

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

"DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN BASE PARA LA PREPARACION DE COLORES BAJO ESMALTE EN LA LÍNEA YAPACUNCHI DE LA PLANTA DE CERAMICA CERAT- UTPL"

Trabajo de Fin de Carrera previo a la obtención del título de Ingeniero Químico.

AUTORES:

Liliana Katheryne Colala Troya.
Geovanny Vinicio Tambo Buri.

DIRECTORA:

Ing. Diana Elizabeth Guaya Caraguay.

CESIÓN DE DERECHOS EN TESIS DE GRADO

Liliana Katheryne Colala Troya y Geovanny Vinicio Tambo Buri, autores del trabajo de fin de carrera titulado *“DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN BASE PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE EN LA LÍNEA YAPACUNCHI DE LA PLANTA DE CERÁMICA CERART-UTPL”*

Conociendo las políticas de la Universidad, declaramos acogernos y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja, que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grados que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

.....
Liliana Katheryne Colala Troya
AUTORA

.....
Geovanny Vinicio Tambo Buri
AUTOR

CERTIFICACIÓN

Ing. Diana Elizabeth Guaya Caraguay

**DOCENTE INVESTIGADORA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
DIRECTORA DE TESIS**

Certifica:

Haber dirigido, supervisado y asesorado cada uno de los aspectos del trabajo de fin de carrera previo a la obtención del título de Ingeniero Químico, la misma que reúne los requisitos que exige el reglamento de la escuela.

Por tal razón autorizo su presentación y sustentación ante el tribunal que se designe para el efecto.

Loja, julio de 2010

.....
Ing. Diana Elizabeth Guaya Caraguay

DIRECTORA DE TESIS

AUTORÍA

Las ideas, opiniones, conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de tesis son de exclusiva responsabilidad de los autores.

.....

Liliana Katheryne Colala Troya.

.....

Geovanny Vinicio Tambo Buri.

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo amor y cariño.

A Dios que me dio la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa.

Con mucho cariño a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por darme una carrera para mi futuro y creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor.

Los quiero con todo mi corazón y esta tesis es para ustedes, aquí está lo que ustedes me brindaron, solamente les estoy devolviendo lo que ustedes me dieron en un principio.

A mis hermanos Ana, Xavier y Eddy gracias por estar conmigo y apoyarme siempre.

Leonardo, muchas gracias por estos años en los cuales hemos compartido tantas cosas. Solo quiero darte las gracias por todo el apoyo que me has dado para continuar y seguir con mi camino.

A todos mis compañeros gracias por estar conmigo en todo este tiempo donde he vivido momentos felices y tristes, gracias por ser mis compañeros y siempre los llevare en mi corazón.

Finalmente a mi amigo y compañero de tesis, por la paciencia y comprensión durante todo este largo camino de la elaboración de esta tesis, Gracias, juntos hemos llegado hasta aquí.

Liliana

DEDICATORIA

A Dios por todas la bendiciones que nos da, por la oportunidad de permitirme cumplir esta meta, y por regalarme la compañía de personas maravillosas a quienes a continuación expreso mi gratitud.

A Carmen Elisa y José Luis mis queridos padres, por el apoyo, amor, cariño, consejos, etc..... brindados en el transcurso de mi vida.

A mis hermanos, Kleber, Roberth y Diego por la confianza, comprensión y estima que día a día compartimos.

A mis Tíos en especial a Rodrigo, Cesar y Wilson por darme el apoyo y acertados consejos, que me procuraron la fortaleza necesaria para seguir adelante.

A Adriana, por el ánimo y confianza en los instantes de desaliento, por la cálida compañía en mis momentos de tristeza o alegría, y por el cariño sincero que me dedicas.

A los buenos profesores, amigos y compañeros, en fin agradecer a todas las personas que han estado conmigo en esta etapa de mi vida, por haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

Gracias.....

Geovanny

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica Particular de Loja, por abrirnos las puertas a formar parte de este prestigioso Centro de Estudios Universitarios, del cuál nos sentimos muy orgullosos.

A la Planta de Cerámica CERART y a su gerente Eco. Diego Lara por permitirnos realizar el presente proyecto en estas instalaciones; así como también a todo el personal que labora en la misma.

A la Escuela de Ingeniería Química en especial a su directora, Dra. Silvia Gonzales, por su apoyo y colaboración en la consecución del presente trabajo de investigación.

A la Ing. Diana Guaya, Directora de nuestro proyecto de fin de carrera, por sus conocimientos, colaboración, paciencia, apoyo brindados y sobre todo por esa gran amistad.

Finalmente la gratitud para todas las personas que de una otra manera han sido parte de la realización de este proyecto de fin de carrera.

CONTENIDO

	Página
Cesión de Derechos de Tesis	I
Certificación	II
Autoría	III
Dedicatoria	IV - V
Agradecimiento	VI
Contenido	VII - XI
Resumen	XII

CAPITULO I

1. ANTECEDENTES

1.1. Introducción	1
1.2. Justificación e Importancia	2

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Cerámica: Generalidades	3
2.2. Conceptos básicos sobre cerámica	4 - 5
2.3. Proceso general de fabricación de productos cerámicos	6
2.3.1. Preparación de las pastas cerámicas	6
2.3.2. Moldeo	6
2.3.3. Secado	6
2.3.4. Cocción o quema	7
2.3.5. Decoración y vidriado	7
2.3.5.1. Decoración bajo vidriado	8
2.4. El Color en la industria cerámica	9
2.4.1. Color	9
2.4.2. Agentes colorantes	10
2.5. Colores cerámicos	10
2.5.1. Colores bajo esmalte	11

2.5.1.1. Materias primas fundamentales	12
2.5.1.1.1. Fundente	12
2.5.1.1.2. Suspensionante	13
2.5.1.1.2.1. Bentonita sódica	13
2.5.1.1.3. Pigmentos cerámicos	13
2.5.1.1.3.1. Clasificación de los pigmentos cerámicos	13 - 15
2.5.1.2. Aditivos	16
2.5.1.2.1. Adhesivos y secantes	16
2.5.1.2.1.1. C.M.C (Carboximetilcelulosa)	16
2.5.1.2.1.2. Goma arábica	16
2.5.1.2.1.3. Cloruro de sodio	17
2.5.1.2.1.4. Benzoato de sodio	17
2.5.1.2.1.5. Glicerina	17
2.5.1.3. Disolvente o diluyente	17
2.5.1.3.1. Agua	18

CAPITULO III

3. EXPOSICIÓN DE OBJETIVOS

3.1. Fin del proyecto	19
3.2. Propósito del proyecto	19
3.3. Componentes del proyecto	19

CAPITULO IV

4. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

4.1. Planteamiento de Hipótesis	20
---------------------------------	----

CAPITULO V

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Metodología de la investigación	21
--------------------------------------	----

5.1.1. Diagrama del proceso para la preparación de colores bajo esmalte	21
5.2. Desarrollo de pruebas	22
5.2.1. Descripción del proceso para la preparación de colores bajo esmalte	22
5.2.1.1. Caracterización de las materias primas	22
5.2.1.1.1. Determinación de la distribución granulométrica	22
5.2.1.1.2. Determinación de humedad	23
5.2.1.2. Adecuación de las materias primas	24
5.2.1.3. Dosificación y molienda	24 - 25
5.2.1.4. Decoración de piezas	26
5.2.1.5. Esmaltación de piezas	27
5.2.1.6. Cocción de piezas esmaltadas	27
5.2.1.7. Control de calidad	28 - 29

CAPITULO VI

6. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Pruebas para la formulación base de colores bajo esmalte	30
6.1.1. Caracterización de colores de referencia "amacos"	30
6.1.2. Caracterización de materias primas	30
6.1.3. Ejecución de pruebas	31
6.1.3.1. Primera prueba para la obtención de la formulación base	32
6.1.3.2. Segunda prueba para la obtención de la formulación base	33
6.1.3.3. Tercera prueba para la obtención de la formulación base	34
6.1.3.4. Cuarta prueba para la obtención de la formulación base	35
6.1.3.5. Quinta prueba para la obtención de la formulación base	36
6.1.3.6. Sexta prueba para la obtención de la formulación base	37
6.1.3.7. Séptima prueba para la obtención de la formulación base	38
6.1.3.8. Octava prueba para la obtención de la formulación base	39
6.1.3.9. Novena prueba para la obtención de la formulación base	40
6.1.4. Selección de la formulación base antes de la cocción	41

6.1.4.1. Selección de la formulación base antes de la cocción de acuerdo a características órgano visual	41
6.1.4.2. Selección de la formulación base antes de la cocción de acuerdo a características físicas	42
6.1.4.3. Optimización de la formulación base en cuanto a sedimentación	43
6.1.4.3.1. Prueba de sedimentación	43
6.1.4.3.2. Resultados de la formulación base seleccionada (F9P2) para la preparación de colores bajo esmalte antes de la cocción	44
6.1.5. Colores bajo esmalte preparados con la formulación seleccionada (F9P2)	45
6.1.5.1. Resultados de los colores bajo esmalte preparados a partir de la formulación seleccionada (F9P2)	45
6.1.6. Ciclos de cocción de las pruebas seleccionadas a 1050 °C, 1070 °C y 1140 °C	46 - 49
6.1.6.1. Resultados a la cocción	50 - 52
6.2. Comparación de las propiedades de los colores bajo esmaltes elaborados con los colores de referencia “amacos”	53
6.2.1. Prueba t para comparar la intensidad del color entre los colores desarrollados y los colores de referencia	53 - 54
6.2.2. Prueba t para comparar la tonalidad del color entre los colores desarrollados y los colores de referencia	55 - 56
6.2.3. Prueba t para comparar la fijación del esmalte entre los colores desarrollados y los colores de referencia	57 - 58
6.3. Evaluación económica para la preparación de colores bajo esmalte	59
6.3.1. Costo total de producción	59
6.3.2. Comparación de costos	60

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones	61 - 62
7.2. Recomendaciones	63

CAPITULO VIII

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8.1. Referencias bibliográficas	64 - 65
---------------------------------	---------

ANEXOS	66 - 74
---------------	---------

DOCUMENTACIÓN ADJUNTA

PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES

BAJO ESMALTE

RESUMEN

La importancia de la utilización de colores bajo esmalte en la línea Yapacunchi de la Planta de Cerámica CERART, impulsó el desarrollo de una formulación base para la preparación de colores bajo esmalte con similares características a los colores importados “amacos”, debido a que la compra de éstos tienen un costo muy elevado y con el desarrollo de estos colores se podría conseguir que se reduzcan los costos en la utilización de los mismos.

La caracterización consistió en determinar algunas características tanto de colores de referencia existentes “amacos” como de las materias primas. Las materias primas (frita BDT 0018, pigmento y bentonita) y aditivos (cloruro de sodio, C.M.C, glicerina y benzoato de sodio) a utilizar fueron predeterminados mediante la realización de una investigación bibliográfica - experimental.

Siguiendo un proceso adecuado de dosificación se desarrollaron nueve pruebas preliminares, las mismas que fueron evaluadas tomando en cuenta características físicas (densidad, humedad y retenidos) y órgano visual (adherencia, consistencia y tiempo de secado).

Las nueve pruebas preliminares permitieron encontrar la formulación similar a los colores de referencia en cuanto a características previa a la cocción; es decir características de importancia para la aplicación del color al soporte cerámico, sin embargo esta presentaba un inadecuado porcentaje de sedimentación por lo que a partir de esta formulación se realizó una optimización de esta característica, logrando obtener una formulación adecuada y con mayor similitud a los colores de referencia.

Luego de la selección de la formulación óptima, la cual fue preparada únicamente con pigmento amarillo; se procedió a replicar esta, utilizando otros pigmentos. Los colores bajo esmalte obtenidos (amarillo, verde oscuro, verde claro, azul cobalto, rojo y café) fueron comparados con sus similares colores de referencia con el fin de constatar si existía alguna variación en las características de la formulación base al cambiar de pigmento.

Las piezas decoradas con los colores bajo esmalte preparados a partir de la formulación seleccionada se sometieron a tres cocciones a diferentes temperaturas (1050 °C, 1070 °C, 1140 °C), con el propósito de conocer a que temperatura presenta mejores resultados en cuanto a

intensidad, tonalidad y fijación del esmalte, que son propiedades de interés posterior a la quema. Después de los resultados a las cocciones se observó que a la temperatura de 1050 °C, las piezas presentaron resultados aceptables, en cambio a 1070 °C de temperatura se observó que las piezas presentaron resultados satisfactorios, sin embargo a 1140 °C las piezas presentaron resultados inadecuados. Por lo tanto se determinó que la temperatura idónea de quema de los colores preparados es de 1070 °C, ya que a esta temperatura se observó los mejores resultados.

Adicionalmente, se comparó mediante pruebas t-Student la intensidad, tonalidad y fijación del esmalte entre los colores preparados y los colores de referencia concluyendo que la formulación desarrollada permite preparar colores bajo esmalte con excelentes resultados antes y después de la cocción. Además se realizó la evaluación de costos de producción, de la cual se concluye que producir los colores bajo esmalte resulta más económico que importarlos.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES



1. ANTECEDENTES

1.1 INTRODUCCIÓN

La Planta de Cerámica “CERART”, diseña y produce piezas decorativas y utilitarias en dos líneas de producción: ÑUKANCHIK, la cual elabora piezas de tipo precolombina a partir de arcilla roja y YAPACUNCHI, la cual elabora piezas con arcilla blanca, ofreciendo de esta manera, originalidad, exclusividad, variedad y calidad en todos sus productos.

El proceso de fabricación de la línea YAPACUNCHI en la decoración incluye el uso de colores bajo esmalte, que permitan obtener resultados satisfactorios en los procesos de: decoración, esmaltado, quema y producto final, basado en el calce perfecto entre colores bajo esmalte y esmalte.

El presente proyecto “**Desarrollo de la Formulación Base para la Preparación de Colores Bajo Esmalte en la Línea Yapacunchi de la Planta de Cerámica CERART-UTPL**” surge debido a que en el año 2008 existió un marcado incremento de la demanda por parte de los clientes a nivel local y nacional de piezas de la línea Yapacunchi, lo cual causó que el stock de colores bajo esmalte importados “amacos” del cual disponía CERART se agote, es así que resultó complicado adquirirlos nuevamente, debido a la elevación considerable de costos y sumado las cifras de aranceles por importación, lo que hizo aun más inaccesible su compra. La efectividad, calidad y buenos resultados que los colores bajo esmaltes importados proveían en el proceso productivo, se debían a sus propiedades y composición. Por lo tanto, dado su agotamiento, ha sido necesario probar varias formulaciones de colores bajo esmalte, sin embargo los resultados obtenidos no han sido del todo satisfactorios, pues se ha evidenciado el problema de desprendimiento del recubrimiento vítreo y por ende una disminución de la calidad del producto terminado.

Cabe señalar que el actual proyecto se estructura en dos partes: la primera, describe la Memoria Escrita del Proyecto de Fin de Carrera y la segunda, un Protocolo de Control de Calidad para la Preparación de Colores Bajo Esmalte a partir de la nueva Formulación; aporte que será aprovechado por el personal de la planta como un instructivo de trabajo, con el fin de cumplir con los parámetros de calidad en la preparación de los colores bajo esmalte.



1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El prestigio y el reconocimiento de la planta de cerámica CERART, responden a las decoraciones hechas a mano, así como por su elegancia y variedad de diseños lograda a través del uso de diferentes técnicas de decoración, atractivos colores y formas originales.

Destacando la importancia del uso de colores bajo esmalte en el proceso productivo, la planta de cerámica CERART, ha visto conveniente investigar y desarrollar una nueva formulación base para la preparación de colores bajo esmalte, de manera que cumplan con las exigencias de calidad. Además se cuenta con los recursos tanto humano como material, situación que permite obtener un producto de calidad y a menor costo.

Es preciso mencionar que para el desarrollo de este proyecto, se tomó como referencia las características y propiedades de los colores bajo esmaltes importados “amacos”, con el propósito de obtener una formulación similar, de manera que nos proporcione efectividad y buenos resultados.

