio y añadimos óxido de níquel.

18c. Azul marino claro
65 g caolín
30 g sílice
20 g Pb_3O_4
6 g CoO
6 g Ni_2O_3

La prueba 30 dio blanco con puntos verde oscuro y manchas. En la variante 30 b agregamos óxido de cromo - para obtener un verde con puntos, pero conseguimos un -

negro verdoso con manchas blancas. En el engobe 30d-intentamos conseguir también un verde con puntos, pero aumentando el minio en lugar de añadir óxido de cromo, con el objeto de intensificar el color del óxido de cobre por la integración que provoca el incremento de fundente. El resultado fue un blanco con manchas verdosas y puntos oscuros. Por último, en la prueba 30c agregamos minio en igual cantidad que en la 30d, pero también óxido de antimonio para conseguir una variante de color. Obtuvimos un crema con manchas y puntos oscuros.

30. Blanco con puntos verde oscuro y manchas	30b. Negro verdoso con manchas blancas	30c Crema con manchas oscuras y puntos	30d Blanco con manchas verdosas y puntos
45 g caolín	45 g caolín	45 g caolín	45g caolín
25 g sílice	25 g sílice	25 g sílice	25g sílice
15 g talco	15 g talco	15 g talco	15 g talco
15 g Pb_3O_4	15 g Pb_3O_4	25 g Pb_3O_4	25 g Pb_3O_4
10 g CuO	10 g CuO	10 g CuO	10 g CuO
	5 g Cr_2O_3	20 g Sb_2O_3	

30			30c		
PbO 0.4	Al_2O_3 0.89	SiO_2 4.8	PbO 0.5	Al_2O_3 0.74	SiO_2 4
MgO 0.6			MgO 0.5		

El engobe 31 dio tierra roja. Para subir el tono se incrementó el fierro negro al doble.

31. Tierra roja	31b Tierra roja
45 g caolín	45 g caolín
25 g sílice	25 g sílice
15 g talco	15 g talco
15 g Pb_3O_4	15 g Pb_3O_4
10 g FeO	10 g FeO

El engobe 32, coloreado con óxido de antimonio, no dio el amarillo que esperábamos, así que incrementamos la cantidad de éste al doble (prueba 32 b). El resultado fue negativo. Por otro lado, para conseguir un ocre añadimos fierro rojo al engobe 32 b y el resultado fue positivo (muestra 32 c).

32. Desaparece	32b. Desaparece	32c. Amarillo ocre
45 g caolín	45 g caolín	45 g caolín
25 g sílice	25 g sílice	25 g sílice
15 g talco	15 g talco	15 g talco
15 g Pb_3O_4	15 g Pb_3O_4	15 g Pb_3O_4
20 g Sb_2O_3	40 g Sb_2O_3	40 g Sb_2O_3
		10 g Fe_2O_3

4.7. Engobes con pigmentos G como colorantes

Los pigmentos G (glaze) son colorantes que se forman con óxidos metálicos en mínimas proporciones con sílice y aluminio. Se venden listos para colorear algún barniz transparente. Decidimos utilizarlos para poder ampliar nuestra paleta, ya que dan colores que son imposibles de obtener con los materiales tradicionales.

Los pigmentos G no alteran su color con la quema 24).

Antes de mezclarlos con engobes intentamos aplicarlos sólo con goma arábiga sobre placas de barro de Zacatecas y los quemamos en horno a gas, en atmósfera semireductora, a cono 03.

Los colores se mantuvieron iguales antes y después de la cocción; no cambiaron ni en tono ni en intensidad, y son tan cubrientes que eliminaron totalmente la naturaleza del barro. Se levantan al pasarles el dedo. Su apariencia es parecida a la de los colores vinílicos.

Posteriormente los usamos como colorantes de engobes. Elegimos cuatro engobes del muestrario y les -

sustituimos el óxido metálico colorante por una doble - o triple cantidad del pigmento que da su color respectivo. Los resultados son totalmente distintos: más pálidos, de colores muy artificiales, como de vinílica. Sólo el verde dio un color muy parecido a su equivalente de óxido de cromo.

Engobes 54 a 57:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| 54. Azul bebé | 55. Amarillo |
| Misma base que el engobe 18: | Misma base que el engobe 46: |
| 35 g caolín | 45 g barro de Tonalá |
| 15 g sílice | 25 g sílice |
| 15 g frita PMC | 15 g Pb_3O_4 |
| 12 g azul G-275 | 15 g talco |
| (en lugar de 6g de CoO) | 20 g amarillo G-440 |
| | (en lugar de 10g de TiO_2) |
| 56. Pistache medio | 57. Café siena transparente |
| Base del engobe 20: | (abrillantada). Base no. 9 |
| 30 g caolín | 50 g barro de Oaxaca |
| 15 g sílice | 50 g Pb_3O_4 |
| 15 g frita PMC | 10 g marrón G-1877 |
| 5 g verde G-3645 | (en lugar de 5 g de F_2O_3) |
| (triple cantidad que-
Cr_2O_3) | |

Por otro lado, añadimos los mismos pigmentos a cuatro engobes del maestrario ya coloreados con sus propios óxidos para conseguir cambios de color.

Mezclamos aproximadamente 30 a 50% del pigmento en polvo con el engobe líquido. La cantidad de pigmento fue aumentando cada vez porque se hacían mezclas progresivas. Por ejemplo: mezcla 1) engobe + pigmento amarillo
mezcla 2) engobe + pigmento amarillo + azul.

Se aplicaron con pincel sobre barro de Zacatecas en estado de cuero. Del lado izquierdo de cada placa se puede

apreciar el engobe original y del lado derecho el coloreado con pigmentos.

<u>Engobe original</u>	<u>Pigmento adicional</u>	<u>Quema en semirre-</u> <u>ducción (a gas,</u> <u>cono 03)</u>
	Amarillo	Café disparejo
	Ocre	Naranja óxido
	Amarillo-ocre	Naranja óxido
	Ocre-amarillo	Ocre óxido
9.Negro brillante	Marrón	Castaño rojizo brillante
	Marrón-amarillo	Ocre verdoso
	Azul	Negro brillante
	Azul-verde	Negro

<u>Engobe original</u>	<u>Pigmento adicional</u>	<u>Quema a semirre-</u> <u>ducción</u>
	Amarillo	Verde hoja oscuro
	Azul	Cerúleo
18.Azul cielo	Amarillo-azul	Verde medio
	Verde-azul	Verde turquesa
	Amarillo-verde	Verde gris
	Azul-amarillo-ocre	Verde turquesa
	Azul-rosa	Violeta
	Azul-marrón	Violeta

<u>Engobe original</u>	<u>Pigmento adicional</u>	<u>Semireducción</u>
	Amarillo	Verde limón
	Amarillo-azul	Verde
	Azul	Azul bebé
	Azul-ocre	Azul grisáceo
20.Pistache claro	Verde	Verde hoja
	Verde-amarillo	Verde pasto
	Verde-azul	Verde turquesa
	Verde-ocre	Ocre verdoso

<u>Engobe original</u>	<u>Pigmento adicional</u>	<u>Senireducción</u>
	Amarillo	Amarillo canario
	Ocre	Arena ocre
	Amarillo-ocre	Rosado crema
46.Ocre-crema	Amarillo-ocre-verde	Castaño claro
	Marrón	Rosa disparejo
	Marrón-rosa	Lila
	Marrón-rosa-azul	Azul verdoso