El presente trabajo se llevó a cabo íntegramente en las instalaciones de la planta de cerámica, ya que con la ejecución de estos proyectos se contribuye al progreso y engrandecimiento de CERART, y por ende de la Universidad Técnica Particular de Loja.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO



2. MARCO TEÓRICO

2.1. CERÁMICA: GENERALIDADES

Los antecedentes de la fabricación de cerámica se pierden en la prehistoria, cuando alguien debió descubrir que la arcilla se endurecía por el fuego. Desde aquellos tiempos, la alfarería ha evolucionado como arte más que como ciencia porque aún hoy, gran parte de sus productos se fabrican con los métodos de hace 300 años. Sin embargo la demanda de materiales de propiedades muy especiales ha impuesto el uso de las herramientas científicas más modernas para satisfacer las condiciones de tal demanda. Podemos decir que, desde las últimas décadas la ciencia se ha integrado a la industria de la cerámica fina.¹

Los materiales cerámicos son materiales inorgánicos no metálicos, constituidos por elementos metálicos y no metálicos enlazados principalmente mediante enlaces iónicos y/o covalentes. Las composiciones químicas de los materiales cerámicos varían considerablemente, desde compuestos sencillos a mezclas de muchas fases complejas enlazadas.

Las propiedades de los materiales cerámicos también varían mucho debido a diferencias en los enlaces. En general, son típicamente duros y frágiles con baja tenacidad y ductilidad. Los materiales cerámicos se comportan usualmente como buenos aislantes eléctricos y térmicos debido a la ausencia de electrones conductores, normalmente poseen temperaturas de fusión relativamente altas. Asimismo presenta estabilidad relativamente alta en la mayoría de los medios más agresivos debido a la estabilidad de sus fuertes enlaces. Debido a estas propiedades los materiales cerámicos son indispensables para muchos de los diseños en ingeniería.

Un género importante de la cerámica se basa en lo que es la cerámica utilitaria, cuya principal aplicación en el hogar está representada por la vajilla corriente, siendo otras aplicaciones los artículos de cocina, junto con los objetos de adorno y jarrones.²

¹ NORTON, F. H. Cerámica Fina, Tecnologías y Aplicaciones: España, OMEGA S.A, 1983, 1 p.

² PIEZAS CERÁMICAS. Disponible en Internet: http://sifunpro.tripod.com/piezas_ceramicas.htm. 1.p



2.2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE CERÁMICA³

CERÁMICA: Define toda la producción en arcilla moldeada, cocida y esmaltada y decorada “a gran fuego” o “fuego lento”. Comprende la terracota, loza, gres, mayólica y porcelana.

PASTA: Amalgama de uno o varios tipos de tierra con agua, de cuyo trabajo se obtiene la masa necesaria para modelar una pieza cerámica.

CUERO: Es la pasta que ha recibido forma hasta cuando entra en el horno para ser quemada o cocida.

BIZCOCHO (SOPORTE): Pieza de cerámica cocida sin esmalte. Recibe este nombre debido a la primera cocción a la que es sometido el objeto en cerámica cruda.

CHAMOTA: Arcilla o pasta quemada y después chancada o pulverizada.

DESGRASANTE: Materiales que disminuyen la plasticidad de las arcillas (sílice libre, feldespato, caliza, chamota, etc.)

DEFLOCULANTE: Material tensoactivo que incorporado en pequeñas proporciones disminuye la viscosidad de las barbotinas (silicato de sodio, carbonato de calcio).

FLOCULANTES: Son sustancias que se utilizan en casos específicos para espesar barbotina o esmaltes o bien como agentes de suspensión. Los más comunes son el sulfato de magnesio y el cloruro de calcio.

FRITA: Mezcla de distintas materias con las que se prepara el vidrio; consisten en borosilicatos, con potasa, sosa, cal, alúmina, etc., que se funden a elevadísima temperatura.

CRAQUELADO: Fisuras que presenta el esmaltado en la pieza terminada y que se aprecian como finas líneas en la capa de esmalte, resultado de un mayor coeficiente de expansión térmica del esmalte con respecto al del cuerpo cerámico.

SINTERIZACIÓN: Proceso de cocción característicamente cerámico que sufren los esmaltes y pastas al promediar la temperatura del horneado, consistente en un endurecimiento

³MASSARA, Felipe. *La Técnica de la Cerámica al Alcance de Todos: España, De Vecchi, S.A, 1972, p. 221-226p.*



parcial o adhesión de partículas sólidas entre sí, de manera tal que forman una especie de costra dura y porosa sin inicio de vitrificación.

TERRACOTA: Reciben este nombre todos los objetos sometidos a una primera cocción (bizcochado), antes de ser barnizados o esmaltados. Se obtienen empastando arcillas plásticas que, tras la cochura presentan una coloración rojiza o amarillenta (si la cantidad de carbonato de calcio es elevada).

NO VITRIFICADO (NO VÍTREO): El grado de vitrificación evidenciado por una absorción de agua relativamente alta, > 10 %.

SEMIVITRIFICADO (SEMIVITREO): El grado de vitrificación evidenciado por una absorción de agua moderada o intermedia $\geq 0,5\%$ y $\leq 10\%$.

VITRIFICADO (VÍTREO): Objeto al que ha sido aplicado el barniz o vidriado, que aparece recubierto por una capa de impermeable, parecida al vidrio al haber sido sometido a la acción del calor.

VIDRIADO (ESMALTADO): También llamado barniz. Mezcla de fundentes básicos, sirve para recubrir el bizcocho de una capa transparente y vidriosa. También puede ser aplicado sobre esmaltes de colores a fuego lento.

ESCAMADO: Cuando el vidrio de la pieza salta o se desprende del cuerpo, particularmente en superficies curvas o bordes.

INCRUSTACIÓN: Cualquier material extraño adherido al cuerpo esmaltado que no forma parte de la composición normal y su diseño.

HUELLA SUPERFICIAL: Estrías o muescas finas generalmente direccionadas, producidas durante el proceso de formación.

DESPOSTILLADO: Mella o defecto que queda en el borde de la pieza después de saltar de él un fragmento.

FALTA DE COLOR: Cuando se trata de esmalte de color, si se presentan áreas con coloración menos intensa o apenas coloreadas.

RECOGIDO DE ESMALTE: Encogido del esmalte en cualquier parte de la pieza que provoca superficies sin esmaltar.



PUNTOS DE ALFILER: Imperfecciones en la cara vista de un cuerpo cerámico vidriado semejante a punzaduras de alfiler.

AMPOLLAS: Burbuja o inclusión gaseosa en la superficie que si estalla podrían formar hoyos, bolsas o agujeros.

FALTA DE ESMALTE: Cuando existen áreas apenas cubiertas de esmalte.

MANCHA: Área descolorida o de otro color producida por la presencia de materiales que son o no usados en el proceso de producción.

GOTA DE ESMALTE: Protuberancia debida a la presencia de un exceso de esmalte en la pieza esmaltada.

2.3. PROCESO GENERAL DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS CERÁMICOS

Las operaciones fundamentales en la fabricación de productos cerámicos son las siguientes:

2.3.1. Preparación de las pastas cerámicas

Los procesos que se realizan en las factorías cerámicas son muy variados. Las operaciones preliminares dependen de la condición de las materias primas. Algunas materias primas se trituran, muelen, lavan, purifican y se secan.⁴

2.3.2. Moldeo

El moldeo de las pastas cerámicas tradicionales de arcillas depende de las propiedades plásticas y de flujo de ésta.

Los métodos de moldeo se dividen por consiguiente con arreglo a la condición de la pasta, como sigue: a) líquida; b) gacha viscosa; c) plástica; d) semiseca; e) seca.

Los métodos de moldeo más antiguos (modelado a mano y torneado en una rueda) requieren que las pastas de arcilla se encuentren en una condición plástica. Se emplean también pastas plásticas para moldeo en tornos de moldes cóncavos y convexos,

⁴ SINGER, F y SINGER, SS. Cerámica Industrial Vol. II: España, URMO S.A, 1979, 13 p.



extrusión, y prensado en moldes de escayola y otro bien sea mano o con prensas mecánicas o hidráulicas.⁵

2.3.3. Secado

El proceso de secado es complejo, teniendo lugar en dos etapas principales. En primer lugar el período de intensidad constante en el cual la pérdida de agua tiene lugar en la superficie y se produce una contracción de volumen igual al de la pérdida de agua. En segundo lugar el período o períodos de intensidad decreciente en que el agua se evapora desde el interior de la pasta y se produce poca o ninguna contracción.

Este proceso de secado no ha de determinar la velocidad de otros procesos, pero constituye un serio cuello de botella, por lo tanto, deberá acelerarse y hacerse más económico en mano de obra. No obstante, no es un proceso fácil de acelerar. Las condiciones determinadas por rápidas corrientes de aire caliente que podrían eliminar el agua con rapidez producen inmediatamente elevados gradientes de humedad en la pasta, haciéndola propensa al agrietamiento.⁶

2.3.4. Cocción o quema

La operación de la cocción reviste una importancia capital, pues es en su transcurso cuando se producen las reacciones fisicoquímicas a consecuencia de las cuales los productos manufacturados adquieren los caracteres específicos de la cerámica: La tierra deja de ser desmenuzable y modelable y de poderse mezclar con el agua, para tornarse dura y resistente, sin posibilidad alguna de recobrar su plasticidad; los revestimientos se vitrifica y se adhieren íntimamente a la tierra, confiriéndole su impermeabilidad.⁷

Los materiales cerámicos deben, por definición, sufrir al menos una cochura, que convierte el material moldeado irreversiblemente en un producto duro, resistente al agua y a los productos químicos. Los materiales no vidriados solamente sufren dicha cochura.

⁵ SINGER, F y SINGER, SS. Cerámica Industrial Vol. II: España, URMO S.A, 1979, 79 - 80 p.

⁶ SINGER, F y SINGER, SS. Cerámica Industrial Vol. II: España, URMO S.A, 1979. 216- 217 p.

⁷ COTTIER FIORELLA y ANGELI. La Cerámica: España, R-TORRES, 1974. 54 p.



Los materiales vidriados se cuecen tradicionalmente dos veces. En primer lugar sufren la cochura de bizcocho, en la cual todas las pastas, excepto la porcelana dura, se maduran por completo. A continuación se vidria el material de biscocho y se somete a la cochura de vidriado a una temperatura inferior para la maduración del vidriado.⁸

2.3.5. Decoración y vidriado

El proceso de decoración utiliza agentes colorantes los cuales se elaboran en forma de pintura o tinta con cargas, vehículos, aceites, etc., y pueden aplicarse al soporte cerámico mediante pulverización, pintado a pincel, espolvoreo, calcomanía, estampado, calcado o serigrafía. Posteriormente se aplica el vidriado sobre esta decoración y la pieza se somete finalmente a la cochura o cocción de vidriado.

Existen algunos métodos para colorear y decorar los materiales cerámicos, los mismos que se nombran a continuación.

1. *Vidriados coloreados, opacos y cristalinos, denominados también “teñido en el vidriado”.*
2. *Decoración bajo el vidriado.*
3. *Decoración sobre el vidriado.*
4. *Decoración en el mismo vidriado.*⁹

2.3.5.1. Decoración bajo vidriado

Denominamos decoración bajo vidriado o bajo cubierta a cualquier tipo de decoración cerámica que se ejecuta sobre el bizcocho (o también sobre la pasta cruda pero seca), y que después se cubre con una capa de esmalte transparente o cubierta que protege y hace destacar el color del dibujo u ornamento. Este tipo de decoración puede ejecutarse con colores especiales para bajo cubierta; con óxidos o sales metálicos; con pastel cerámico; con engobes; etc., siempre que se los cubra posteriormente con una cubierta de esmalte que hará necesaria una segunda cocción. En realidad, casi cualquier tipo de decoración sobre piezas puede cubrirse con una cubierta transparente, incluso los grabados hechos sobre la

⁸ SINGER, F y SINGER, SS. Cerámica Industrial Vol. II: España, URMO S.A, 1979. 242- 243 p.

⁹ SINGER, F y SINGER, SS. Cerámica Industrial Vol. II: España, URMO S.A, 1979, 174 - 176 p



pasta cruda se destacan notablemente si se los cubre, después de bizcochada la pieza, con un esmalte transparente levemente coloreado: el óxido pigmentante penetra ("ataca") al fondo de las incisiones, haciendo que ellas se destaquen mediante contrastes de luz y sombra. También los engobes (esgrafiados o no) pueden destacarse y adquirir mayor variedad si se les aplica encima una capa de esmalte transparente. Se trata de un método cerámico universal, que constituye un campo inmenso de nuevas posibilidades de expresión plástica dentro de la cerámica.¹⁰

2.4. EL COLOR EN LA INDUSTRIA CERÁMICA

Una gran rama de la industria cerámica produce objetos cuya apariencia y color, es importante. Por esta razón se incluyen aquí ciertos aspectos de la naturaleza del color, referidos a los materiales cerámicos.

2.4.1. Color

Es una percepción visual debida a la luz, pues la luz es aquella parte de la serie de ondas electromagnéticas que pueden ser detectadas por el ojo humano. Es un campo de longitudes de onda, cada una de las cuales aparece como un color diferente. Si el ojo recibe todas las longitudes de onda reunidas como en la luz solar, la sensación se denomina "luz blanca".¹¹

La luz blanca o incolora está compuesta de los siete colores del espectro. Los colores se separan cuando se filtran a través de un prisma; un objeto que refleja todos los rayos de colores del espectro aparece como una luz blanca; un objeto que los absorbe todos aparece negro.

El color tiene dos cualidades principales, **tono** e **intensidad**; la primera es la oscuridad o claridad de un color en particular y la segunda su brillo. Si toma una fotografía en blanco y negro de un paisaje compuesto enteramente de verdes, verá que unos aparecen más oscuros que otros, lo que demuestra que un solo color puede tener tonos oscuros y claros.

¹⁰ FERNANDEZ CHITI JORGE. Curso Práctico de Cerámica: España, CONDORHUASI Ediciones, 127p.

¹¹ SINGER, F y SINGER, SS. Cerámica Industrial Vol. I: España, URMO S.A, 1979, 265 - 267 p



En el mismo paisaje, algunos de los verdes serán más brillantes y vivos que otros; en otras palabras más intensos.

Los tonos también pueden considerarse como la gama de valores claros/oscuros que un color en particular puede asumir. Por ejemplo, si se mezcla un azul con cantidades variables de blanco o negro creará una serie de tonos azules de oscuros a claros.

La intensidad es una propiedad básica o cualidad que poseen los colores la cual se describe mediante los términos crominancia, saturación o brillo. Todas estas palabras significan lo mismo, y se refieren a la fuerza y luminosidad de un color, esto es, su grado de colorido.¹²

2.4.2. Agentes colorantes

Ciertos átomos son capaces de aparecer coloreados, dependiendo su color real de los átomos que los rodea y de la forma en que están enlazados. Así compuestos de cobre son casi todos coloreados pero los colores varían desde el verde, turquesa, y azul claro hasta el pardo oscuro, y el propio metal puede impartir un rojo brillante. Existen también ciertas combinaciones específicas de elementos incoloros que son coloreadas.

Por tanto, no es sorprendente que la materia prima utilizada para obtener un cierto color en un determinado producto cerámico posea por sí misma un color completamente diferente, y que el color producido pueda variar con las circunstancias, por ejemplo, con la composición, temperatura y atmosfera del horno.

Existen además muchos colores y fritas cerámicos comerciales. Estas contienen agentes colorantes verdaderos, fundidos junto con arena, arcilla, etc. Y están más o menos finamente molidos.¹³

¹² LUKE BLAXILL. Manual de Pintura, EDILUPA EDICIONES, S.L., 2008, 42, 48 p.

¹³ SINGER, F y SINGER, SS. Cerámica Industrial Vol. I: España, URMO S.A, 1979, 179 - 180 p.



2.5. COLORES CERÁMICOS

El componente básico de los colores, los pigmentos, son óxidos de coloración natural (Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , NiO , CaO , MnO , Y_2O_3 y otros) o combinaciones múltiples coloreadas; espinelas, granates, titanatos, circonatos y otros.¹⁴

Estos pigmentos están constituidos por la mezcla de óxidos metálicos unidos a otros cuerpos, a menudo fusibles, tales como caolín, feldespatos, vidriado transparente o fundente. Su objeto es:

1. Hacer que el colorante sea estable, para evitar que la decoración de las piezas sufra cambio de color;
2. Hacer que el colorante se adhiera al bizcocho y hacer el color más fusible para favorecer la distribución del vidriado por la decoración;
3. Fijar y vitrificar el colorante usado para la decoración.¹⁵

La composición y preparación de los tintes o colorantes cerámicos reales se ve influida por varias consideraciones derivadas del método de decoración para el que han de utilizarse y de los posibles efectos que pueden producirse sobre ellos en las piezas acabadas.

Tintes de pasta.- En este caso el colorante preparado se mezcla íntimamente con la pasta cerámica y se cuece con ella. Por lo tanto debe resistir todo tratamiento que se dé a la pasta.

Tintes de vidriado.- Estos son colorantes suspendidos en una carga de vidriado. Deben resistir todo tratamiento que se dé al vidriado.

Tintes o colorantes bajo el vidriado.- Estos se utilizan para trabajos de decoración sobre la pasta en estado de bizcocho, siendo cubiertos después por el vidriado crudo y sufriendo la cocción de vidriado. Deben resistir la temperatura de la cocción de vidriado sin reaccionar con el vidriado propiamente dicho, pues de lo contrario aparecerían corridos.

¹⁴ AVGUSTINIK, A. I. Cerámica. España, REVERTE S.A, 1983. 594 p.

¹⁵ VITTEL, Claude. Cerámica (pastas y vidriados): España, PARANINFO, 143 p.



Tintes o colorantes sobre el vidriado.- Estos colorantes se emplean para trabajo decorativo sobre un artículo vidriado. Se fijan al vidriado por una cocción ulterior a “esmalte” a baja temperatura (700 – 900 °C), y se ven ayudados para esto por mezclado con fundentes de tal forma que penetran en el vidriado sin que pueda ocurrir corrimiento alguno. La decoración sobre vidriado presenta el problema de la duración, puesto que cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre la cocción a esmalte y la cocción de vidriado tanto más expuesta se verá la decoración a la abrasión y la acción química.¹⁶

2.5.1. Colores Bajo Esmalte¹⁷

Se denomina colores bajo esmalte, aquellos que se utilizan para trabajos de decoración sobre la pasta en estado de bizcocho, siendo cubiertos después por el esmalte o vidriado crudo, para luego ser sometidos a cocción. Los colores bajo esmalte generalmente están constituidos por un fundente, suspensionante y un agente colorante, además de sustancias con características adhesivas, secantes y un medio de suspensión como el agua u otros disolventes.

Los colorantes bajo esmalte pueden precisar ser mezclados con materiales incoloros para su dilución para fijarlos a la superficie de tal modo que no sean deteriorados por la aplicación del vidriado. La última función es desempeñada por los denominados “fundentes”. Dichos fundentes no deben ser de bajo punto de fusión, pues deben fundir alrededor de las partículas colorantes durante el endurecimiento en el fuego, sin llegar a fundir lo suficiente para formar una mancha vítrea sobre la que no pueda agarrar el vidriado. Por otra parte un fundente de punto de fusión demasiado alto no fija suficientemente el colorante y puede conducir al desconchado posterior de la decoración junto con el vidriado existente sobre está.

Algunos fundentes bajo vidriado típicos son:

1. Pitchers vidriados o mezclas de pitchers vidriados y piedra.
2. Mezclas de piedra, feldespatos y pedernal.
3. Mezclas de bórax y pedernal, por ejemplo bórax 54%, pedernal 46%.
4. Mezclas que contienen vidrio o fritas, por ejemplo, vidrio de pedernal (Flint glass) 53%,

¹⁶ SINGER, F y SINGER, SS. Cerámica Industrial Vol. I: España, URMO S.A, 1979, 703 p.

¹⁷ SINGER, F y SINGER, SS. Cerámica Industrial Vol I, Tomo 9: España, URMO S.A, 1979, 706 p.



arena 47%.

2.5.1.1. Materias primas fundamentales

Los colores bajo esmalte generalmente están constituidos por un fundente, suspensionante y un agente colorante a los cuales se los denomina materias primas fundamentales pues representan el mayor porcentaje dentro de la composición de los mismos.

2.5.1.1.1. Fundente

Se conocen con el nombre de fundente a una amplia gama de productos químicos que se utilizan en los procesos de fusión de los minerales para rebajar el punto de fusión. Este concepto va relacionado con la temperatura de fusión de cada elemento de los que está compuesta la mezcla, así el de menor temperatura es el primer inductor de la fusión.

Dentro de la industria cerámica las sustancias que tienen esta característica fundente son las denominadas fritas, las cuales son compuestos vítreos, insolubles en agua, que se obtienen por fusión y posterior enfriamiento rápido de mezclas controladas de materias primas.

Aunque las fritas cerámicas contengan sustancias químicas, no deben considerarse productos ni muy tóxicos, ni tóxicos, ni nocivos.¹⁸

2.5.1.1.2. Suspensionante

Son sustancias las cuales contribuyen a impedir que se sedimenten los constituyentes no coloidales que contiene la mezcla. Dentro de los suspensionantes utilizados en cerámica se destaca la bentonita sódica.

2.5.1.1.2.1. Bentonita sódica

Es una variedad de arcilla coloidal, del grupo de las montmorillonitas, muy plástica, que tiene la propiedad de hincharse con el agua hasta aumentar su volumen cinco o más veces. Se usan principalmente las bentonitas sódicas, que tienen más capacidad de hinchamiento

¹⁸ NEBOT-DIAZ, I. MARCHAL M. Nuevas Tecnologías Para El Sector Cerámico: España, ATHENEA, 2000, 19-20 p.



que las cálcicas. Esta arcilla se emplea en pequeñísimas proporciones para facilitar el trabajo de las pastas y de los vidriados.¹⁹

2.5.1.1.3. Pigmentos Cerámicos

Los colores o pigmentos cerámicos son compuestos de elementos colorantes mezclados con otros ingredientes (frita), quemados a altas temperaturas, finamente molidos y de los que se eliminan las sales solubles. Su propósito es de dar color a la pasta, al barniz, bajo o sobre de éste.

2.5.1.1.3.1. Clasificación de los pigmentos cerámicos

El tono producido por un pigmento de cerámica es función de su composición y del tamaño de grano.

Las combinaciones posibles producen gran variedad de pigmentos.

Entre los pigmentos minerales más importantes están los de hierro, con sus variados matices de amarillo, rojo, pardo y negro, los cuales tienen grandes aplicaciones. Se les obtiene, tanto partiendo de los minerales naturales como sintéticamente. Los demás pigmentos de color se producen en la actualidad casi siempre por vía industrial, aun cuando antes se empleaban muchos minerales convertidos directamente en pigmentos.²⁰

Estos se clasifican en:

1. Óxido de cromo

Este óxido se introduce habitualmente por medio de un polvo verdoso de óxido de cromo (Cr_2O_3). Su color antes de la cocción se mantiene en la mayoría de los vidriados después de la fusión.

El óxido de cromo es un cuerpo polivalente cuyo valor varía con el tipo de vidriado utilizado y la temperatura de cocción.

¹⁹J.L.VICENTIZ, S.L SUMINISROS CERÁMICOS. Disponible en Internet: www.vicentiz.com/Acrobat/info_parcial/esmaltes/esmaltes.pdf. 10 p.

²⁰ WINNACKER, K y WEINGAERTNER, E. Tecnología Química, Tomo II Industrial Inorgánica: España, GUSTAVO GILI S.A, 1954, 549 p.



El óxido de cromo, de naturaleza poco fusible, es el menos soluble de todos los óxidos colorantes. Empieza a volatilizarse hacia 1.180°C, por lo que las piezas recubiertas de vidriados que contengan óxido de estaño, cercanos a otros que tengan cromo durante la cocción corren el riesgo de colorearse en parte de pardo o rosa.²¹

2. Óxido de Cobalto (Co_2O_3). Es el principal colorante azul. Es muy intenso y, por consiguiente, se suele fritar con alúmina y cal o con plomo para colores bajo barniz de baja temperatura. La frita permite una dispersión más uniforme del color y la obtención de colores más claros. Los colores cerámicos hechos a base de cobalto, alúmina y zinc, son estables a cualquier temperatura. Con una pequeña cantidad de MgO , SiO_2 y B_2O_3 , se producen una gran variedad de tonos rosa y lavanda.

3. Óxido de Estaño (SnO_2). También llamado óxido estánnico, es el más efectivo de los opacificantes. En cantidades de 5 a 7% produce un barniz blanco completamente opaco. Un exceso crea una superficie sin brillo. El estaño también es un ingrediente importante de pigmentos, y produce efectos especiales sobre las características del color de la mayoría de los óxidos colorantes. Debido a su precio relativamente alto.

4. Óxido de hierro. Los óxidos de hierro tiene tres formas (FeO) óxido ferroso, (Fe_2O_3) óxido férrico o hematita y (Fe_3O_4) óxido férrico o magnetita. El óxido de hierro es el ingrediente más común para producir colores crema o café en cuerpos y barnices. Si no fuera por su fuerte acción colorante, tendría muchas aplicaciones como fundente. Es la característica de quemado a baja temperatura y de color de las arcillas rojas.

5. Óxido de manganeso (MnO_2). Se usa en cerámica como colorante. No debe emplearse en concentraciones superiores al 5% ni en cuerpos ni en barnices, pues puede formar ampollas. Los colores que se obtienen son tonos cafés. Con el cobalto se produce un negro. Cuando se fritar con alúmina, se forma un colorante rosado.

6. Óxido de níquel. Se usa en dos formas, (NiO) óxido verde de níquel o niqueloso y (Ni_2O_3) óxido negro de níquel o niquélico. La función del níquel en un barniz está limitada casi exclusivamente a su acción colorante. En general el níquel se utiliza para modificar a otros óxidos colorantes.

²¹ VITTEL, Claude. Cerámica (pastas y vidriados): España, PARANINFO S.A, 1978, 155 p.



7. Óxido de plomo. Este óxido se utiliza en la cerámica de dos formas: (PbO) también llamado litargirio o greta y (Pb₃O₄), conocido como plomo rojo o minio.

Debido a su mayor proporción de oxígeno, la forma roja tiene ventajas sobre el litargirio. Los grados cerámicos de plomo rojo rara vez son puros, pues por lo general son 75% de minio y 25% de litargirio.

8. Óxido de praseodimio (Pr₆O₁₁). Es un óxido negro proveniente de compuestos de tierras raras y forma colores amarillos. Por lo general se combina con óxidos de zirconio y sílice para formar un pigmento que es estable en un amplio intervalo de temperaturas.

9. Óxido de titanio (TiO₂). El nombre correcto es el dióxido de titanio y es un opacificante que se usa solo o en una fritada, el óxido de titanio tiende a producir texturas semimates.

10. Óxido de uranio [U₃O₈ (negro)]. Es un desperdicio del combustible nuclear, que se usa como colorante amarillo en barnices de plomo de baja temperatura.

11. Óxido de zinc (ZnO). Es un compuesto difícil de clasificar. A temperaturas altas es un fundente poderoso. Cuando se usa en exceso en un barniz bajo en alúmina y se enfría lentamente, el zinc produce estructuras cristalinas. En general, el zinc aumenta el intervalo de maduración de un barniz y promueve el desarrollo de un mejor brillo, colores más brillantes, disminución de la expansión y, en ciertas condiciones, aumenta la opacidad.

12. Óxido de zirconio (ZrO₂). Pocas veces se utiliza solo como opacificante cerámico, pues por lo general se utiliza con otros óxidos para formar un silicato, que es más estable.

La mayoría de compuestos de zirconio se usan en combinación con otros opacificantes, tales como compuestos de estaño o de titanio.²²

2.5.1.2. Aditivos

Los aditivos son sustancias que intervienen en menor proporción dentro de la preparación de colorantes cerámicos permitiendo mostrar, disminuir o aumentar características deseadas en el producto final. Los aditivos más comunes utilizados para la preparación de colorantes cerámicos se detallan a continuación:

²² GLENN C, Nelson. Cerámica Manual para el Alfarero: México, C.E.C.S.A, 1966, 251 - 253 p.



2.5.1.2.1. Adhesivos y Secantes

2.5.1.2.1.1. C.M.C (Carboximetilcelulosa)

Es un polímero semisintético soluble en agua e insoluble en líquidos orgánicos. Tiene buenas propiedades para formar películas, alta viscosidad, comportamiento adhesivo, propiedades coloidales y tixotrópicas, entre algunas otras, lo cual hace que tenga una amplia variedad de aplicaciones.

El C.M.C es utilizado en pinturas de aceite y barnices. Actúa como espesante y suspensor de los pigmentos en el fluido. Puede emplearse en solución o en seco, aunque es más práctico tenerlo en solución e ir agregando a los colores o esmaltes que se van elaborando.

Cuando se incorpora el C.M.C en seco se mezcla en una proporción del (0,1/0,3%) respecto al peso del esmalte en seco. Conviene mezclarlo prolongadamente en seco en un mortero con el resto de los componentes del color o del esmalte y después con agua hasta que esté bien disuelto y sin grumos.

2.5.1.2.1.2. Goma arábica

Es un carbohidrato polímero complejo, conocida también como goma de acacia (acacia senegal u otras clases de acacias africanas), completamente soluble en agua caliente o fría. Insoluble en alcohol. La solución acuosa es ácida al tornasol. No tóxico; combustible.

Se puede preparar en las mismas proporciones que el C.M.C. No conviene excederse en las proporciones de los suspensivos, sobre todo con el C.M.C., dado que producirá el efecto contrario al que se pretende, es decir, lo floculará o espesará dejando inutilizable el esmalte.²³

2.5.1.2.1.3. Cloruro de sodio

El cloruro de sodio tiene propiedades adhesivas y suspensivas. Así mismo presenta propiedades secantes, pudiéndose emplear en proporciones del 0,4% cuando se interesa acelerar el proceso de secado.

²³ J.L.VICENTIZ, S.L SUMINISROS CERÁMICOS. Disponible en Internet: www.vicentiz.com/Acrobat/info_parcial/esmaltes/esmaltes.pdf. 12 p.



2.5.1.2.1.4. Benzoato de sodio

Polvo incoloro o blanco, soluble en agua y ligeramente en etanol. Se emplea en la industria de los colorantes en cerámica y como conservante alimenticio; es decir evita el desarrollo de bacterias y mohos.²⁴

2.5.1.2.1.5. Glicerina

La glicerina se utiliza como humectante, como fluido para mecanismos hidráulicos, como suavizante en cosmética, para suavizar las láminas de celofán, para tintas de imprenta, como lubricante y pinturas.

En la industria cerámica se utiliza para mejorar la consistencia de pasta, engobes y colorante cerámicos.²⁵

2.5.1.3. Disolvente o diluyente

El disolvente o diluyente mayormente utilizado en la preparación de colorantes cerámicos es el agua, pues esta reúne las propiedades y características necesarias para la obtención de exitosos resultados.

2.5.1.3.1 Agua

Existe un cierto número de materias que no forman parte de los productos cerámicos acabados, pero que no obstante son vitales para la preparación de los mismos. La más importante de éstas es el agua; están comprendidas aquí las sales solubles en agua que modifican la interacción de los coloides de arcilla con el agua; y también los aglomerantes orgánicos que contribuyen al moldeo y al mantenimiento de las partículas del material crudo unidas, así como los productos químicos que colaboran en el secado.

En la industria cerámica se utiliza el agua como medio de suspensión y de lavado en cierto número de los procesos preliminares. Se emplea en la mayor parte de las preparaciones de pasta para moldeo.²⁶

²⁴ DICCIONARIOS OXFORD-COMPLUTENCE, Química: España, COMPLUTENSE S.A, 1999, 78 p.

²⁵ PRIMO YÚFERA, Eduardo. Química Orgánica Básica y Aplicada, Tomo I: España, REVERTÉ S.A, 1996, 368 -369p.

²⁶ SINGER, F y SINGER, SS. Cerámica Industrial Vol. I: España, URMO S.A, 1979, 180 -182 p.