TABLA XI. VARIANTES DE COLOR EN 57 ENGOMBES QUEMADOS EN TRES ATMOSFERAS (CONO 03)

Engobe	Atmósfera oxidante (horno eléctrico)	semirreductora (horno a gas, - ENAP)	reductora (horno a gas)
1	-	desaparece	desaparece
2	-	café	café
3	-	gris transparente manchas y puntos	tiende a desa- parecer
4	-	verde-gris	gris-café
5	-	arena rosada	arena
6	-	azul marino	azul marino verdoso
7	-	café	café
8	rosa terroso	rosa con manchas vino	tierra naranja
9	castaño oscuro	negro brillante	castaño oscuro brillante
10	café oscuro	café oscuro - brillante (burhu- jeado)	café
11	negro	negro brillante	negro verdoso
12	rosa	vino rosado disparejo	tierra naranja
13	gris claro	neutro	gris claro con manchas oscuras
14	café verdoso - brillante	castaño oscuro brillante	café oscuro - brillante
15	azul-gris	azul marino	azul plómbago
16	verde-gris pálido	verde-gris	verde-gris - pálido
17	verde turquesa pálido	verde turquesa	verde turquesa

CONTINUACION DE LA TABLA XI

Engobe	Atmósfera oxidante (horno eléctrico)	Semirreducción (horno a gas FNAP)	Reducción (horno a gas)
18	azul pastel	azul cielo	azul claro
19	azul blancuzco	azul poesia	azul poesia
20	pistache claro	pistache claro	pistache claro
21	arena gris	arena café	arena gris
22	-	ocre	ocre naranja
23	-	café rosado	café con luces naranja
24	azul-gris	azul marino	azul poesia
25	café	café oscuro	café
26	crema rosa	crema amarilla	crema
27	rosa	tierra roja	ocre
28	café	café metálico	café oscuro con luces siena
29	pistache	verde hoja claro	pistache
30	blanco con puntos café	blanco con muchos - puntos verde-oscuro y manchas	blanco con - puntos verde- oscuro
31	rosa	tierra roja	ocre naranja - con puntos café
32	blanco	desaparece	blanco
33	arena gris	crema café	arena
34	gris	gris oscuro	gris medio
35	café oscuro metá- lico	café oscuro metálico	café oscuro metálico
36	ocre pálido	ocre	ocre crema

CONTINUACION DE LA TABLA XI

Engobe	Atmósfera oxidante (horno eléctrico)	Semirreducción (horno a gas ENAP)	Reducción (horno a gas)
37	rosa	vino quemado	siena
38	café	café metálico	café metálico craquelado
39	arena café	café	castaño
40	café un poco metálico	castaño oscuro	castaño oscuro con luces crema
41	vino quemado	cocoa	siena
42	neutro	ocre verdoso	palo de rosa
43	café-negro	castaño oscuro	café oscuro
44	gris-azul	gris-azul	azul-gris
45	café oscuro metálico	café oscuro metálico	café oscuro metálico
46	ocre pálido	ocre crema	crema amarilla
47	rosa	vino	ocre naranja
48	café	café-negro metálico	castaño oscuro
49	verde-gris	verde olivo	verde-gris pálido
50	arena café con luces crema	arena rosada clara	crema con manchas café
51	vino rosado	vino quemado	ocre naranja
52	blanco	crema	palo de rosa pálido
53	gris blancuzco	castaño medio	café claro
54	-	azul bebé	azul claro
55	-	amarillo	amarillo crema
56	-	pistache medio	pistache
57	-	café-siena transpa- rente, tiende a abrillantar	café rojizo burbujeado

TABLA XII. COMPARACION DE ENGOMBES CON DIFERENTES BARROS DE BASE. Quemada en horno de gas (ENAP), atmósfera semireductora, con O₃. (Muestra de engobas anti-casos espesos.)

Oxido	Base de Jabón	Base de Oaxaca	Base de Tonala
CuO	# del engobe 24 azul marino	34 gris oscuro	44 gris azul
CuO MnO ₂	25 café oscuro	35* café oscuro metálico	45 café oscuro
PbO ₂	26 crema amarilla	36** ocre	46 ocre crema
Fe ₂ O ₃	27 tierra roja	37* vino quemado	47 vino
FeO MnO ₂ CuO ²	28 café metálico	38 café metálico	48 café negro
Cr ₂ O ₃	29 verde hoja claro	39 café	49 verde olivo
CuO	30 blanco con puntos verde-oscuros	40 castaño oscuro	50 crema rosada clara
FeO	31 tierra roja	41 cocoa	51 vino quemado
Sb ₂ O ₃	32 desaparece	42 ocre verdoso	52 crema
MnO ₂	33 arena café	43 castaño oscuro	53 castaño medio

*Con base de Oaxaca se usen la mitad de óxidos metálicos en estos dos engobes.

**Doble cantidad de óxidos colorantes

TABLA XIII . VARIABLES DE COLOR DE ENGOb. SOBRE ENGOb.

Engobe de base	Engobe sobrepuesto	Semireducción	Reducción
9	26	café con manchas crema, burbujeadado, brillante	crema con manchas siena
	28	café oscuro, brillante, burbujeadado	café rojizo, oscuro
	46	café verdoso, burbujeadado	crema amarilla, manchas y puntos café
	47	café rojizo, brillante	naranja óxido, manchas castaño metálico
20	15	azul marino	azul claro
	16	verde olivo	pistache
	17	pistache oscuro	pistache oscuro
	18	azul marino blancuzco	azul claro
	21	arena café	arena café
	26	amarillo	amarillo pálido
	46	ocre	amarillo pálido
18	15	azul marino	azul navy
	17	verde turquesa	verde turquesa
	19	azul cobalto	azul cielo
	46	crema cisborejo	crema cisborejo
	47	vino	naranja óxido

CONTINUACION DE LA TABLA XIII

Engobe de base	Engobe sobrepuesto	Semireducción	Reducción
	16	verde olivo	verde pistache
	45	café	café
46	47	siena cisparejo	siena
	48	café	café
	52	crema amarilla	crema rosado

4.8 Conclusiones

La característica principal de los engobes es que no se sujetan a su temperatura de fusión y por lo tanto dan un resultado similar al barro cocido.

Pueden crearse composiciones que respondan a necesidades específicas mediante la mezcla de dos tipos de minerales: los que hacen el cuerpo del recubrimiento y los que aportan la coloración. Todos ellos están contenidos en mayor o menor medida en las arcillas. Los óxidos metálicos no colorantes que intervienen en las cubiertas cerámicas se han dividido en tres grupos según la función que desempeñan: 1) los fundentes, que rebajan la temperatura de integración del recubrimiento, 2) alúmina, que tiene la función de provocar la adherencia al cuerpo cerámico, 3) sílice, que es el elemento principal, el que da la resistencia, la durabilidad y el carácter vítreo.

Cuando los engobes se exponen a la fusión se habla de "engobes vítreos", que difieren de los vidriados en su composición química, ya que en éstos la alúmina es a la sílice sólo una décima parte, mientras que en los engobes la proporción es mucho mayor.

La temperatura de madurez de cada engobe debe observarse en la práctica y puede cambiarse mediante la adición de diferentes minerales. El fundente más usual para bajas temperaturas es el plomo porque tiene muchas ventajas en lo que respecta a la integración y la coloración de los recubrimientos, a pesar de su alto grado de toxicidad.

La estequiometría se utiliza en la cerámica para calcular la proporción molecular (equivalente molecular) de los óxidos metálicos que surgen de la calcinación de determinadas cantidades de minerales crudos. O viceversa. Una vez reducidos los recubrimientos a su forma química elemental, partiendo de una receta, es posible deducir sus cualidades: temperatura de fusión y de madurez, brillantez, opacidad, etcétera.

Los engobes dan, por lo general, colores terrosos cercanos al barro: ocre, rojos, cafés. Si se quiere obtener azules, verdes y amarillos es necesario prepararlos con un barro blanco como base. En este muestrario pueden observarse las variantes de color de engobes preparados con arcillas blancas (caolín y Zacatecas) y con barros rojos (Oaxaca y Tonalá).

La coloración habitual de los engobes se hace con minerales que aportan óxidos metálicos colorantes, pero nosotros experimentamos también con pigmentos G para obtener variantes de color. Dan buenos resultados si se utilizan en pequeñas cantidades como complemento, pero no como sustitutos de los óxidos colorantes, ya que tienen la tendencia a dar una apariencia de vinílica muy cubriente que oculta el carácter del barro. Son muy convenientes para conseguir colores difíciles, como el amarillo, o para acentuar o dar matices a los engobes.

El color sube notablemente de intensidad cuando se llega a la fusión. Esta propiedad la apreciamos al aplicar encima de los engobes una pincelada de bórax y otra de plomo. Por esa razón es que los engobes deben llevar mucha mayor cantidad de óxidos colorantes que los vidriados.

V. CONCLUSIONES GENERALES

El objetivo de esta tesis fue hacer un muestrario de color cerámico que nos sirviera como herramienta para poder integrar el color a nuestras esculturas. La conclusión de la investigación es la siguiente.

El desarrollo de los recubrimientos cerámicos es muy antiguo y tiene que ver con la búsqueda de la impermeabilidad en la alfarería. Ésta se consiguió con varios métodos, desde el pulimento hasta la decoración con estuco; sin embargo, se obtuvo de manera más permanente mediante la fusión del barro, originalmente a bajas temperaturas por su propia composición alta en fundentes, y posteriormente, con el desarrollo del horno cerámico, a temperaturas mayores.

Al principio la coloración se obtenía con colorantes y pigmentos aplicados directamente sobre el barro cocido o sobre una capa de estuco. O bien simplemente por el color de la arcilla cocida en diferentes atmósferas. La posibilidad de controlar la atmósfera y el desarrollo de la técnica del engobe dio la posibilidad de experimentar en el campo del color cerámico.

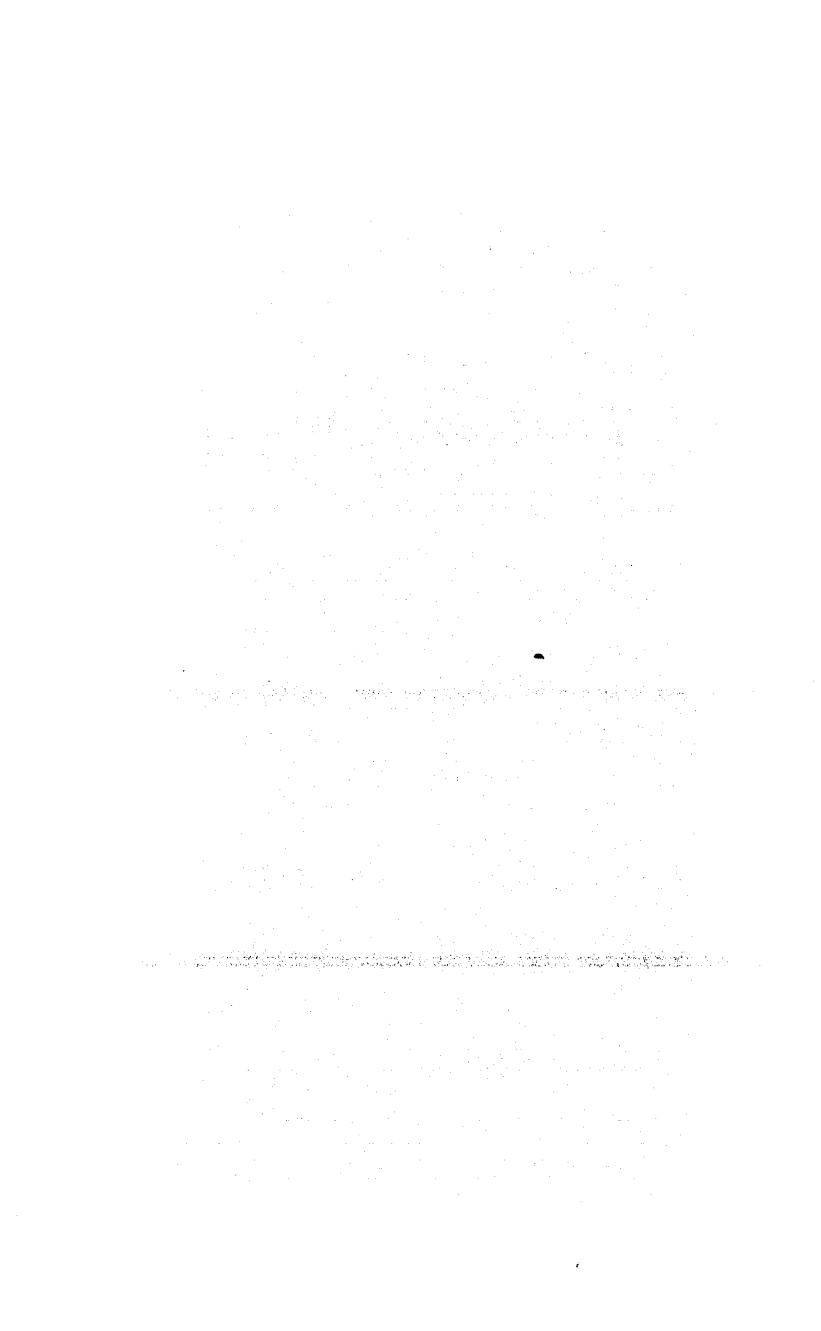
Los colorantes cerámicos son un grupo de óxidos metálicos que se añaden a los recubrimientos. Nuestra aportación es utilizarlos solos sobre el barro, sin mezclarlos con otros minerales. Hicimos ésto porque nos gustan los colores "minerales", es decir, en su estado crudo; y también porque creemos que para la escultura, que no requiere de la impermeabilidad de la alfarería, los recubrimientos terrosos, cercanos al barro, son de mayor expresividad que aquellos otros que se acercan más al vidrio.

El punto esencial en la aplicación de los óxidos colorantes fue la búsqueda de diferentes agentes fijadores que, mezclados en la proporción mínima indispensable, provocaran la adherencia sin llegar a la fusión. Estos agentes son el agua, la goma arábiga, el bórax, la frita de plomo y la base plúmbica mixta. Los dos primeros son medios físicos; los últimos son adherentes químicos que actúan durante la cocción. La base plúmbica mixta es una mezcla de minerales crudos y cocidos; es muy adecuada a nuestros objetivos porque permite conseguir, mezclada con grandes cantidades de óxidos colorantes, la fijación sin necesidad de llegar a la fusión. Los resultados son colores similares a los de los óxidos crudos, de superficie mate y porosa.