CAPÍTULO III

EXPOSICIÓN DE OBJETIVOS



3. EXPOSICIÓN DE OBJETIVOS

3.1. FIN DEL PROYECTO

Aportar con una nueva formulación base para la preparación de colores bajo esmalte que contribuya a mejorar el proceso de producción de la planta de cerámica CERART, de tal manera que se reduzcan los costos durante el proceso productivo y a su vez ayude a conseguir un mayor rendimiento de producción.

3.2. PROPÓSITO DEL PROYECTO

Desarrollo de una metodología para la preparación de colores bajo esmaltes a partir de la nueva formulación base para la Línea Yapacunchi de la Planta de Cerámica CERART-UTPL.

3.3. COMPONENTES DEL PROYECTO

- Establecer la formulación óptima de colores bajo esmalte
- Desarrollar un Protocolo de Control de Calidad para la producción de colores bajo esmalte.
- Evaluación económica en cada una de las etapas de la fabricación de colores bajo esmalte.

CAPÍTULO IV

PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS



4. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

4.1. Ho = La formulación base no hace variar la intensidad de los colores en las piezas finales con respecto a los colores de referencia “amacos”.

4.2. Ho = La formulación base no hace variar la tonalidad de los colores en las piezas finales con respecto a los colores de referencia “amacos”.

4.3. Ho = La formulación base no causa desprendimiento del esmalte “descascarillado” en las piezas finales con respecto a los colores de referencia “amacos”.

CAPÍTULO V

MATERIALES Y MÉTODOS



5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1.1. Diagrama del proceso para la preparación de Colores Bajo Esmalte.





5.2. DESARROLLO DE PRUEBAS

El desarrollo de la presente investigación se basó en la información que se presenta en la tabla 5.1, la misma que indica los constituyentes que generalmente componen un color bajo esmalte.

Tabla 5.1 Constituyentes de los colores bajo esmalte

NOMBRE	CARACTERÍSTICA
Materias primas	Fundente
	Suspensionante
	Agente colorante
Aditivos	Adhesivos y secantes
Medio de suspensión	Disolvente

FUENTE: Investigación bibliográfica

ELABORACIÓN: Los autores

5.2.1. Descripción del proceso para la preparación de colores bajo esmalte.

El proceso de preparación de colores bajo esmalte requiere de varias etapas que van desde la caracterización de materias primas hasta la obtención del producto final. La metodología utilizada se describe en el Protocolo de Control de Calidad; documento que se adjunta a este trabajo.

Seguidamente se detalla lo que comprende cada una de estas etapas:

5.2.1.1. Caracterización de las materias primas.

Consiste en el análisis físico de cada uno de los materiales utilizados con el propósito de conocer las características y propiedades que poseen.

5.2.1.1.1. Determinación de la distribución granulométrica

Se realiza por el método de tamizado por vía húmeda, se requieren 100g netos de muestra (descontada la humedad), posteriormente se coloca sobre una serie de 3 tamices (malla 120, 235 y 325) colocados sobre un vibrotamiz, el proceso dura hasta que se obtenga agua totalmente clara, luego se coloca los residuos de cada tamiz sobre cápsulas de aluminio y se secan sobre una cocineta 10 minutos, se deja enfriar a temperatura ambiente y se toman los pesos de cada tamiz por separado, siendo la suma de estos el peso total de



retenidos a malla 325. En la tabla 5.2 se muestra las especificaciones técnicas del vibrotamiz que se utiliza en el laboratorio.

$$P_T = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3}$$

Donde:

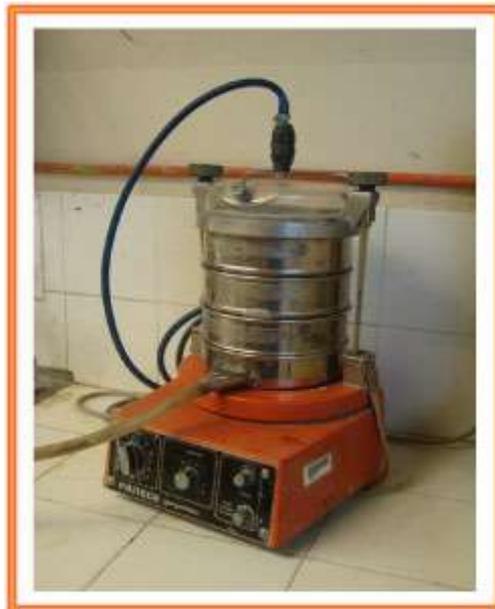
P_T : *Peso Total Retenidos*

Tabla 5.2 Especificaciones técnicas del tamiz vibrador

Marca:	FRITSCH
Potencia (KW):	0,5
Capacidad de tamices:	Tres (3) + fondo ciego
Tamices No. DIN disponibles:	120, 230, 325
Poder:	110 VAC / 60 Hz

FUENTE: CERART

ELABORACIÓN: Los autores



FOTOGRAFIA N° 1: Vibrotamiz de laboratorio de la planta CERART

ELABORACIÓN: Los Autores

5.2.1.1.2. Determinación de humedad

Para efectuar esta prueba se requiere de un recipiente metálico totalmente seco, que previamente debe ser pesado (W_r), posteriormente se pesa 10 gramos exactos de muestra



de materia prima, (W_{mo}) en la balanza electrónica, luego se seca por aproximadamente 20 minutos en la cocineta y se deja enfriar hasta temperatura ambiente.

Finalmente pesamos el recipiente que contiene la muestra fría utilizando la balanza electrónica (W_{frm}).

El cálculo para encontrar el valor del porcentaje de humedad se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$H = \frac{W_r + V_{mo} - V_{frm}}{W_{mo}} \times 100$$



FOTOGRAFIA N° 2: Determinación de humedad de colores bajo esmalte

ELABORACIÓN: Los Autores

5.2.1.2. Adecuación de las materias primas

En esta etapa se procede a una inspección visual y homogenización de las materias primas de los colores bajos esmaltes, de modo que se encuentren en excelentes condiciones antes de ser dosificadas para el proceso de molienda; es decir que se encuentren libres de impurezas o materiales extraños.

5.2.1.3. Dosificación y Molienda

La dosificación corresponde a la medición de las cantidades de los constituyentes que van a ser sometidos a la molienda para la preparación de colores bajo esmalte. La metodología



utilizada para la dosificación fue mediante la determinación de pesos, haciendo uso de una balanza electrónica. En la tabla 5.3 se muestra las especificaciones técnicas de la balanza que se utiliza en el laboratorio.

Tabla 5.3 Especificaciones técnicas de la balanza

Marca:	OHAUS
Precisión (g):	±0,1
Capacidad de carga (g):	1500
Tiempo de respuesta promedio (seg):	1

FUENTE: CERART

ELABORACIÓN: Los autores

Para la preparación de los colores bajo esmalte se realizó los cálculos de humedad de los constituyentes, para conocer la cantidad de agua que aportan en la mezcla total y determinar la cantidad de agua real a añadir, a fin de obtener la humedad deseada.

Los porcentajes añadidos de cada constituyente son en base datos predeterminados de los componentes que se muestran en la tabla 5.1., de forma que estos se variaron en un número de 9 pruebas, hasta conseguir la formulación óptima que mayor se asemeje a los colores de referencia “amacos”.

La molienda se ejecutó en un molino de bolas a nivel de laboratorio, con carga de molienda de bolas de porcelana. La molienda se cumplió con el propósito de mezclar, homogenizar y obtener una granulometría y consistencia similar a la de los colores de referencia. Es así que esta operación se realizó por un tiempo de 60 min. por vía húmeda, de manera que el color pase a través de malla 325 con un retenido real de 0.3 a 0.7 %. En la tabla 5.4 se muestra las especificaciones técnicas del molino que se utiliza en el laboratorio.

Tabla 5.4 Especificaciones técnicas del molino

Capacidad (L):	1,5
Velocidad (rpm):	126
Potencia del motor(HP):	1
Poder:	220 VDC/60Hz

FUENTE: CERART

ELABORACIÓN: Los autores



FOTOGRAFIA Nº 4: Molino de laboratorio de la planta CERART
ELABORACIÓN: Los Autores

5.2.1.4. Decoración de piezas

Una vez cumplida con las especificaciones de calidad de los colores bajo esmalte se procedió a la decoración de las piezas. Esta etapa fue realizada por personal de la planta de cerámica CER-ART, utilizando los colores: amarillo, rojo, azul cobalto, verde claro, verde oscuro y café. La técnica utilizada para este proceso fue mediante pincel.



FOTOGRAFIA Nº 5: Proceso de decoración con colores bajo esmalte
ELABORACIÓN: Los Autores



5.2.1.5. Esmaltación de piezas

Las piezas fueron esmaltadas por soplete la parte superficial y por inmersión la parte interior. Una vez esmaltadas las piezas se dejó secar al ambiente por un tiempo prudente no mayor a dos días para su posterior etapa. Esta operación fue realizada por los operarios del área de esmaltación.



FOTOGRAFIA Nº 6: Proceso de esmaltación de las piezas

ELABORACIÓN: Los Autores

5.2.1.6. Cocción de piezas

Una vez esmaltadas las piezas, se procedió a la cocción de las mismas (quema de vidrio). Este proceso se realizó en el horno estacionario de CERART, a un rango de temperatura de 1050-1140°C para el caso de piezas con pasta blanca. Esta operación la realiza el operario del área de hornos. En la tabla 5.5 se muestra las especificaciones técnicas del molino que se utiliza en el laboratorio.



FOTOGRAFIA N° 7: Horno de la planta CERART
ELABORACIÓN: Los Autores

Tabla 5.5 Especificaciones técnicas del molino

Marca:	TECNOCHIMICA
Modelo:	TSI "Horno Intermitente"
Combustible:	Electricidad (220 VDC / 60 Hz)
Temperatura máxima (°C):	1350
Potencia térmica (KW):	371
Potencia eléctrica (KW):	8

FUENTE: CERART

ELABORACIÓN: Los autores

5.2.1.7. Control de calidad

Una vez que se obtiene el producto terminado, se procede al respectivo y minucioso control de calidad de cada una de las piezas.

Este procedimiento lo realiza de manera visual el personal capacitado de la planta de cerámica CERART, considerando las características del color (tonalidad e intensidad), regularidad dimensional, aspecto superficial, fijación del recubrimiento vítreo “no descascarillado” y características mecánicas y químicas.



FOTOGRAFIA Nº 8: Control de calidad de las piezas
ELABORACIÓN: Los Autores

CAPITULO VI
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE
RESULTADOS



6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. PRUEBAS PARA LA FORMULACIÓN BASE DE COLORES BAJO ESMALTE

6.1.1. Caracterización de colores de referencia “amacos”

Es preciso mencionar que el desarrollo de la formulación base de los colores bajo esmalte, se fundamentó en las características de los colores de referencia, por consiguiente es necesario contar con los valores de los respectivos ensayos de caracterización, los mismos que fueron realizados con acierto y bajo la dirección del responsable del laboratorio. Los resultados se muestran en la tabla 6.1.

TABLA 6.1. Caracterización de los colores de referencia “amacos”

Colores de Referencia	Humedad (%)	Densidad (g/cm ³)	Retenido Real (%)	Sedimentación (%)
Azul mexicano	55,1	1,55 - 1,64	0,31	4 - 6
Blue green	76,4	1,22 - 1,31	0,42	4 - 6
Azul cobalto	57,2	1,24 - 1,38	0,45	4 - 6
Avocado	66,7	1,31 - 1,40	0,24	4 - 6
Verde oscuro	60,4	1,28 - 1,38	0,38	4 - 6
Amarillo	53,4	1,33 - 1,42	0,27	4 - 6
Tomate	61,5	1,31 - 1,40	0,10	4 - 6
Rojo	60,7	1,28 - 1,28	0,43	4 - 6
Café	56,8	1,34 - 1,45	0,34	4 - 6
Vino	53,6	1,39 - 1,48	1,27	4 - 6
Negro	70,6	1,20 - 1,29	2,45	4 - 6
Verde claro	69,8	1,37 - 1,46	0,79	4 - 6

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Cabe recalcar que los colores: vino, negro y verde claro, presentan una considerable variación del porcentaje de retenido respecto a los demás colores, debido a que estos han sido modificados; es decir se ha variado su composición inicial para cumplir con los requerimientos del proceso de decoración.

6.1.2. Caracterización de materias primas

Las materias primas utilizadas en la presente investigación se encuentran a disposición en la Planta de Cerámica CERART, las mismas que se adaptaron según la composición mostrada en la tabla 5.1. De esta manera se utilizó como fundente, frita BDT 0018; como agente



colorante algunos óxidos colorantes o pigmentos (amarillo, verde oscuro, verde claro, rojo, café y azul cobalto); y como suspensionante, bentonita sódica. Además como aditivos se adicionó C.M.C, cloruro de sodio, glicerina, y benzoato de sodio.

Los ensayos de caracterización se ejecutaron en el Laboratorio de la Planta de Cerámica CERART y bajo la dirección del líder del mismo. Los resultados se muestran en la tabla 6.2

TABLA 6.2. Caracterización de las materias primas

Parámetro	M. Prima	Frita BDT 0018	Bentonita	Pigmentos					
				Amarillo	Verde oscuro	Verde claro	Rojo	Café	Azul cobalto
Granulometría	Malla 120	0,00	0,05	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,02
	Malla 230	0,45	0,30	0,05	0,90	0,08	0,21	0,06	0,03
	Malla 325	7,78	0,93	0,00	0,12	0,06	0,31	0,04	0,00
	Real (%)	24,39	2,89	0,10	2,04	0,43	1,04	0,20	0,10

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

6.1.3. Ejecución de pruebas

EL desarrollo de las pruebas preliminares fue en base a consideraciones predeterminadas de los porcentajes de los constituyentes, de manera que éstos se fueron variando hasta encontrar la formulación óptima. Una vez realizados los respectivos ajustes y cálculos, se procedió a moler hasta obtener la formulación adecuada; seguidamente se procedió a realizar los análisis de laboratorio, decoración, esmaltación y quema de las piezas.

En el transcurso de estas operaciones se analizó el comportamiento de las formulaciones en cuanto a características tales como: adherencia, tiempo de secado, consistencia, densidad y granulometría. Este análisis permitió determinar y elegir la prueba con características y propiedades similares a los de los colores de referencia. Es importante mencionar que además de realizar los respectivos ensayos de laboratorio, también fue de gran utilidad las consideraciones hechas por parte del personal de decoración, los cuales gracias a su vasta experiencia pudieron dar un criterio acertado en el desarrollo de la formulación base de los colores bajo esmalte; criterio basado en una inspección visual.



6.1.3.1. Primera prueba para la obtención de la formulación base (F1)

Para esta primera prueba se decidió formular los colores bajo esmaltes, añadiendo materias primas (ver tabla 6.3) y aditivos (ver tabla 6.4), nótese que los aditivos son en base a la mezcla total de la formulación. Esta formulación presentó mínima sedimentación y adherencia aceptable. Sin embargo en la decoración se evidenció defectos asociados a un acelerado tiempo de secado, presencia de pequeños grumos de C.M.C, e incorrecta consistencia. Los resultados del análisis de laboratorio se muestran en la tabla 6.5.

Tabla 6.3 Formulación base del color bajo esmalte

Materias primas	% Formula
Frita BDT 0018 (Polvo)	46,57
Pigmento (Amarillo)	46,57
Bentonita sódica	6,86
Total	100

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.4 Aditivos de la formulación base del color bajo esmalte

Aditivos	%
Cloruro de sodio	15,05
CMC (Sol. 2.5 %)	15,05
Glicerina	13,57
Benzoato de sodio	0,05

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.5 Análisis de la formulación base del color bajo esmalte

Parámetro	Valor	Unidad
Humedad	51,52	%
Densidad	1,34	g/cm ³
Retenidos	2,84	%
Tiempo de molienda	45	min

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



6.1.3.2. Segunda prueba para la obtención de formulación base (F2)

En esta segunda prueba se varió los porcentajes de la formulación anterior, como se especifica en la tabla 6.6 y tabla 6.7, con el propósito de corregir los defectos asociados a un acelerado tiempo de secado, presencia de pequeños grumos de C.M.C, e incorrecta consistencia. Sin embargo esta formulación no mostró mayor variación en cuanto a características en relación con la anterior formulación. Los resultados de su análisis se muestran en la tabla 6.8.