Utilizamos también pigmentos G para conseguir más colores y tonos que los que obtuvimos con los óxidos puros y con los engobes. Aplicados puros tapan la textura del barro y dan colores muy parecidos a los vinílicos; pero añadidos en pequeñas proporciones a engobes coloreados con óxidos pueden dar variaciones de tono interesantes.

Las atmósferas oxidante y reductora son variables importantísimas en la coloración del barro y de los recubrimientos. En esta tesis las observamos, dejando constante la temperatura (cono 03). El elemento que más cambia con la reducción es el óxido de fierro, que pasa del rojo al ocre.

Los engobes también tienen la cualidad de conservar el carácter del barro porque son cubiertas que se hacen con este mineral y con óxidos colorantes. Su diferencia principal con el vidriado es que no llegan a la fusión y por lo tanto no adquieren el carácter vítreo. En su forma más antigua eran simplemente cubiertas hechas con barro líquido. El engobe se ha perdido mucho debido a que en la artesanía y en la industria se requieren cubiertas impermeables e higiénicas. Por lo general los engobes se aplican en crudo y se cubren con un barniz después de quemar la pieza a bizcocho. Nosotros pensamos que esta técnica ancestral tiene su valor propio y que es digna de rescatarse para la escultura, debido a su fuerza expresiva.



CITAS

I. EL DESARROLLO HISTORICO DE LA CERAMICA

- 1) V. Gordon Childe. Los orígenes de la civilización. -
lla reimpresión, México, FCE, 1978 ("Breviarios", 32).
- 2) En México empleamos las palabras "arcilla" y "barro" -
como sinónimos, aunque en otros países latinos se llama
barro a la tierra común sin propiedades plásticas.
- 3) V. Gordon Childe. Op. cit. , p. 117.
- 4) Eduardo Pareyón apud Holmes. Notas de la clase del -
28 de julio de 1932.
- 5) V. Gordon Childe. Op.cit. , p. 116.
- 6) Idem. p. 155.
- 7) Idem. p. 221.
- 8) Idem. p. 147.
- 9) El descubrimiento de las propiedades de la arcilla pre-
paró el hallazgo de los metales, ya que ambos son mine-
rales que transforman sus cualidades con el fuego, que
tienen carácter elástico -- los metales en el momento -
de la fusión -- y que adquieren dureza después de coci-
dos, en oposición a los materiales que se tallaban du-
rante el paleolítico.
- 10) Gordon Childe se refiere a que al construir formas geo-
métricas como cuarcos o paralelepípedos con ladrillos -
el hombre pudo encontrar la relación entre la aritméti-
ca y la geometría y construir así fórmulas aplicables a
circunstancias concretas.
- 11) Daniel Rhodes. Kilns design . Construction and opera-
tion. 2a ed., Pennsylvania, Chelton Book Company, 1974,
cap. 1.
- 12) V. Gordon Childe. Op. cit. p. 116.
- 13) Daniel Rhodes. Op. cit. cap. 1

- 14) La atmósfera oxidante es aquella en la que hay abundancia de oxígeno para la combustión, tanto por la cantidad de aire que penetra al horno como por los componentes químicos del combustible que se use. La atmósfera reductora es lo contrario. Ambas determinan resultados diferentes en la coloración.
- 15) Temazcalli, palabra nahuatl, tema = bañarse, -- calli = casa. Casa de baño de los Aztecas. Todavía se usa en algunos lugares en el campo.
- 16) V. Gordon Childe. Op. cit., p. 115.
- 17) Eduardo Noguera. La cerámica arqueológica de Mesoamérica. México, UNAM, 1975. p. 40.
- 18) Jorge Enciso. Design motifs of ancient Mexico. Nueva York, Dover Publications Inc., 1974. p. vii.
- 19) Cfr Eduardo Noguera, Op. cit. p.46 y Luis Cabrera. -- Diccionario de aztequismos. México, Eds. Oasis, 1974.
- 20) Eduardo Noguera. Op. cit. p.46. Para la definición del caolín cfr. nota 1 del capítulo 2 o del glosario de -- esta tesis.
- 21) Apuntes de la clase dada por el maestro Eduardo Pareyón el 28 de julio de 1982.
- 22) Jorge Méndez Saavedra. Enciclopedia gráfica de la cerámica. Buenos Aires, Ed. Centurión, 1974, t.I, p. 376.
- 23) Gustav Weiss. Alte Keramik neu entdeckt. Ulstein Verlag, Berlin, 1979. p. 24.
- 24) Ibid. p. 27.
- 25) Ibid. p. 31.
- 26) El vidriado es un recubrimiento vítreo fundido sobre la cerámica para hacerla impermeable, no porosa y para darle color y textura.

- 27) Fiorella Cottier Angeli. La Cerámica. España, Ed. - -
R. forres, 1980. (Cfr. apéndice histórico).
- 28) Jorge Méndez Saavedra. Op. cit. 317.
- 29) Gustav Weiss. Op. cit. p.103.
- 30) Ibid. p. 104.
- 31) Apuntes de la clase dada por el maestro E. Pareyón el -
28 de julio de 1982.
- 32) Gustav Weiss. Op. cit. p. 31.
- 33) Ibid. p. 42.
- 34) Ibid. p. 42.
- 35) Ibid. p. 75.
- 36) Ibid. p. 79.
- 37) Ibid. p. 77.
- 38) Ibid. p. 116. Según D. Rhodes los esmaltes al plomo -
aparecen por primera vez en Siria y Babilonia. Daniel -
Rhodes. Clay and Glazes for the Potter. Radnor, Pennsyl
vania, Chilton Book Company, 1973. p. 32.
- 39) Miguel León Portilla. "La religión de los mexicas". -
Historia de México. Coordinador general: Miguel León -
Portilla. México, Salvat Mexicana de Ediciones, 1978,
t. iv, p. 814.
- 40) Jacques Soustelle. El universo de los aztecas. México,
FCE, 1982 (Biblioteca joven 5), p. 160.
- 41) Eduard Trier. Bildhauertheorien im 20. Jahrhundert. -
Berlin, 1980, p. 101.
- 42) Ibid. p. 103.
- 43) Rudolf Arnheim. Kunst und Sehen. Berlin, Walter de - -
Gruyter, 1978. p. 367.
- 44) Sidney Geist. Color in Sculpture. Arts Yearbook 8. -
Nueva York 1965, pp. 33 - 35.

II. EL COLOR NATURAL EN TRES BARROS MEXICANOS

- 1) Caolín proviene del chino Keo - Ling, que es el nombre de una montaña que contenía yacimientos de una arcilla muy pura usada para hacer porcelana.
- 2) Hay diferentes criterios para definir este punto, pero en el taller de la ENAP entendimos por baja temperatura la que va de los 800 a los 1050°C, por mediana de los 1050 a los 1200°C y por alta de los 1200 a los 1300°C. Cfr. el apéndice de esta tesis.
- 3) Temperatura de madurez es aquella en la que el barro adquiere dureza, sonoridad y buena porosidad sin deformarse. Temperatura de vitrificación es la que produce la fusión del barro, con la consiguiente deformación y oscurecimiento del color.
- 4) Cualquiera mezcla debe hacerse primero en seco.

- 5) Se llaman fundentes a los materiales cerámicos que, contenidos naturalmente en las arcillas o añadidos, rebajan su temperatura de madurez o vitrificación por fundir antes - que la sílice y la alúmina.
- 6) Refractarios son los minerales que resisten altas temperaturas.
- 7) La malla cambia la calidad de los barros porque los hace más puros y más homogéneos. También otra variable son las horas de molido.
- 8) Este dato es muy importante cuando se necesita trabajar un proyecto con medidas determinadas.
- 9) Los conos pirométricos son mezclas de ciertos minerales para fundir a determinadas temperaturas. Se coloca el indicado para la temperatura que se necesite delante de la mirilla del horno y cuando ha fundido (cuando se dobla) se ha alcanzado el calor deseado.
- 10) Esta prueba y las que se describen a continuación se hicieron moliendo los materiales en mortero durante 20 minutos.
- 11) Todas las pruebas que a continuación se describen se quemaron a cono 03.
- 12) Jorge Fernández Chiti. Curso práctico de cerámica artística y artesanal. Buenos Aires, Ediciones del Taller - Condorhuasi, 1971, t. 2, p 32.

- 13) En el nuevo horno a gas de la ENAP no hay chimenea. - Los gases tóxicos y calientes salen por la puerta de la azotea del taller y por una línea de ventilación - que se hizo en la parte superior de las paredes. Por otro lado, debido a su tamaño tan grande, pero sobre todo por la mala calidad de sus quemadores -que dejan pasar mucho aire sin que se pueda regular su entrada- el desperdicio de gas es excesivo (250 kg/8 horas, en comparación a los 150 kg/8 horas habituales en otros hornos del mismo tamaño). Es recomendable que se cambien los quemadores a la brevedad posible por unos que dejen regular la entrada de aire y que tengan - válvulas que permitan cerrar el gas individualmente, para cada quemador, para que en caso de estar sucio o estropeado alguno se pueda continuar la quema sin - necesidad de apagar toda la línea de quemadores. En estas condiciones lograr una atmósfera oxidante en el horno a gas sería costosísimo. En las quemas que realizamos en ese horno cerramos el tiro a la mitad de su tamaño en el tiempo medio de la quema. Esto nos dio una atmósfera semirreductora. Además, la atmósfera interior del horno, en cuanto a calor, es irregular. Esto es muy común: una atmósfera homogénea sólo es posible en teoría. Nosotros sabemos, por la colocación de conos pirométricos en diferentes zonas del horno, que el calor es mayor en su parte de atrás.
- 14) Finn Lynggaard. Tratado de cerámica. Barcelona, Eds. Omega,
- 15) Daniel Rhodes. Clay and glazes for the potter. Pennsylvania, Chilton Book Company, 1973.
- 16) La reducción para las pruebas de nuestro muestrario se - realizó así: durante las 7 horas que duró la quema se - mantuvo la espree semiabierta (válvula que deja pasar el aire al conducto del gas), menos 30 minutos durante la - cuarta y la sexta y media horas, respectivamente, en los

que se cerró por completo. El tiro estuvo abierto durante 5 horas y media y se cerró 30 minutos; se volvió a abrir y se cerró nuevamente por 30 minutos a la sexta hora y media, después de lo cual se dejó semiabierto.

III LOS COLORANTES CERAMICOS

- 1) Se recomienda usar guantes y mascarilla para manejarlo.
- 2) El estado de cuero es cuando el barro todavía está húmedo, pero endurecido; es el momento anterior al secado total.
- 3) Frita es un compuesto a base de sílice con álcalis o plomo o ácido bórico o plomo-borop. Los materiales se mezclan y se calcinan. La temperatura del producto depende de si contiene más sílice o más fundentes. En los recubrimientos cerámicos se necesita que todos los minerales sean insolubles al agua para evitar que sean absorbidos por la pasta porosa hacia el interior, lo que provocaría efectos disparejos. El objetivo de fritar los materiales es "unir por fusión materias solubles e insolubles a la sílice o a otros cuerpos, con el fin de obtener un silicato insoluble en el agua. La calcinación del óxido de plomo tiene la ventaja de que éste se transforma en silicato, con lo que deja de ser nocivo". Claude Vittel. Cerámica (pastas y vidriados). Madrid, Paraninfo, 1978, p 91.
- 4) Jorge Fernández Chiti. Curso práctico de cerámica artística y artesanal. Buenos Aires, Ediciones del Taller Condorhuasi, t 2, p 82.
- 5) La frita plúmbica fusible a los 800°C se conoce en PROMACESA (Proveedora de Materiales Cerámicos) como PMC.
- 6) Ibid. p 234.

- 7) Los minerales de plomo crudos que se utilizan en cerámica (minio, Pb_3O_4 , y litargirio PbO) son tan tóxicos - que una pequeña cantidad puede ocasionar incluso la muerte. Debe evitarse la absorción por vía respiratoria, digestiva o cutánea ya que se fija en el organismo provocando la intoxicación de graves consecuencias que se conoce como saturnismo. El minio es más pesado que el litargirio, por lo que no es tan volátil y el riesgo de respirarlo es menor.

IV ENGOBES

- 1) Daniel Rhodes. Clay and glazes for the potter. - Pennsylvania, Chilton Book Company, 1973,
- 2) La durabilidad y resistencia a los cambios químicos de la corteza terrestre se debe a que alrededor de un 60% está compuesta de sílice.
- 3) Claude Vittel. Cerámica (pastas y vidriados). Madrid, Paraninfo, 1978, p 89.
- 4) Daniel Rhodes. Op. cit., p 91.
- 5) Claude Vittel. Op. cit., p151
- 6) Daniel Rhodes. Op. cit., p 91.
- 7) Ibid.
- 8) Claude Vittel. Op. cit., p 156.
- 9) Es un método de la química para buscar las relaciones en peso entre los elementos y composiciones que intervienen en una reacción química.
- 10) Herman Seger (1839-93) fue un investigador alemán que creó las bases para la química de los silicatos. En su honor se habla de la fórmula de Seger (también conocida como fórmula empírica o unitaria) cuando se alude al método de los 3 grupos para obtener un vidriado.

- 11) Claude Vittel. Op. cit. p 82. Y Werner Lenhäuser. Glasuren und ihrefarber. Düsseldorf, Wilhelm Kapp Verlag, 1973.
- 12) Daniel Rhodes. Op. cit., p 88.
- 13) Cfr el apéndice el método para pasar una receta a una fórmula y viceversa.
- 14) Werner Lenhäuser. Op. cit. Cfr. una tabla más detallada en el apéndice de esta tesis.
- 15) Claude Vittel. Op. cit. p 84.
- 16) Daniel Rhodes. Op. cit. p 250.
- 17) Ibid. p 251.
- 18) Ibid. p 252.
- 19) Obtuvimos estas recetas de Finn Lynggaard. Tratado de la cerámica. Barcelona, Eds. Omega, pp 26-27. Cambiamos la greda por barro de Zacatecas cribado a malla 60.
- 20) Todos los engobes están definidos por los resultados de la quema semirreductora hecha en el horno a gas de la ENAP.
- 21) Estos engobes son de las maestras Gerda Gruber y Rosario Guillermo.
- 22) Jorge Fernández Chiti. Curso práctico de cerámica artística y artesanal. Buenos Aires, Ediciones del Taller Condorhuasi, 1971, t 3.
- 23) Recetas de las maestras Gerda Gruber y Rosario Guillermo.
- 24) Su clasificación en el catálogo de PROMACESA es:

AM	amarillo 440,	O	ocre 10568,	AZ	azul 275,	-
V	verde 3645,	Rr	marrón 1877,	R	rosa 1668,	-
N	negro 3794.					