Tabla 6.6 Formulación base

Materias primas	% Formula
Frita BDT 0018 (Polvo)	44,14
Pigmento (Amarillo)	44,14
Bentonita sódica	11,72
Total	100

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.7 Aditivos de la formulación base

Aditivos	%
Cloruro de sodio	15,53
CMC (Sol. 2.5 %)	15,53
Glicerina	9,33
Benzoato de sodio	0,05

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.8 Análisis de la formulación base

Parámetro	Valor	Unidad
Humedad	41,35	%
Densidad	1,31	g /cm ³
Retenidos	2,53	%
Tiempo de molienda	45	min

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



6.1.3.3. Tercera prueba para la obtención de formulación base (F3)

En esta tercera prueba se modificó el porcentaje de cloruro de sodio, CMC, Bentonita y glicerina (ver tabla 6.9 y 6.10) pues se necesitaba corregir el tiempo de secado, eliminar los grumos de C.M.C y disminuir el porcentaje de retenidos conforme los colores de referencia. También se varió el porcentaje de glicerina tratando de mejorar la consistencia. La formulación obtenida mostro un pequeño cambio en cuanto a las características como tiempo de secado, consistencia y presencia de grumos. Sin embargo esta formulación no muestra un cambio positivo considerable en relación con la anterior formulación. Los resultados del análisis de laboratorio se muestran en la tabla 6.11.

Tabla 6.9 Formulación base

Materias primas	% Formula
Frita BDT 0018 (Polvo)	47,88
Pigmento (Amarillo)	47,88
Bentonita sódica	4,24
Total	100

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.10 Aditivos de la formulación base

Aditivos	%
Cloruro de sodio	5,63
CMC (Sol. 2,5 %)	11,26
Glicerina	6,30
Benzoato de sodio	0,05

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.11 Análisis la formulación base

Parámetro	Valor	Unidad
Humedad	41,23	%
Densidad	1,33	g/cm ³
Retenidos	2,47	%
Tiempo de molienda	50	min

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



6.1.3.4. Cuarta prueba para la obtención de formulación base (F4)

En esta cuarta formulación (ver tabla 6.12) se modificó considerablemente el porcentaje de bentonita sódica, así como de los aditivos (ver tabla 6.13) logrando obtener una formulación con elevada sedimentación debido a que la bentonita sódica actúa también como un aglutinante, de manera que al aglutinarse las partículas del bajo esmalte estas aumentan su densidad produciéndose la sedimentación. En tanto que las demás características también se vieron afectadas, teniendo un bajo esmalte inadecuado para el proceso productivo. Los resultados del análisis de laboratorio se muestran en la tabla 6.14.

Tabla 6.12 Formulación base

Materias primas	% Formula
Frita BDT 0018 (Polvo)	39,51
Pigmento (Amarillo)	39,51
Bentonita sódica	20,98
Total	100

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.13 Aditivos de la formulación base

Aditivos	%
Cloruro de sodio	3,41
CMC (Sol. 2,5 %)	10,23
Glicerina	3,82
Benzoato de sodio	0,05

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.14 Análisis de la formulación base

Parámetro	Valor	Unidad
Humedad	51,55	%
Densidad	1,30	g/cm ³
Retenidos	2,84	%
Tiempo de molienda	60	min

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



6.1.3.5. Quinta prueba para la obtención de formulación base (F5)

En esta quinta formulación se modificó los porcentajes de las materias primas (ver tabla 6.15) y aditivos (ver tabla 6.16), tratando de regular el porcentaje de sedimentación, tiempo de secado, presencia de grumos, retenidos y consistencia. La formulación obtenida, una vez más mejoró brevemente las características con referencia a la prueba número tres; dejando de lado la cuarta prueba ya que está resultó totalmente inadecuada debido a la presencia elevada de bentonita sódica. Al darse estos pequeños cambios en cuanto a la mejora de la formulación, se pudo ver que se apuntaba en la dirección correcta a la obtención de la formulación adecuada. Sin embargo no se pudo decir que esta formulación mostró un cambio positivo considerable en relación con las anteriores formulaciones. Los resultados del análisis de laboratorio se muestran en la tabla 6.17.

Tabla 6.15 Formulación base

Materias primas	% Formula
Frita BDT 0018 (Polvo)	42,48
Pigmento (Amarillo)	42,48
Bentonita sódica	15,04
Total	100

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.16 Aditivos de la formulación base

Aditivos	%
Cloruro de sodio	2,06
CMC (Sol. 2.5 %)	12,35
Glicerina	4,61
Benzoato de sodio	0,05

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.17 Análisis de la formulación base

Parámetro	Valor	Unidad
Humedad	51,55	%
Densidad	1,33	g/cm ³
Retenidos	0,38	%
Tiempo de molienda	90	min

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



6.1.3.6. Sexta prueba para la obtención de formulación base (F6)

En esta sexta formulación se modificó los porcentajes C.M.C y cloruro de sodio, tratando de mejorar aún más el porcentaje de sedimentación, tiempo de secado, presencia de grumos, retenidos y consistencia (ver tabla 6.19). La formulación obtenida mejoró considerablemente las características, siendo así que esta formulación constituyó la base que estableció los porcentajes apropiados de materias primas (ver tabla 6.18). Los resultados del análisis de laboratorio se muestran en la tabla 6.20.

Tabla 6.18 Formulación base

Materias primas	% Formula
Frita BDT 0018 (Polvo)	44,14
Pigmento (Amarillo)	44,14
Bentonita sódica	11,72
Total	100

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.19 Aditivos de la formulación base

Aditivos	%
Cloruro de sodio	2,19
CMC (Sol. 2.5 %)	13,16
Glicerina	4,91
Benzoato de sodio	0,05

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.20 Análisis de la formulación base

Parámetro	Valor	Unidad
Humedad	50,3	%
Densidad	1,37	g/cm ³
Retenidos	0,46	%
Tiempo de molienda	90	min

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



6.1.3.7. Séptima prueba para la obtención de formulación base (F7)

En esta séptima formulación (ver tabla 6.21) se dosificó los mismos porcentajes de materias primas en relación a la sexta prueba, con la única diferencia que se utilizó frita BDT 0018 en forma líquida debido a que se agotó la reserva de frita en polvo. Únicamente los porcentajes de aditivos fueron los que se continuaron brevemente variando con el fin de ajustar el porcentaje de retenidos, reducir la sedimentación y minimizar la presencia de grumos debidos al C.M.C (ver tabla 6.22). Los resultados del análisis de laboratorio se muestran en la tabla 6.23.

Tabla 6.21 Formulación base

Materias primas	% Formula
Frita BDT 0018 (Líquida)	44,14
Pigmento (Amarillo)	44,14
Bentonita sódica	11,72
Total	100

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.22 Aditivos de la formulación base

Aditivos	%
Cloruro de sodio	1,94
CMC (Sol. 2.5 %)	11,65
Glicerina	4,35
Benzoato de sodio	0,05

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.23 Análisis de la formulación base

Parámetro	Valor	Unidad
Humedad	56,02	%
Densidad	1,31	g/cm ³
Retenidos	0,53	%
Tiempo de molienda	60	min

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



6.1.3.8. Octava prueba para la obtención de formulación base (F8)

En esta octava formulación (ver tabla 6.24) se varió el porcentaje de C.M.C (ver tabla 6.25), pero esta vez ya no se utilizó este aditivo en solución, sino que se decidió emplearlo en polvo, pues esto facilitó el proceso de dosificación. La variación del porcentaje de este aditivo perseguía corregir la presencia de grumos y ajustar la sedimentación conforme los colores de referencia; lo cual se pudo conseguir pues se obtuvo una formulación con características aproximadamente similares a los de los colores de referencia. Los resultados del análisis de laboratorio se muestran en la tabla 6.26.

Tabla 6.24 Formulación base

Materias primas	% Formula
Frita BDT 0018 (Líquida)	44,14
Pigmento (Amarillo)	44,14
Bentonita sódica	11,72
Total	100

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.25 Aditivos de la formulación base

Aditivos	%
Cloruro de sodio	1,95
CMC (Polvo)	0,39
Glicerina	4,36
Benzoato de sodio	0,05

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.26 Análisis de la formulación base

Parámetro	Valor	Unidad
Humedad	55,89	%
Densidad	1,33	g/cm ³
Retenidos	0,26	%
Tiempo de molienda	60	min

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



6.1.3.9. Novena prueba para la obtención de formulación base (F9)

En esta novena formulación (ver tabla 6.27) únicamente se varió el porcentaje de C.M.C (ver tabla 6.28) persiguiendo obtener resultados similares a los colores amacos en cuanto se refiere a sedimentación y tratando de minimizar aún más la presencia de grumos y lograr que la adherencia a la pieza no se vea afectada. Los resultados de esta prueba fueron satisfactorios, pues se consiguió minimizar en buena parte la presencia de grumos de C.M.C, sin modificar la adherencia y las demás características. Es importante mencionar que esta formulación mostró los resultados esperados pues tuvo una importante similitud a los colores de referencia. Sin embargo a partir de esta formulación se realizó la optimización en cuanto al porcentaje de sedimentación, ver tabla 6.32 *Pruebas de Sedimentación* con el fin de contrastar con el rango de sedimentación que poseen los colores de referencia indicado en la tabla 6.1 *Caracterización de los colores de referencia "amacos"*. Los resultados del análisis de laboratorio se muestran en la tabla 6.29.

Tabla 6.27 Formulación base

Materias primas	% Formula
Frita BDT 0018 (Líquida)	44,14
Pigmento (Amarillo)	44,14
Bentonita sódica	11,72
Total	100

FUENTE: Investigación Experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.28 Aditivos de la formulación base

Aditivos	%
Cloruro de sodio	0,58
CMC (Polvo)	0,19
Glicerina	4,36
Benzoato de sodio	0,05

FUENTE: Investigación Experimental

ELABORACIÓN: Los autores



Tabla 6.29 Análisis de la formulación base

Parámetro	Valor	Unidad
Humedad	55,89	%
Densidad	1,34	g /cm ³
Retenidos	0,34	%
Tiempo de molienda	60	min

FUENTE: Investigación Experimental

ELABORACIÓN: Los autores

6.1.4. Selección de la formulación base antes de la cocción.

Para la selección de la formulación base definitiva antes de la cocción, se procedió a realizar un análisis comparativo de las características órgano visual (adherencia, consistencia y tiempo de secado), y físicas (humedad, densidad, retenidos y sedimentación), entre las formulaciones ejecutadas y la formulación de referencia.

6.1.4.1. Selección de la formulación base antes de la cocción de acuerdo a características órgano visual.

Dentro de esta selección se tomó en cuenta y se comparó aquellas características que no se pueden cuantificar (adherencia, consistencia, y tiempo de secado), pero que se las puede apreciar a través de la vista y que son de importancia en cuanto a la calidad de los colores bajo esmaltes. El análisis comparativo (ver tabla 6.30) se lo realizó entre las formulaciones ejecutadas y la formulación de referencia.

Tabla 6.30 Comparación de las características órgano visuales de las formulaciones ejecutadas y la formulación de referencia

Formulación	Adherencia	Consistencia	Tiempo de secado
F1	B	C	C
F2	B	C	C
F3	B	C	C
F4	C	C	C
F5	B	C	C
F6	B	B	B
F7	B	B	B
F8	A	B	B
F9	A	A	A
FR	A	A	A

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



Valoración:

A = Buena adherencia; Buena consistencia; buen, moderado o adecuado tiempo de secado.

B = Mediana adherencia; mediana consistencia; mediano, regular o aceptable tiempo de secado.

C = Mala adherencia; mala consistencia; mal, precipitado o acelerado tiempo de secado.

Simbología:

F# = Formulación número.

FR = Formulación de referencia (correspondiente a los colores “amacos”).

Del análisis comparativo entre las formulaciones ejecutadas y la formulación de referencia se pudo constatar que la prueba nueve (F9) es la prueba que cumplen con las características órgano visual deseadas de esta investigación.

6.1.4.2. Selección de la formulación base antes de la cocción de acuerdo a características físicas.

Para la selección de la formulación en cuanto a las características físicas se refiere, se comparó las formulaciones como se muestra en la tabla 6.31.

Tabla 6.31 Comparación de las características físicas de las formulaciones ejecutadas y la formulación de referencia

Formulación	Densidad (g/cm ³)	Humedad (%)	% Retenidos
F1	1,34	51,52	2,84
F2	1,31	41,35	2,53
F3	1,33	41,23	2,47
F4	1,30	51,55	2,84
F5	1,33	51,55	0,38
F6	1,37	50,30	0,46
F7	1,31	56,02	0,53
F8	1,33	55,89	0,26
F9	1,31	55,22	0,34
FR	1,36	53,40	0,27

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



Del análisis comparativo entre las formulaciones ejecutadas y la formulación de referencia se pudo constatar que la prueba nueve (F9) es la prueba que tiene una mayor similitud en cuanto a los valores de características físicas se refiere.

6.1.4.3. Optimización de la formulación base en cuanto a sedimentación

Con el fin de conseguir un porcentaje de sedimentación similar al de los colores de referencia, se efectuó cinco pruebas de sedimentación, variando únicamente la concentración de C.M.C, tomando como formulación base, la formulación (F9).

6.1.4.3.1. Prueba de sedimentación

Esta prueba consistió en colocar la suspensión “color bajo esmalte” en un recipiente de vidrio y se procedió a tomar el peso del mismo (P_{CBE}), luego se dejó en reposo en un lugar en el cual no exista movimiento y a la sombra para que no exista excesiva evaporación de agua. Debe permanecer en almacenamiento durante 24 horas, luego se procede a separar cuidadosamente, la fase líquida de la fase sólida o sedimento, con el objetivo de tomar el peso del sedimento (P_{SCBE}) y determinar el porcentaje de sedimentación. Los resultados se especifican en la tabla 6.32. **(Ver cálculos en el Anexo A. Prueba para Determinar el Porcentaje de Sedimentación)**

Tabla 6.32 Pruebas de sedimentación

Formulación	Prueba	C.M.C (g)	% C.M.C	% Sedimentación
F9	P1	0,00	0,00	6,62
	P2	0,25	0,10	5,44
	P3	0,50	0,19	4,94
	P4	0,75	0,29	1,07
	P5	1,00	0,39	0,87

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

De las pruebas de sedimentación realizadas se pudo determinar que las formulaciones de las pruebas (F9P2 y F9P3), se encuentran dentro del rango de porcentaje de sedimentación como lo establecen los colores de referencia (ver tabla 6.1). Sin embargo de estas dos formulaciones se seleccionó la formulación de la prueba (F9P2), por conservar invariantes las características órgano visual y físicas con nula presencia de grumos de C.M.C; mientras



que la formulación de la prueba (F9P3), fue rechazada por presentar presencia de grumos de C.M.C, a pesar de estar dentro del rango de sedimentación establecido y conservar invariantes las características de interés. Por lo tanto, la formulación de la prueba (F9P2) se eligió como la formulación base definitiva para la preparación de colores bajo esmalte previa a la quema.

6.1.4.3.2. Resultados de la formulación base seleccionada (F9P2) para la preparación de colores bajo esmalte antes de la cocción.

Mediante esta formulación (ver tabla 6.33 y 6.34) se consiguió obtener los mejores resultados en cuanto a las características deseadas conforme a los colores de referencia; es decir, se logró minimizar del todo la presencia de grumos de C.M.C, mantener una buena adherencia del color al soporte cerámico, optimizar el porcentaje de sedimentación, ajustar el porcentaje de retenidos, buena consistencia, y apto tiempo de secado.