1. GLOSARIO

Agua. Se distingue entre el agua contenida químicamente en la arcilla y la de mezcla. El agua química está contenida en las arcillas puras en dos moléculas junto con dos de sílice y una de alúmina. La de mezcla se añade a la arcilla para hacerla plástica. Se evapora en la cocción hasta los 350°C. De los 350 a los 500°C se libera también el agua química.

Achiote1. Achiote: arbusto de la familia de las bixáceas, de hojas alternas con largos pecíolos y flores rojizas. Fruto con aspecto de pequeño erizo, contiene semillas de las que se hace una pasta roja que se usa como colorante industrial; se emplea también como condimento.

Antiplástico- Denominación aplicada a ciertos minerales que se mezclan con el barro para disminuir el exceso de plasticidad.

Arcilla . Roca sedimentaria. Es un silicato de alúmina hidratado que proviene de la descomposición geológica del feldespato.

Arcilla refractaria. Es el barro cocido y molido. También se llama grog o chamote. Es un antiplástico y aumenta la resistencia a la temperatura .

Barbotina. Es un barro o una pasta en consistencia de atole.

Bizcocho. Es un término que se utiliza para denominar la cocción a baja temperatura de la cerámica. Normalmente una pieza bizcochada no lleva barniz.

Cuarzo. Es el mineral del que se obtiene la sílice. Algunos autores utilizan los dos términos como sinónimos.

Cono pirométrico. Herman Seger, "padre de la ciencia cerámica", ideó a fines del siglo pasado una serie de barnices que funden desde los 600 °C hasta los 2000°C. Los que funden a baja temperatura contienen materiales fundentes, y los que funden a alta contienen refractarios. Tienen la forma de pequeñas pirámides y están numerados; el número indica la temperatura de fusión. El cono se coloca delante de la mirilla, en un lugar visible, de manera que el ceramista pueda apagar el horno en el momento en que observa que el cono se dobla (se funde), que es el punto en el que la pasta ha alcanzado la temperatura deseada. Los conos pirométricos son más aconsejables que el pirómetro porque indican, más que la temperatura interior, su efecto sobre la pasta. Hay que recordar que los cuerpos vítreos (incluidos los arcillosos), tienen la propiedad de no fundir a una temperatura determinada, sino en un lapso. En México utilizamos los conos - Orton, que no coinciden en su numeración con los europeos Seger.

Chimaltizatl. (Chimalli, rodela, y tizatl, yeso blanco). Piedra diáfana blanquizca, que se divide en hojuelas y de la cual se hacía un yeso o pintura blanca en tiempos prehispánicos.

Feldespatos. Los feldespatos son los silicatos más difundidos en la corteza terrestre y componen alrededor del 50% de su peso. Forman parte de rocas aluminosas como el granito, el gneiss, la pegmatita, el berilio y la mica. Las arcillas y los caolines provienen casi totalmente de la descomposición del feldespato. Mezclado con barros y pastas reduce el encogimiento durante el secado. Es un fundente para esmaltes y engobes de alta temperatura.

Frita. Es un compuesto de sílice con diferentes tipos de fundentes (plomo, boro, sodio o potasio) que se calcina con la intención de hacer insolubles algunos materiales cerámicos (bórax), evitar defectos que a veces se dan durante la cocción en mezclas crudas y reducir la toxicidad de algunos minerales, como el plomo.

Greda. Tipo de arcilla que quema color blanco, de poca plasticidad. Se usa en engobes, pero su calidad es muy variable. Parece que es un material muy usado en España. En México utilizamos caolín en vez de greda.

Nochistli. (Variante de nochestli). Nombre que se le da generalmente a la grana obtenida de la cochinilla del nopal que produce la tuna colorada. Etimología: de nochiztli, grana por afinar, que llaman cochinilla, de nochtli=tuna y eztli=sangre.

Ocotl. (Tea, raja o astilla de pino) pino.

Stoneware. Cerámica conocida como loza en español. Las arcillas para loza se funden alrededor de 1200 a 1300°C. En la cocción se funden los ingredientes más ligeros, como el feldespato y el carbonato de calcio, y rodean a los minerales de punto de fusión más alto. El resultado final es un producto duro, como la piedra, de una superficie completamente densa; así que no necesita la aplicación de un vidriado para ser impermeable.

Tizatlali. (Tiza= especie de yeso o gis blanco, tierra magnesiana de color blanco que se emplea en la pintura y para limpiar y pulir metales). Etimología: tízatl= cierto barniz o tierra blanca.

Vidriado. El nombre "vidriado" se debe al parentesco con el vidrio, tanto por su aspecto como por los componentes minerales. El vidrio está formado básicamente por una mezcla de sílice, sosa y caliza que adquiere forma después de la fusión, cercana a los 1500°C. El vidriado, en cambio, funde en el lugar mismo que va a recubrir, generalmente a mucha menor temperatura. Su diferencia principal con el vidrio es la viscosidad que le aporta la alúmina, sin la cual no podría mantenerse adherido al objeto.

MÉTODO PARA CONVERTIR UNA RECETA EN FÓRMULA UNITARIA

La receta trabaja con los pesos de los minerales crudos, mientras que la fórmula empírica da el número relativo de moléculas de los óxidos metálicos obtenidos después de la cocción. La fórmula unitaria es una convención que establece una proporción entre las cantidades relativas de los distintos óxidos que entran en los recubrimientos. Por ejemplo, el vidrioado 1PbO , $0.2\text{Al}_2\text{O}_3$, 1SiO_2 indica que la alúmina es a la sílice, en cuanto a cantidad de moléculas, una décima parte (0.2).

Método:

- a) Se dividen los pesos de cada mineral entre sus respectivos pesos moleculares para obtener los equivalentes moleculares. Por ejemplo, en la receta 500gr de caolín por 500gr de minio...

$$\frac{\text{cantidad de caolín}}{\text{peso molecular del caolín}} = \frac{500}{258} = 1.94$$

Es decir, que cada tipo de molécula procedente de la calcinación del caolín está contenida, en relación a las moléculas que surgen de la calcinación de los otros minerales, en 1.94 partes.

- b) Para obtener el equivalente molecular de minerales que, una vez calcinados, contienen un mayor número de moléculas que el requerido (cfr. tabla de pesos moleculares), es necesario obtener su peso equivalente. Para ello hay que dividir o multiplicar, según sea el caso, el peso molecular por el número de moléculas requeridas. Por ejemplo, el minio - - (Pb_3O_4) en su forma calcinada da una triple cantidad del plomo requerido para los recubrimientos, aún cuando su forma es PbO . Entonces debe dividirse su peso molecular entre tres.

- c) En caso de que un óxido esté contenido en un mineral en más de una molécula, hay que multiplicar el equivalente molecular obtenido por el número de moléculas de dicho óxido. Por ejemplo: el caolín contiene dos moléculas de sílice: - - - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Entonces, hay que multiplicar el equivalente molecular del caolín en esta receta (1.34 partes) - por dos:

$$\frac{500\text{gr caolín}}{258 \text{ (pm caolín)}} \times 2\text{moléculas de óxido de sílice} = 3.88 \text{ partes de SiO}_2$$

- d) Por convención el grupo de los fundentes siempre debe sumar una unidad para que sirva de parámetro a los otros óxidos y a otros recubrimientos. Por esta razón deben sumarse los equivalentes moleculares de los óxidos fundentes y, en caso que no den uno, se dividirán individualmente entre el total de la suma. Posteriormente se hará lo mismo con la alúmina y la sílice :

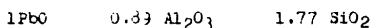
RO		R ₂ O		RO ₂	
PbO	0.11	Al ₂ O ₃	0.17	SiO ₂	0.92
MgO	<u>0.12</u>				
	0.23				
RO		R ₂ O		RO ₂	
PbO	$= \frac{0.11}{0.23} = 0.48$	Al ₂ O ₃	$= \frac{0.17}{0.23} = 0.74$	SiO ₂	$= \frac{0.92}{0.23} = 4.0$
MgO	$= \frac{0.12}{0.23} = 0.52$				

Ejemplos:

Engobe 15b		óxidos calcinados		
pesos	minerales crudos	PbO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
500gr	minio Pb ₃ O ₄	$\frac{500}{228} = 2.19$	-	-
500gr	caolín Al ₂ O ₃ · 2SiO ₂ · 2H ₂ O*	-	$\frac{500}{255} = 1.94$	$\frac{500}{258} \times 2 = 3.88$
		2.19	1.94	3.88

*El agua no se incluye en el cálculo por que se evapora
*Peso equivalente del minio.

Todos los óxidos se dividen entre 2.19 para que el grupo RO de la unidad:



Engobe 15

pesos minerales crudos	PbO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
600gr minio Pb ₃ O ₄	$\frac{600}{228} = 2.63$		
500gr caolín - Al ₂ O ₃ . 2SiO ₂ . 2H ₂ O		$\frac{500}{258} = 1.94$	$\frac{500}{253} \times 2 = 3.93$
	2.63	1.94	3.88
	1PbO , 0.74 Al ₂ O ₃ , 1.48 SiO ₂		

Engobe 18c

gramos minerales	PbO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
20 minio Pb ₃ O ₄	$\frac{20}{228} = .09$		
65 caolín Al ₂ O ₃ . 2SiO ₂ . 2H ₂ O		$\frac{65}{258} = 0.25$	$\frac{65}{258} \times 2 = 0.50$
30 sílice SiO ₂			$\frac{30}{60} = 0.50$
	.09	0.25	1.0
	PbO 1 , Al ₂ O ₃ 2.73 , SiO ₂ 11.11		

Engobes 24 a 33

gramos minerales	MgO	PbO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
15 minio Pb ₃ O ₄		$\frac{15}{225} = .07$		
15 talco MgO . 4SiO ₂ . 2H ₂ O	$\frac{15}{380} \times 3 = .12$			$\frac{15}{330} \times 4 = 0.16$
45 caolín Al ₂ O ₃ . 2SiO ₂ . 2H ₂ O			$\frac{45}{258} = .17$	$\frac{45}{253} \times 2 = .34$
25 sílice SiO ₂				$\frac{25}{60} = .42$
	0.12	0.07	0.17	0.42
	$\sqrt{\text{PbO } 0.37 \text{ } \left. \begin{array}{l} \text{MgO } 0.63 \end{array} \right\} 1 , \text{ Al}_2\text{O}_3 \text{ } 0.33 , \text{ SiO}_2 \text{ } 4.0$			

Engobes 30c y 30d

gramos	minerales	PbO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
25	minio Pb ₃ O ₄	$\frac{25}{228} = .11$			
15	talco 3MgO. 4SiO ₂ . 2H ₂ O		$\frac{15}{380} \times 3 = .12$		$\frac{15}{380} \times 4 = .16$
45	caolín Al ₂ O ₃ . 2SiO ₂ . 2H ₂ O			$\frac{45}{258} = .17$	$\frac{45}{258} \times 2 = .34$
25	sílice SiO ₂				$\frac{25}{60} = .42$
		<u>0.11</u>	<u>0.12</u>	<u>0.17</u>	<u>0.92</u>
		0.23			

PbO 0.48
MgO 0.52 1 , Al₂O₃ 0.74 , SiO₂ 4.0

MÉTODO PARA CONVERTIR UNA FÓRMULA UNITARIA EN RECETA

- Si tenemos una fórmula es necesario elegir los minerales que aportarán los óxidos requeridos.
- Se multiplica el equivalente molecular de cada óxido por el peso molecular del mineral elegido.
- Cuando se necesite echar mano de más de un mineral para conseguir la cantidad requerida de un óxido, debe tenerse cuidado en calcularla de tal manera que ésta no se exceda. Tienen prioridad en el cálculo los óxidos que sólo se pueden aportar en un solo mineral.

Por ejemplo, en el recubrimiento:

PbO .6
MgO .4 , Al₂O₃ 0.39 , SiO₂ 7.6

el plomo se obtiene del minio o del litargirio, el MgO del talco. Al calcular el equivalente de 3 moléculas de MgO se están aportando simultáneamente 4 de sílice (3MgO. 4SiO₂. 2H₂O). Además, se requiere introducir alúmina mediante el caolín (Al₂O₃. 2SiO₂. 2H₂O), con el cual se aporta el - -

equivalente de dos moléculas de sílice más. Si todavía -- faltara sílice para llegar a 7.0 partes, habría que añadir el equivalente necesario de sílice o cuarzo.

Si, por el contrario, se excedió, es necesario calcular la cantidad adecuada aportando primero el caolín -- pues sólo él da la alúmina -- y buscando otra fuente de H_2O .

El resultado es una receta que se puede interpretar en -- cualquier medida de peso.

- d) Si se quiere interpretar en porcentajes, súmense todos y -- cada uno de los resultados y divídanse entre el total de -- la suma (regla de tres simple).

PESOS MOLECULARES DE LOS PRINCIPALES MINERALES USADOS EN CERAMICA.

OXIDOS	CONTENIDOS EN:	FORMULAS	PESOS EQUIVALENTE	PESO CALCINADO
Al ₂ O ₃ SiO ₂	Caolín	Al ₂ O ₃ .2SiO ₂ .2H ₂ O	258	222
B ₂ O ₃	ácido bórico (cristalizado)	B ₃ O ₃ .3H ₂ O	124	70
B ₂ O ₃	bórax	Na ₂ O.2B ₂ O ₃ .10H ₂ O	382	202
B ₂ O ₃	borato de calcio	CaO.B ₂ O ₃ .2H ₂ O	162	126
B ₂ O ₃	colemanita	2CaO.3B ₂ O ₃ .5H ₂ O	206	161
BaO	carbonato de bario	BaCO ₃	197	153
CaO	cenizas de hueso	Ca ₃ (PO ₄) ₂	103	56
CaO	carbonato de calcio	CaCO ₃	100	56
K ₂ O	carbonato de potasio	K ₂ CO ₃	138	94
K ₂ O	feldespato de potasio	K ₂ O.Al ₂ O ₃ .6SiO ₂	556	556
K ₂ O	salitre (nitrato potásico)	K ₂ O.N ₂ O ₅ (2KNO ₃)	202	94
LiO ₂	carbonato de litio	LiO ₂ CO ₃	74	30
MgO	carbonato de magnesio	MgCO ₃	84	84
Na ₂ O	sienita nefelínica	Na ₂ O.Al ₂ O ₃ .5SiO ₂	462	462
Na ₂ O	carbonato de sodio	Na ₂ CO ₃	106	62
Na ₂ O	criolita	Na ₃ .AlF ₆	420	288