Tabla 6.33 Formulación base definitiva

Materias primas	% Formula
Frita BDT 0018 (liq)	44,14
Pigmento (amarillo)	44,14
Bentonita sódica	11,72
Total	100

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.34 Aditivos de la formulación

Aditivos	%
Cloruro de sodio	0,58
C.M.C (polvo)	0,10
Glicerina	4,36
Benzoato de sodio	0,05

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



Tabla 6.35 Análisis de la formulación del color bajo esmalte

Parámetro	Valor	Unidad
Humedad	55,89	%
Densidad	1,31	g /cm ³
Retenidos	0,34	%
Tiempo de molienda	60	Min

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

6.1.5. Colores bajo esmalte preparados con la formulación seleccionada (F9P2)

Luego de la selección de la formulación óptima (F9P2), la cual fue preparada únicamente con pigmento amarillo; se procedió a replicar está, utilizando otros pigmentos. Los colores bajo esmalte obtenidos (amarillo, verde oscuro, verde claro, azul cobalto, rojo y café), fueron comparados con sus similares colores de referencia con el fin de constatar si existía alguna variación en las características de la formulación base al cambiar de pigmento.

6.1.5.1. Resultados de los colores bajo esmalte preparados a partir de la formulación seleccionada (F9P2).

A continuación en la tabla 6.36 y 6.37 se muestra las características órgano visual y físicas que mostraron los colores bajo esmalte preparados a partir de la formulación seleccionada (F9P2).

Tabla 6.36 Características órgano visual de los colores bajo esmaltes preparados y de los colores de referencia

Nombre	Variable	COLORES BAJO ESMALTE	
		COLORES PREPARADOS	COLORES DE REFERENCIA
Amarillo	Adherencia	A	A
	Consistencia	A	A
	Tiempo de secado	A	A
Verde oscuro	Adherencia	A	A
	Consistencia	A	A
	Tiempo de secado	A	A
Verde claro	Adherencia	A	A
	Consistencia	A	A
	Tiempo de secado	A	A



Azul cobalto	Adherencia	A	A
	Consistencia	A	A
	Tiempo de secado	A	A
Rojo	Adherencia	A	A
	Consistencia	A	A
	Tiempo de secado	A	A
Café	Adherencia	A	A
	Consistencia	A	A
	Tiempo de secado	A	A

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.37 Características físicas de los colores bajo esmalte preparados y de los colores de referencia

Nombre	Variable	COLORES BAJO ESMALTE	
		COLORES PREPARADOS	COLORES DE REFERENCIA
Amarillo	Densidad (g /cm ³)	1,31	1,33
	Humedad (%)	55,22	55,89
	Retenidos (%)	0,34	0,34
Verde oscuro	Densidad (g /cm ³)	1,32	1,28
	Humedad (%)	58,30	60,4
	Retenidos (%)	0,50	0,38
Verde claro	Densidad (g /cm ³)	1,37	1,37
	Humedad (%)	56,4	69,80
	Retenidos (%)	0,66	0,79
Azul cobalto	Densidad (g /cm ³)	1,34	1,24
	Humedad (%)	56,30	57,2
	Retenidos (%)	0,48	0,45
Rojo	Densidad (g /cm ³)	1,34	1,31
	Humedad (%)	63,30	61,5
	Retenidos (%)	0,54	0,43
Café	Densidad (g /cm ³)	1,34	1,34
	Humedad (%)	56,20	56,8
	Retenidos (%)	0,37	0,34

FUENTE: Investigación experimental



ELABORACIÓN: Los autores

Una vez comparadas las variables de los colores bajo esmalte preparados a partir de la formulación seleccionada (F9P2) y los colores de referencia, se pudo afirmar que no existió ninguna variación en cuanto a las características órgano visual, y que los valores de las características físicas son muy similares. Por lo tanto se concluyó que la formulación seleccionada (F9P2), no experimentó ninguna variación en las características al cambiar de pigmento, con lo cual se ratificó, que es la formulación base más idónea para la preparación de colores bajo esmalte, previa a la cocción.

6.1.6. Ciclos de cocción de las pruebas seleccionadas a 1050 °C, 1070 °C, 1140 °C.

Las piezas fueron sometidas a tres quemas o cocciones en el horno de la planta de CERART, mediante los ciclos de cocción que se detallan en las tablas 6.38, 6.39 y 6.40

Tabla 6.38 Programación del ciclo de cocción de los colores bajo esmalte a 1050° C

HORA	TIEMPO min - hora	TEMPERATURA (°C)
5H30	0	25
6H00	30	73
6H30	60	121
7H00	1.5 horas	169
7H30	120	220
8H00	150	271
8H30	180	322
9H00	210	373
9H30	4 horas	424
10H00	270	466
10H30	300	508
11H00	330	550
11H30	6 horas	622
12H00	390	694
12H30	420	766
13H00	450	838
13H30	480	910
14H00	510	981
14H30	9 horas	1050
16H30	12 horas	1050

FUENTE: Planta CERART



Tabla 6.39 Programación del ciclo de cocción de los colores bajo esmalte a 1070° C

HORA	TIEMPO min - hora	TEMPERATURA (° C)
5H30	0	25
6H00	30	67
6H30	60	109
7H00	1.5 horas	150
7H30	120	210
8H00	150	270
8H30	180	330
9H00	210	390
9H30	4 horas	450
10H00	270	486
10H30	300	522
11H00	330	560
11H30	6 horas	600
12H00	390	675
12H30	420	750
13H00	450	830
13H30	480	907
14H00	510	990
14H30	9 horas	1070
16H30	11 horas	1070

FUENTE: Planta CERART



Tabla 6.40 Programación del ciclo de cocción de los colores bajo esmalte a 1140° C

HORA	TIEMPO min - hora	TEMPERATURA (°C)
5H00	0	25
5H30	30	70
6H00	60	115
6H30	1.5 horas	160
7H00	120	226
7H30	150	293
8H00	180	362
8H30	210	431
9H00	4 horas	500
9H30	270	533
10H00	300	566
10H30	5.5 horas	600
11H00	360	675
11H30	390	750
12H00	420	825
12H30	450	900
13H00	480	978
13H30	510	1059
14H00	9 horas	1140
16H00	11 horas	1140

FUENTE: Planta CERART



6.1.6.1. Resultados a la cocción

Las piezas decoradas con los colores bajo esmalte preparados a partir de la formulación seleccionada (F9P2), se sometieron a tres quemados o cocciones, a diferentes temperaturas, con el propósito de conocer a que temperatura presenta mejores resultados en cuanto a intensidad, tonalidad y fijación del esmalte o cubierta vítrea (no descascarillado), que son las propiedades de interés posterior a la cocción. Los resultados se muestran en la tabla 6.41.

Tabla 6.41 Resultados de los colores preparados

Nombre	Tipo de pieza	PROPIEDADES A DISTINTAS TEMPERATURAS								
		1050 °C			1070 °C			1140 °C		
		Intensidad	Tonalidad	Fijación	Intensidad	Tonalidad	Fijación	Intensidad	Tonalidad	Fijación
Amarillo	Pozuelo	B	B	0	A	A	0	C	C	0
	Platillo	B	B	0	A	A	0	C	C	0
	Taza	B	B	0	A	A	0	C	C	0
Verde oscuro	Pozuelo	B	B	0	A	A	0	C	C	0
	Platillo	B	B	0	A	A	0	C	C	0
	Taza	B	B	0	A	A	0	C	C	0
Verde claro	Pozuelo	B	B	0	A	A	0	C	C	0
	Platillo	B	B	0	A	A	0	C	C	0
	Taza	B	B	0	A	A	0	C	C	0
Azul cobalto	Pozuelo	B	B	0	A	A	0	C	C	0
	Platillo	B	B	0	A	A	0	C	C	0
	Taza	B	B	0	A	A	0	C	C	0
Rojo	Pozuelo	B	B	0	A	A	0	C	C	0
	Platillo	B	B	0	A	A	0	C	C	0
	Taza	B	B	0	A	A	0	C	C	0
Café	Pozuelo	B	B	0	A	A	0	C	C	0
	Platillo	B	B	0	A	A	0	C	C	0
	Taza	B	B	0	A	A	0	C	C	0

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Valoración para Intensidad y Tonalidad

A = Excelente intensidad; excelente tonalidad.

B = Buena intensidad; buena tonalidad.

C = Regular intensidad; regular tonalidad.

Valoración para el descascarillado

0 = Ausencia de descascarillado (excelente fijación)

1 = Presencia de descascarillado (pésima fijación)



Después del análisis de los resultados a las quemadas, se observó que a la temperatura de 1050 °C, las piezas presentaron resultados aceptables en cuanto a intensidad, tonalidad y fijación del esmalte; en cambio a 1070 °C de temperatura se observó que las piezas presentaron resultados satisfactorios en cuanto a intensidad, tonalidad y fijación del esmalte; sin embargo a 1140 °C de temperatura se observó que las piezas presentaron resultados insatisfactorios, pues se manifestó baja intensidad y tonalidad del color. Por lo tanto se determinó que la temperatura idónea de cocción de los colores preparados es de 1070 °C, ya que a esta temperatura se observó los mejores resultados en cuanto a intensidad, tonalidad y fijación del esmalte. Estos resultados se debieron a que la frita BDT 0018, utilizada trabaja muy bien a temperaturas de 1050 a 1140 °C, sin embargo los puntos de fusión de los pigmentos que constituyen los colores oscilan entre 1050 a 1090, en tanto que si se supera esa temperatura los pigmentos experimentan degradación en su tonalidad y brillo, reduciendo la calidad de las piezas.

Las fotografías que a continuación se muestran, corresponden a las piezas (pozuelos) decoradas con los colores bajo esmalte preparados y quemadas a las temperaturas de 1050 (izquierda) y 1070 (derecha).



FOTOGRAFIA N° 11: Pieza tipo pozuelo, decorada con color bajo esmalte amarillo

ELABORACIÓN: Los Autores



FOTOGRAFIA N° 12: Pieza tipo pozuelo, decorada con color bajo esmalte verde oscuro

ELABORACIÓN: Los Autores



FOTOGRAFIA N° 13: Pieza tipo pozuelo, decorada con color bajo esmalte verde claro

ELABORACIÓN: Los Autores



FOTOGRAFIA N° 14: Pieza tipo pozuelo, decorada con color bajo esmalte azul cobalto

ELABORACIÓN: Los Autores



FOTOGRAFIA N° 15: Pieza tipo pozuelo, decorada con color bajo esmalte rojo

ELABORACIÓN: Los Autores



FOTOGRAFIA N° 16: Pieza tipo pozuelo, decorada con color bajo esmalte café

ELABORACIÓN: Los Autores



6.2. COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS COLORES BAJO ESMALTES ELABORADOS CON LOS COLORES DE REFERENCIA “AMACOS”

El análisis consistió en comparar mediante pruebas t de Student las propiedades tales como: la intensidad del color, tonalidad del color y fijación del esmalte o cubierta vítrea “no descascarillado” que poseen tanto las piezas decoradas con los colores bajo esmalte preparados, como las piezas decoradas con los colores de referencia y quemadas a un rango de temperatura de 1050 a 1070°C.

6.2.1. Prueba t para comparar la intensidad del color entre los colores desarrollados y los colores de referencia.

Ho = La formulación base no hace variar la intensidad de los colores en las piezas finales con respecto a los colores de referencia “amacos”.

H1 = La formulación base hace variar la intensidad de los colores en las piezas finales con respecto a los colores de referencia “amacos”.

Para evaluar la intensidad del color en las piezas terminadas se utilizó la prueba t-Student con el fin de determinar si el color bajo esmalte desarrollado presenta similar intensidad del color con respecto a los colores amacos y así corroborar que la nueva formulación no hace variar la intensidad del color en las piezas. Para llevar a efecto estos análisis se utilizaron seis especímenes; es decir 6 especímenes con el color preparado y 6 especímenes con el color de referencia. La cocción se la realizó a la temperatura 1070 °C, temperatura idónea de los colores bajo esmalte preparados. Los resultados obtenidos en cuanto a intensidad del color luego de la cocción, se muestran en la tabla 6.42

**Tabla 6.42 Comparación de la intensidad**

COLOR	PIEZA	PROPIEDAD	
		COLORES PREPARADOS	COLORES DE REFERENCIA
		Intensidad	Intensidad
Amarillo	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Verde oscuro	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Verde claro	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Azul cobalto	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Rojo	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Café	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2

FUENTE: Investigación experimental**ELABORACIÓN:** Los autores**Valoración:**

0 = Presenta nula intensidad

1 = Presenta poca intensidad

2 = Presenta buena intensidad

Tabla 6.43 Análisis de la intensidad

Muestra	COLOR PREPARADO			COLOR DE REFERENCIA		
	X	X-X media	(X-X media) ²	X	X-X media	(X-X media) ²
1	2	0	0	2	0	0
2	2	0	0	2	0	0
3	2	0	0	2	0	0
4	2	0	0	2	0	0
5	2	0	0	2	0	0
6	2	0	0	2	0	0
Total	12					
Media	2					
Desv Est.	0					

FUENTE: Investigación experimental**ELABORACIÓN:** Los autores



$$n = 6$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{media})^2}{n-1}}$$

$$t = \frac{X_{media} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t_{calculado} < t_{/0.05,5/}$$

$$0.00 < 2.015 \text{ Se acepta } H_0$$

Por lo tanto, del análisis comparativo realizado se concluye que las piezas decoradas con los colores preparados conservan la misma intensidad del color obtenida con los colores de referencia “amacos”.

6.2.2 Prueba t para comparar la tonalidad del color entre los colores desarrollados y los colores de referencia.

H_0 = La formulación base no hace variar la tonalidad de los colores en las piezas finales con respecto a los colores de referencia “amacos”.

H_1 = La formulación base hace variar la tonalidad de los colores en las piezas finales con respecto a los colores de referencia “amacos”.

Para evaluar la tonalidad del color en las piezas terminadas se utilizó la prueba t-Student con el fin de determinar si el color bajo esmalte preparado presenta similar tonalidad del color con respecto a los colores amacos y así corroborar que la nueva formulación no hace variar la tonalidad del color en las piezas. Para llevar a efecto estos análisis se utilizaron seis especímenes; es decir 6 especímenes con el color preparado y 6 especímenes con el color de referencia. La cocción se la realizó a la temperatura 1070 °C, temperatura idónea de los colores bajo esmalte preparados. Los resultados obtenidos en cuanto a tonalidad del color luego de la cocción, se muestran en la tabla 6.44

**Tabla 6.44 Comparación de la tonalidad**

COLOR	PIEZA	PROPIEDAD	
		COLORES PREPARADOS	COLORES DE REFERENCIA
		Tonalidad	Tonalidad
Amarillo	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Verde oscuro	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Verde claro	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Azul cobalto	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Rojo	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Café	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2

FUENTE: Investigación experimental**ELABORACIÓN:** Los autores**Valoración:**

0 = Presenta nula tonalidad

1 = Presenta poca tonalidad

2 = Presenta buena tonalidad

Tabla 6.45 Análisis de la tonalidad

Muestra	COLOR PREPARADO			COLOR DE REFERENCIA		
	X	X-X media	(X-X media) ²	X	X-X media	(X-X media) ²
1	2	0	0	2	0	0
2	2	0	0	2	0	0
3	2	0	0	2	0	0
4	2	0	0	2	0	0
5	2	0	0	2	0	0
6	2	0	0	2	0	0
Total	12					
Media	2					
Desv Est.	0					

FUENTE: Investigación experimental**ELABORACIÓN:** Los autores



$$n = 6$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{media})^2}{n - 1}}$$

$$t = \frac{X_{media} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t_{calculado} < t_{/0.05,5/}$$

$$0.00 < 2.015 \text{ Se acepta } H_0$$

Por lo tanto, del análisis comparativo realizado se concluye que las piezas decoradas con los colores preparados conservan la misma tonalidad del color obtenida con los colores de referencia “amacos”.

6.2.3 Prueba t para comparar la fijación del esmalte entre los colores desarrollados y los colores de referencia.

H_0 = La formulación base no causa desprendimiento del esmalte “descascarillado” en las piezas finales con respecto a los colores de referencia “amacos”.

H_1 = La formulación base causa desprendimiento del esmalte “descascarillado” en las piezas finales con respecto a los colores de referencia “amacos”.

Para evaluar la fijación del esmalte en las piezas terminadas se utilizó la prueba t-Student con el fin de determinar si el color bajo esmalte preparado presenta similar fijación del esmalte con respecto a los colores amacos y así corroborar que la nueva formulación no hace variar la fijación del esmalte en las piezas. Para llevar a efecto estos análisis se utilizaron seis especímenes; es decir tres especímenes con el color preparado y tres especímenes con el color de referencia. La cocción se la realizó a la temperatura 1070 °C, temperatura idónea de los colores bajo esmalte preparados. Los resultados obtenidos en cuanto a tonalidad del color luego de la cocción, se muestran en la tabla 6.46.