OXIDOS	CONTENIDOS EN:	FORMULA	PESOS EQUI-VALENTE*	PESO CALCINADO
PbO	Litargirio	PbO	223	223
PbO	minio	Pb ₃ O ₄	228	223
PbO	carbonato de plomo	2PbCO ₃ .Pb(OH) ₂	258	223
PbO	sulfuro de plomo	PbS	259	
SiO ₂	sflice	SiO ₂	60	60
SnO ₂	óxido de estaño	SnO ₂	151	152
SrO	carbonato de estroncio	SrCO ₃	148	120
TiO ₂	rutilo	TiO ₂	80	80
ZnO	óxido de zinc	ZnO	81	81
ZrO ₂	óxido de zirconio	ZrO ₂	123	123
ZrO ₂	silicato de zirconio	ZrO ₂ .SiO ₂	183	183

*La columna "peso equivalente" indica el peso que se debe de tomar de algún mineral para obtener, en un vidriado, una molécula del óxido deseado en su forma calcinada. En la mayoría de los casos el peso equivalente es el mismo que el molecular. Las excepciones son las siguientes: borato de calcio (PM=412, PE=412/2=206), colemanita (PM= 412, PE 412/2= 206), cenizas de hueso (PE=1/3 del PM= 103), criolita (PM=420, PE=420/2), minio (PE=684/3= 228), carbonato de plomo (PE=775/3= 258). En todos estos casos los respectivos pesos moleculares dan una cantidad mayor o menor de una molécula del óxido requerido en su forma calcinada, de ahí la necesidad de ajustarlos.

NUMEROS DE LOS CONOS ORTON Y SU TEMPERATURA

No. de cono	temperatura en grados centigrados			
	según D. Rhodes	Según Promacesa	según G. Gruber	
020	625	635	670	
019	630	683	630	temperatura para
018	670	717	710	quemar pintura
017	720	747	730	china, vidrio, oro,
016	735	792	750	plata y esmaltes sencillas
015	770	804	730	
014	795	838	815	bizcocho de ba-
013	825	852	835	rros de baja fu-
012	840	884	855	sión, terracotas,
011	875	834	880	esmaltes rojos
010	830	904	900	bizcocho de ba-
09	930	923	920	rros de alta tempe-
08	945	955	940	ratura, madurez de
07	975	984	960	barros de baja fu-
06	1005	999	980	sión; temperatura
05	1030	1046	1000	para quemar mayóli-
04	1050	1060	1020	ca, esmaltes rojos,
03	1080	1101	1040	esmaltes de baja, engobes del muestr io
02	1095	1120	1020	madurez de barros
01	1110	1137	1080	de alta fusión
1	1125	1154	1100	(Stoneware), porce
2	1135	1162	1120	lana de ceniza, es
3	1145	1168	1140	maltes de alta,
4	1165	1186	1160	celedones, rojo
5	1180	1193	1180	chino
6	1190	1222	1200	
7	1210	1240	1230	
8	1225	1264	1250	
9	1250	1280	1280	
10	1260	1305	1300	
11	1285		1320	temperatura para
12	1310		1350	la industria de
13	1350		1380	porcelana, como
14	1390		1410	Meissen y Sevre
15	1410		1435	
16	1450		1460	
17	1465		1480	
18	1485		1500	temperatura para
19	1515		1520	productos cientí-
20	1520		1530	ficos, proyectiles

Como Daniel Rhodes y Jorge Fernandez Chiti coinciden en la temperatura para cada cono, creemos que la primera columna dada aquí es la más confiable.

BIBLIOGRAFIA

- ARMILLAS, Pedro. Volúmen y forma en la plástica aborigen. 40 siglos de arte mexicano. Coordinación Román Piña. 2a ed., México, Herrero, 1981, t 2.
- ARNHEIM, Rudolf. Zur Psychologie der Kunst, Ulstein Verlag, Köln, 1977.
- BLANCO, FEJEIRO, Antonio. Arte antiguo del Asia. Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 1972.
- CABRERA, Luis. Diccionario de aztequismos. Oasis, México, 1974.
- COOPER, Emanuel. Cerámica, Enciclopedia de temas básicos, Instituto Parramón Ediciones Lepanto, 264 Barcelona - 13, 1976.
- COTTIER ANGELI, Fiorella. La cerámica. España, R. Torres, 1980.
- COSTALES, Federico y Delmar V. Olson. Cerámica para escuelas y pequeñas industrias. México, Ed. Continental, 1962.
- CHILDE, V. Gordon. Los orígenes de la civilización. 11a reimpresión, México, FCE, 1978.
- ENCISO, Jorge. Design motifs of Ancient Mexico. Nueva York, Dover Publications,
- FERNANDEZ CHITI, Jorge. Curso práctico de cerámica artística y artesanal. Buenos Aires, Ediciones del Taller Condorhuasi, - 1971, 3t.
- GEIST, Sidney. Color in sculpture, Arts Yearbook 8. Nueva York, 1965.
- HALD, Peder. Técnica de la cerámica. 3a traducción de F. Vives y R. Sagraera, Barcelona, 1977.

- Historia de México. Coordinador general: Miguel León Portilla. México, Salvat Mexicana de Ediciones, 1978, t 4./
- Historia del Arte. México, Salvat Mexicana de Ediciones, 1979, tomos 4 y 6.
- KRICKEBERG, Walter. Las antiguas culturas mexicanas. 5a reimpression, México, FCE, 1982.
- LENHÄUSER, Werner. Glasuren und ihrefarber. Düsseldorf, - Wilhelm Knapp Verlag, 1973.
- LYNGGAARD, Finn. Tratado de cerámica. Barcelona, Ediciones Omega
- LEON PORTILLA, Miguel. La filosoffa náhuatl. México, Instituto de Investigaciones Históricas (UNAM), 1974.
- MENDEZ SAAVEDRA, Jorge. Enciclopedia gráfica de la cerámica. Buenos Aires, Centurión, 1947, 2t.
- MONTEFORTE TOLEDO, Mario. Las piedras vivas. México, UNAM,
- NELSON, Glenn C. Ceramics, a potter handbook. Minnesota,
- NOGUERA, Eduardo. La cerámica arqueológica de Mesoamérica. México, UNAM, 1975.
- PAREYON, Eduardo. Apuntes de la clase del 28 de julio de 1982.
- PIJOAN, José. Summa Artis. 5a ed., Madrid, Espasa Calpe, 1966, t 6.
- RHODES, Daniel. Clay and glazes for the potter. Pennsylvania, Chilton Book Company Radnor, 1973.

RHODES, Daniel. Kilns design. Construction and operation.
6a ed., Pennsylvania, Chilton Book Company Radnor, 1974.

ROCHA LEON, Alonso y Alvaro Rincón Arce. ABC de química.
(tercer curso). Para escuelas de educación media. México,
Herrero, 1976,

SOUSTELLE, Jacques. El universo de los aztecas. México,
FCE, 1982 (Biblioteca joven 5).

TRIER, Eduard. Bildhauertheorien im 20. Jahrhundert. -
Berlin, Gebr. Mann Verlag, 1980.

VITTEL, Claude. Cerámica (nastas y vidriados). Madrid,
Paraninfo, 1978.

WEISS, Gustav. Alte keramike neu entdeckt. Berlin, -
Verlag Ulstein, 1979.