**Tabla 6.46 Comparación de la fijación del esmalte**

COLOR	PIEZA	PROPIEDAD	
		COLORES PREPARADOS	COLORES DE REFERENCIA
		Fijación del esmalte	Fijación del esmalte
Amarillo	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Verde oscuro	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Verde claro	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Azul cobalto	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Rojo	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Café	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2

FUENTE: Investigación experimental**ELABORACIÓN:** Los autores**Valoración:**

0 = Presenta nula fijación

1 = Presenta poca fijación

2 = Presenta buena fijación

Tabla 6.47 Análisis de la fijación del esmalte

Muestra	COLOR PREPARADO			COLOR DE REFERENCIA		
	X	X-X media	(X-X media) ²	X	X-X media	(X-X media) ²
1	2	0	0	2	0	0
2	2	0	0	2	0	0
3	2	0	0	2	0	0
4	2	0	0	2	0	0
5	2	0	0	2	0	0
6	2	0	0	2	0	0
Total	12					
Media	2					
Desv Est.	0					

FUENTE: Investigación experimental**ELABORACIÓN:** Los autores



$$n = 6$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{media})^2}{n - 1}}$$

$$t = \frac{X_{media} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t \text{ calculado} < t_{/0.05,5/}$$

$$0.00 < 2.015 \text{ Se acepta } H_0$$

Por lo tanto, del análisis comparativo realizado se concluye que las piezas decoradas con los colores preparados conservan la misma fijación del esmalte a la pieza como los colores de referencia “amacos”; es decir proporciona el calce perfecto entre el esmalte el color y la pieza. (Ver forma de cálculos en Anexo B. Prueba t-Student para comparar las propiedades de los colores bajo esmalte preparados y los colores de referencia “amacos”)

6.3. EVALUCIÓN ECONOMICA PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE.

6.3.1. Costo total de producción

En la tabla 6.48 se muestran el desglose de los rubros para la preparación del color bajo esmalte. El detalle de los costos se muestra en el Anexo C. (*Desglose de rubros para la evaluación económica*), recalando que el presupuesto detallado se realizó tomando como base de cálculo 1 kg.

Tabla 6.48 Presupuesto de costos de producción

DETALLE	COSTO (\$)
Costo total de materias prima	1,052
Costo total de otros materiales	1,250
Costo total de consumo eléctrico	3,846
Costo total de consumo de agua	0,210
Costo total de mano de obra	3,930
Costo total del producto	10,288

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



6.3.2. Comparación de costos

Para evaluar la reducción de costos con respecto a los colores de referencia a continuación se presenta la tabla 6.49, que muestra la comparación de los mismos:

Tabla 6.49 Comparación de costos

COLOR	COSTOS TOTALES	
	Colores Preparados	Colores de referencia
	(\$/l)	(\$/l)
Amarillo	15,25	18,33
Verde oscuro	15,49	17,67
Verde claro	15,89	15,22
Azul cobalto	17,27	22,61
Rojo	17,8	87,49
Café	15,62	17,71

FUENTE: Investigación experimental y CERART

ELABORACIÓN: Los autores

De la comparación de los costos se pudo verificar que la preparación de colores bajo esmalte le confiere a la Planta de Cerámica “CERART” un ahorro importante, en consecuencia, se ayudará a reducir los costos en el proceso productivo y a su vez a conseguir un mayor rendimiento de producción.

CAPITULO VII
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

1. Se comprobó que las materias primas y aditivos más idóneos para la elaboración de colores bajo esmalte son: Frita BDT 0018, pigmentos cerámicos, bentonita sódica, C.M.C, glicerina, cloruro de sodio y benzoato de sodio.

2. La composición final de la formulación base aprobada para la preparación de colores bajo esmalte es de: 44,14 % de Frita BDT 0018, 44,14 % de Pigmento, 11,72 % de Bentonita sódica. La frita BDT 0018 actúa como fundente brindándole al color bajo esmalte la capacidad de adherirse a la pieza como al esmalte, logrando un calce perfecto entre estos y hacer el color más fusible para favorecer la distribución del esmalte al momento de la quema. El pigmento aporta el color deseado que llevará la pieza. La bentonita sódica actúa como suspensionante, es decir contribuye a impedir que se aglutinen y se sedimenten los constituyentes no coloidales que contiene la mezcla.

3. Las cinco pruebas de sedimentación permitieron optimizar la formulación base para la preparación de colores bajo esmalte, determinando que el porcentaje de C.M.C adecuado para la preparación de los colores bajo esmalte sea de 0,10 sobre el total de la formulación. Dicho porcentaje se encuentran dentro del rango de porcentaje de sedimentación como lo establecen los colores de referencia, conservando las características de interés.

4. La carga de aditivos para la formulación base aprobada quedó establecida por: 0,10 % de C.M.C. (carboximetilcelulosa) en polvo, 0,58% de cloruro de sodio, 4,36 % de glicerina y 0,05 % de benzoato de sodio; del total de la mezcla. El C.M.C. actúa como adhesivo y también como aglutinante, ayudando en el proceso de decoración a fijar el color a la pieza, además de regular el porcentaje de sedimentación. El cloruro de sodio regula el tiempo de secado del color a la aplicación. La glicerina ayuda a mejorar la consistencia, lo que favorece la distribución del color sobre la pieza al momento de la aplicación. El benzoato de sodio, es un conservante por lo tanto alarga el tiempo de duración del color bajo esmalte.



5. Los parámetros de trabajo de la formulación base aprobada para la preparación de colores bajo esmalte quedan establecidos así: tiempo de molienda 60 min; densidad (1.3 - 1.4 g/cm³); retenidos reales a malla 325 (0.3 - 0.7 %); humedad (50 - 60%).

7. Concluimos que tanto el tipo de bizcocho empleado, como el tipo de esmalte o cubierta, así como la temperatura de cocción final, son factores que influirán sobre el color, modificándolo a veces poco y otras mucho. El biscocho muy vitrificado modificará bastante los colores, sobre todo si la cubierta es de altas temperaturas. Por otra parte, si se utiliza una cubierta químicamente muy activa, o esmaltes crudos; los colores bajo esmalte pueden alterarse demasiado e, incluso, desaparecer "consumidos" por la cubierta.

8. Se comprobó que a mayor porcentaje de C.M.C, existe un menor porcentaje de sedimentación, pero también existe mayor presencia de grumos C.M.C, lo que afecta directamente en la apariencia, consistencia, adherencia y tonalidad del color bajo esmalte, por lo tanto se ajustó la cantidad de C.M.C con el objetivo de obtener un adecuado porcentaje de sedimentación; es decir similar al de los colores de referencia.

9. Se concluye que la frita BDT 0018 trabaja muy bien a la temperatura idónea de quema de los colores preparados que es de 1070 °C, ya que a esta temperatura se observó los mejores y satisfactorios resultados en cuanto a intensidad, tonalidad y fijación del esmalte.

10. Finalmente al realizar la evaluación económica conforme a cada etapa del proceso de producción se obtuvo que el costo de producción del color bajo esmalte preparado fue de \$ 10, 288 en comparación con el de referencia. Por lo que se garantiza una buena rentabilidad al proceso productivo.



7.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que las materias primas a ser utilizadas, deben estar totalmente libre de impurezas, de no ser así, las propiedades se verán enormemente afectadas.
2. Se recomienda disponer de unos pequeños potes con tapa donde se guardarán los colores, cuando no se los esté usando, protegidos del polvo.
3. El bizcocho sobre el que se decora deberá ser lo más blanco que se pueda para que el color se destaque; además, tendrá que estar perfectamente liso y uniforme, sin poros ni irregularidades que arruinarían el dibujo. Por otra parte, es imprescindible que el bizcocho se halle limpio, sin restos de lijaduras ni polvo para conseguir un buen calce.
4. Se deberá cumplir con los parámetros establecidos en la investigación (granulometría, adherencia, tiempo de secado, consistencia y densidad) de esta forma se evitará alteraciones en el terminado final de la pieza.
5. La persona que aplicará el color a las piezas, deberá utilizar guantes, debido a que los colores poseen como pigmentos, oxido metálicos que fácilmente son absorbidos a través de la piel, constituyendo un riesgo para su salud. Además se advierte que son venenos si se ingiere: por lo tanto no llevar el pincel a la boca ni usar recipientes de cocina. No dejarlo al alcance de niños o animales domésticos.
6. Cuando se compre una nueva materia prima o aditivo, es muy importante controlar de que forma llega el material a la planta: este control incluye revisión de pureza, color en crudo, densidad, humedad y granulometría. Luego de analizar estas propiedades se verifica que sean iguales o parecidas a las del material estándar usado anteriormente; de esta manera se aprobará o se rechazará el nuevo material.

CAPÍTULO VIII

BIBLIOGRAFÍA



8. BIBLIOGRAFÍA

LIBROS:

AVGUSTINIK, A. I. (1986). Cerámica; REVERTE S.A: España.

COTTIER FIORELLA y ANGELI. (1974). La Cerámica; R-TORRES: España.

DICCIONARIOS OXFORD-COMPLUTENCE. (1999). Química; COMPLUTENSE S.A: España.

FERNANDEZ CHITI JORGE. (1986). Curso Práctico de Cerámica; Ediciones CONDORHUASI: España.

GLENN C, Nelson. (1966). Cerámica Manual para el Alfarero; Ediciones C.E.C.S.A: México.

LUKE BLAXILL. (2008). Manual de Pintura; Ediciones EDILUPA S.L.

MASSARA, Felipe. (1972). La Técnica de la Cerámica al Alcance de Todos; Ediciones De Vecchi, S.A: España.

NEBOT-DIAZ I. y MARCHAL M. (2000). Nuevas Tecnologías Para El Sector Cerámico; ATHENEA: España.

NORTON F. H. (1983). Cerámica Fina, Tecnologías y Aplicaciones; Ediciones OMEGA S.A: España.

PRIMO YÚFERA, Eduardo. (1996). Química Orgánica Básica y Aplicada; Ediciones REVERTÉ S.A: España; Tomo I.

SINGER F., SINGER SS. (1979). Cerámica Industrial Vol. I; Tomo 9; Ediciones URMO S.A: España.

SINGER F., SINGER SS. (1979). Cerámica Industrial Vol. II; Tomo 10; Ediciones URMO S.A: España.

VITTEL, Claude.(1978). Cerámica (pastas y vidriados); PARANINFO: España.

WINNACKER K. y WEINGAERTNER E. (1954). Tecnología Química; Tomo II Industrial Inorgánica; Ediciones GUSTAVO GILI S.A: España.



FUENTES ELECTRÓNICAS:

PIEZAS CERÁMICAS: Cerámica [online].

URL: http://www.sifunpro.tripod.com/piezas_ceramicas.htm.

J.L.VICENTIZ, S.L.; Suministros cerámicos [online].

URL: http://www.vicentiz.com/Acrobat/info_parcial/esmaltes/esmaltes.pdf.

ANEXOS



A. PRUEBA PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE SEDIMENTACIÓN

A continuación se presenta el detalle de los cálculos realizados para la determinación del porcentaje de sedimentación.

❖ Prueba de sedimentación

Con el fin de conseguir un porcentaje de sedimentación similar al de los colores de referencia, se efectuó cinco pruebas de sedimentación, variando únicamente la concentración de C.M.C, tomando como formulación base, la formulación (F9).

Cálculos:

Para realizar el cálculo del porcentaje de sedimentación nos valemos de la siguiente expresión, tomado como base de cálculo 150 g:

$$S = \frac{(P_{CBE} - P_{SCBE}) \times 100}{P_{CBE}}$$

Donde:

P_{CBE} : Pesodel color bajo esmalte

P_{SCBE} : Peso del sedimento del color bajo esmalte

S : Porcentaje sedimentación

Tabla A.1 Datos tomados para la determinación del porcentaje de sedimentación

Prueba	C.M.C (g)	Peso real del color (g)	Peso real del sedimento (g)	Peso real del color - Peso real del sedimento
P1	0,00	150	140,07	9,93
P2	0,25	150	141,84	8,16
P3	0,50	150	142,58	7,42
P4	0,75	150	148,39	1,61
P5	1,00	150	148,69	1,31

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



Tabla A.2 Resultados del porcentaje de sedimentación

Formulación	Prueba	C.M.C (g)	% C.M.C	% Sedimentación
F9	P1	0,00	0,00	6,62
	P2	0,25	0,10	5,44
	P3	0,50	0,19	4,94
	P4	0,75	0,29	1,07
	P5	1,00	0,39	0,87

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



B. PRUEBA T PARA COMPARAR LAS PROPIEDADES DE LOS COLORES BAJO ESMALTE PREPARADOS Y LOS COLORES DE REFERENCIA “AMACOS”

A continuación se detalla el análisis estadístico para una de las pruebas analizadas (intensidad del color), donde se utilizaron seis especímenes; es decir tres especímenes con el color preparado y tres especímenes con el color de referencia. La quema se la realizó a la temperatura 1070 °C, temperatura idónea de los colores bajo esmalte preparados; cabe recalcar que las demás hipótesis siguieron el mismo proceso.

- ❖ Prueba t para comparar la intensidad del color entre los colores desarrollados y los colores de referencia.

Tabla A.1 Comparación de la intensidad

COLOR	PIEZA	PROPIEDAD	
		COLORES FORMULADOS	COLORES DE REFERENCIA
		Intensidad	Intensidad
Amarillo	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Verde oscuro	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Verde claro	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Azul cobalto	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Rojo	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2
Café	Pozuelo	2	2
	Platillo	2	2
	Taza	2	2

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



Desarrollo:

Tabla A.2 Análisis de la intensidad

Muestra	COLOR PREPARADO			COLOR DE REFERENCIA		
	X	X-X media	(X-X media)2	X	X-X media	(X-X media)2
1	2	0	0	2	0	0
2	2	0	0	2	0	0
3	2	0	0	2	0	0
4	2	0	0	2	0	0
5	2	0	0	2	0	0
6	2	0	0	2	0	0
Total	12					
Media	2					
Desv Est.	0					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Datos:

$$n = 6$$

❖ Cálculo de la media (X)

$$X \text{ media}_{C.B.E.P} = \frac{\sum_{i=c1}^a x}{n1}$$

$$X \text{ media}_{C.B.E.P} = \frac{12}{6} = 2$$

$$X \text{ media}_{C.B.E.R} = \frac{\sum_{i=c1}^a x}{n1}$$

$$X \text{ media}_{C.B.E.R} = \frac{12}{6} = 2$$

❖ Cálculo de la desviación estándar

$$S_{C.B.E.P} = \sqrt{\frac{\sum(X-X\text{media})^2}{n-1}}$$

$$S_{C.B.E.P} = \sqrt{\frac{(0-0)^2}{6-1}}$$

$$S_{C.B.E.P} = 0$$



- ❖ Cálculo del estadístico de la prueba (t)

$$t = \frac{X \text{ media}_{C.B.E.P} - \mu_{C.B.E.R}}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{2 - 2}{\frac{0}{\sqrt{6}}}$$

$$t = 0,00$$

$$t \text{ calculado} < t_{0,05,5/}$$

$$0,00 < 2,015 \text{ Se acepta } H_0$$

- ❖ Determinación del t crítico

$$\alpha = 0,05 \text{ (con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1$$

$$gl = 6 - 1 = 5$$

$$t_{0,05;5} = 2,015$$

- ❖ Criterio de aceptación o rechazo

$$t \text{ calculado} < t_{0,05,n-1} \text{ Se acepta } H_0$$

$$t \text{ calculado} > t_{0,05,n-1} \text{ Se rechaza } H_0$$



C. DESGLOSE DE RUBROS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

A continuación se detallan el desglose de rubros para determinar el costo total de cada color bajo esmalte, los mismos que cumplen el mismo procedimiento, cambiando únicamente el precio del pigmento.

COSTOS DE PRODUCCIÓN

1. Precio de pigmentos

Tabla C.1. Costo de pigmentos

Pigmento	\$/Kg
Amarillo	10,50
Verde Oscuro	12,50
Verde Claro	11,00
Azul cobalto	36,00
Rojo	44,00
Café	11,50

FUENTE: Planta CERART

ELABORACIÓN: Los autores

2. Costos totales de materia prima

Tabla C.2. Costos de materia prima

2.1 Costo de materias primas para colores bajos esmaltes			
Materia Prima	Cantidad por Molienda (Kg)	Costo (\$/Kg)	Costo Total (\$)
Frita BDT 0018	0,0500	4,00	0,200
Pigmento (amarillo)	0,0500	10,50	0,525
Bentonita sódica	0,0133	6,00	0,080
Subtotal	0,113		0,805
2.2 Costo de aditivos para colores bajos esmaltes			
Materia Prima	Cantidad por Molienda (Kg)	Costo (\$/Kg)	Costo Total (\$)
C.M.C	0,00025	11,00	0,003
Glicerina	0,01120	6,10	0,068
Cloruro de sodio	0,00150	0,32	0,000
Benzoato de sodio	0,00013	5,00	0,072
Subtotal	0,01308		0,143
Costo total de materias primas	0,12636		0,948

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



3. Costos de otro materiales

Tabla C.3. Costos para otros materiales

Material	Personas	Costo (\$/u)	Costo Total (\$)
Mascarillas	2,00	0,30	0,600
Guantes	2,00	0,20	0,4
Recipientes plásticos	1,00	0,25	0,25
Total			1,250

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

4. Consumo de energía eléctrica

Costo KW/hora = \$ 0,095

Costo por cada 10 KW de consumo de demanda = \$ 4,79

Valor adicional por consumo de demanda = \$ 1,597

Costo total por KW consumido en producción = \$ **1,692**

Al valor del subtotal de la tabla de costos de energía, se le adiciona el costo de 1,41, que EERSSA cobra por servicios adicionales

Tabla C.4. Costos de energía eléctrica

Equipo	Hora/Actividad	Consumo KW	Total KW/Hora	Costo (\$)
Vibrotamiz	1,00	0,50	0,50	0,846
Bascula	1,00	0,06	0,06	0,10
Molino	1,00	0,84	0,84	1,42
Subtotal				2,37
Total de costos de consumo eléctrico				3,78

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

5. Costos de consumo de agua

Costo por m³ = \$ 2,136

Tabla C.5. Costos de consumo de agua

Detalle	Cantidad de agua (m3)	Costo total (\$)
Agua para proceso en general	0,002066	0
Limpieza de material de laboratorio	0,100000	0,21
Total costos de consumo de agua	0,102066	0,21

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



6. Costos de mano de obra

Tabla C.6. Costos de consumo de agua

Plaza	Número de empleados	Tiempo (h)	Sueldo (\$/Hora)	Costo total (\$)
Laboratorista	1	1	2,28	2,28
Operario auxiliar	1	1	1,65	1,65
Total costos de sueldo				3,93

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

7. Resumen de costos

Tabla C.7. Presupuesto de costos de producción

DETALLE	COSTO (\$/Kg)
Costo total de materias prima	0,948
Costo total de otros materiales	1,250
Costo total de consumo eléctrico	3,779
Costo total de consumo de agua	0,210
Costo total de mano de obra	3,930
Costo total del producto	10,117

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

8. Costos totales de producción de los colores bajo esmalte

Se detallan los precios de los colores bajo esmalte preparados en la presente investigación:

Tabla C.8. Costos totales de producción

Color	\$/Kg	\$(l)
Amarillo	10,117	13,253
Verde Oscuro	10,217	13,486
Verde Claro	10,142	13,895
Azul cobalto	11,392	15,265
Rojo	11,792	15,801
Café	10,167	13,624

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores



9. Costos de los colores de referencia “amacos”

Tabla C.9. Costos de los colores de referencia

Color	(\$/l)
Amarillo	18,33
Verde Oscuro	17,67
Verde Claro	15,22
Azul cobalto	22,61
Rojo	87,49
Café	17,71

FUENTE: Planta CERART



CERART-UTPL



ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

DOCUMENTACIÓN ADJUNTA

**PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA
PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE**

AUTORES:

Liliana Katheryne Colala Troya.

Geovanny Vinicio Tambo Buri.

Loja, julio de 2010

ELABORADO	REVISADO	APROBADO
LC & GT	DG	
FECHA:	FECHA:	FECHA:

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
		REVISIÓN # 00.
		Hoja: A

ÍNDICE

Contenido	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	II
2. OBJETIVO	III
3. GLOSARIO	IV - V
4. DIAGRAMA DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	VI
5. PROCEDIMIENTO	
5.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS	1 - 2
5.2 ADECUACIÓN DE MATERIAS PRIMAS	3 - 4
5.3 DOSIFICACIÓN Y MOLIENDA	5 - 6
5.4 DECORACIÓN	7 - 8
5.5 ESMALTACIÓN DE PIEZAS	9 - 10
5.6 COCCION DE PIEZAS ESMALTADAS	11 - 12
5.7 CONTROL DE CALIDAD	13 - 14
6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	15 - 16
ANEXOS	17 - 26

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
		REVISIÓN # 00.
		Hoja: B

1. INTRODUCCIÓN

El presente manual de procedimientos reúne información de cada uno de los procedimientos útiles en la preparación de colores bajo esmalte, teniendo como fin mantener un funcionamiento eficaz del proceso que se desea implantar y así poder facilitar el desarrollo de las tareas encomendadas.

Además, constituye un auxiliar en la inducción del personal de nuevo ingreso, ya que el documento expone, qué deben hacer, cómo deben hacerlo y con quién coordinarse para realizar sus rutinas de trabajo. Al mismo tiempo que permite informar y controlar el desempeño de las actividades laborales, aparte de construir una base para el análisis posterior del trabajo y el mejoramiento de los sistemas, procedimientos y métodos. Este documento no es una herramienta cerrada ni estática, sino que es un instrumento en permanente actualización, dispuesto a incorporar las adecuaciones que realicen los órganos encargados de sus procesos.

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
		REVISIÓN # 00.
		Hoja: C

2. OBJETIVO

El objetivo del presente manual de procedimientos consiste en describir las diferentes actividades a realizar para la preparación de colores bajo esmalte, para asegurar el continuo y correcto ejercicio del proceso establecido por la planta de Cerart, que detalle el orden de las actividades, el equipo a utilizar, la materia prima y personal involucrado en cada fase de la producción, que permita al personal contar con una herramienta de consulta permanente, para el adecuado desarrollo de sus funciones.

	PROTOSCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
		REVISIÓN # 00.
		Hoja: D

3. GLOSARIO

Biscocho (soporte).- Pieza de cerámica cocida sin esmalte. Recibe este nombre debido a la primera cocción a la que es sometido el objeto en cerámica cruda.

Caracterización.- Determinación de los atributos peculiares de las materias primas, de modo que se distinga claramente de las demás.

Cerámica.- Define toda la producción en arcilla modelada, cocida, esmaltada y decorada “a gran fuego” o “fuego lento”. Comprende la terracota, losa, gres, mayólica y porcelana.

Ciclo de quema.- Se describe así a la relación que existe a la variación de la temperatura a través del tiempo durante la cocción de piezas.

Color bajo esmalte.- Aquellos que se utilizan para trabajos de decoración sobre la pasta en estado de biscocho, siendo cubiertos después por el esmalte o vidriado crudo, para luego ser sometidos a cocción.

Distribución Granulométrica.- Tabulación de los porcentajes de diversos tamaños de las partículas en una muestra de terreno o en el árido de un mortero, determinado por el análisis de un tamiz.

Frita.- Mezcla de distintas materias con las que se prepara el vidrio o esmalte; consiste en borosilicatos, con potasa, sosa, cal, alúmina, etc, que se funden a elevadísima temperatura.

Homogenizar.- Hacer homogéneo, por medios físicos o químicos, un compuesto o mezcla de elementos diversos.

Molienda.- Reducción de un cuerpo a pequeñas partículas o polvo.

Purificación.- Eliminación de impurezas y óxidos de hierro que pueden cambiar el color de las materias primas.

Refractarios.- Son materiales que resisten el fuego o el calor sin cambiar de estado ni descomponerse.

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
		REVISIÓN # 00.
		Hoja: E

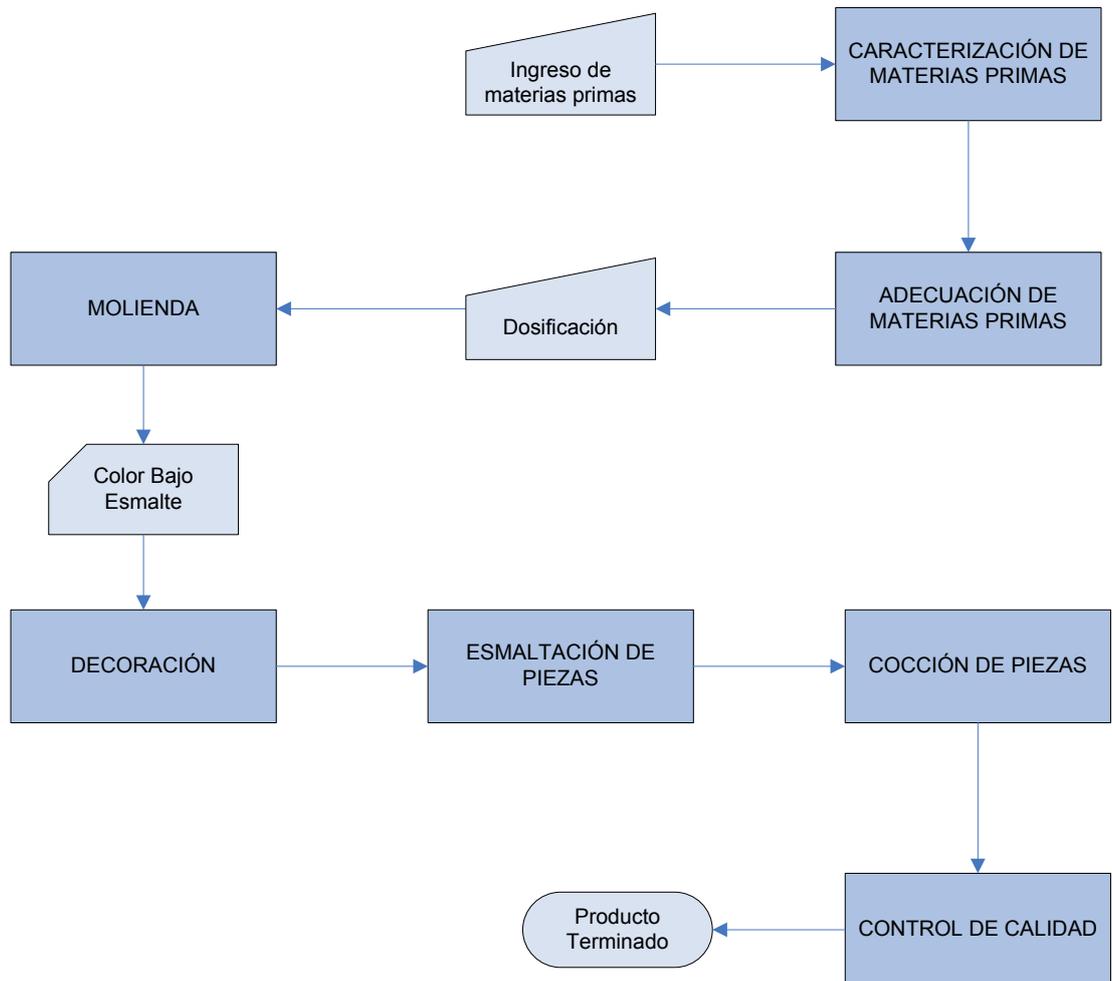
Tamizado.- Es un método físico para separar mezclas, consiste en hacer pasar una mezcla de partículas solidas de diferentes tamaños por un tamiz o colador, las partículas de menor tamaño pasan por los poros del tamiz atravesándolo y las más grandes quedan retenidas por el mismo.

Temperatura pico de quema.- Se refiere a la temperatura máxima que se alcanza en el ciclo de quema programada para la cocción de piezas (Quema de bizcocho y quema de vidrio).

Triturar.- Moler o desmenuzar una materia sólida, sin reducirla enteramente a polvo.

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
		REVISIÓN # 00.
		Hoja: F

4. DIAGRAMA DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE



5. PROCEDIMIENTOS PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA	PP-CBE-CERART
	PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	REVISIÓN # 00
	PLANTA DE CERAMICA - CERART	FECHA: Julio 2010
	5.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS	Hoja: 1/2

5.1.1. Propósito

Obtener valores de las propiedades físicas de cada una de las materias primas.

5.1.2. Alcance

Desde el ingreso de las materias primas limpias hasta obtener valores de los ensayos de caracterización.

5.1.3. Responsable

Jefe de Laboratorio.

5.1.4. Ejecutor

Laboratorista.

5.1.5. Materiales

- Balanza electrónica, espátula, potes plásticos, vibrotamiz, placas de aluminio y cocineta.

5.1.6. Descripción de procedimiento:

- Triturar cada una de las materias primas y pasar por malla 100.
- Realizar los ensayos de las pruebas indicadas a continuación:

✓ **DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**

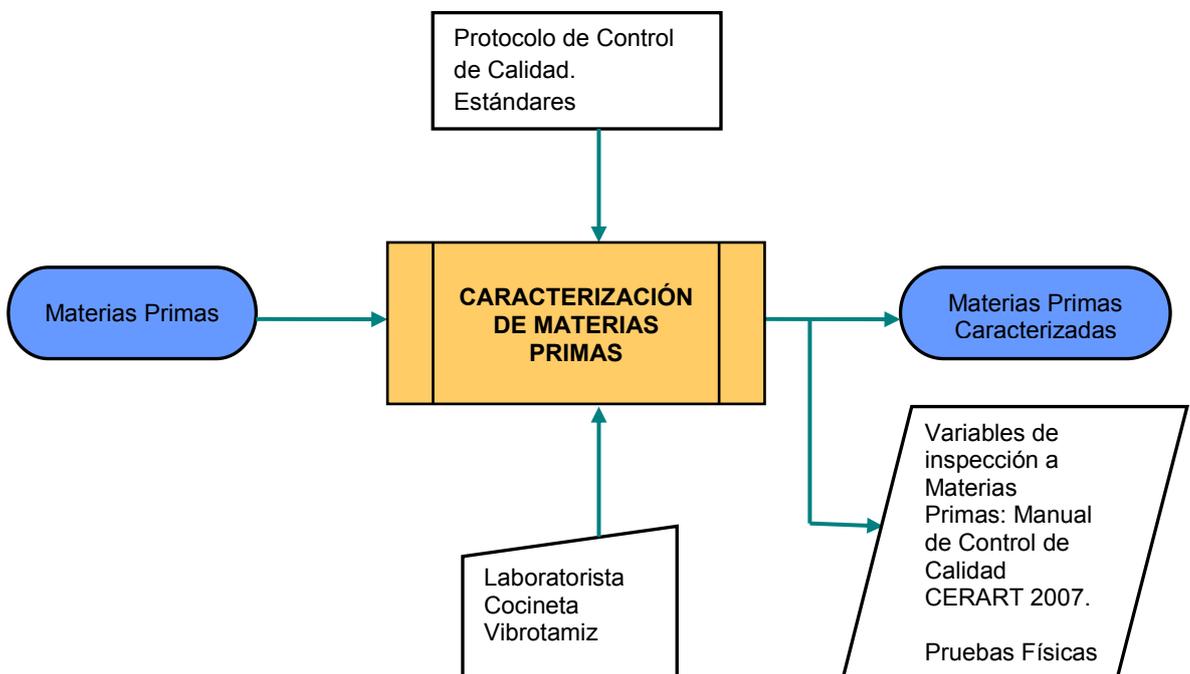
- Realizar el procedimiento indicado en el punto 1.1.5. *Determinación de la distribución granulométrica de materia prima* del Manual de control de calidad de Cerart 2007.

✓ **DETERMINACIÓN DE HUMEDAD**

- Realizar el procedimiento similar a lo expuesto en el punto 2.1. *Determinación de Humedad de Pasta de molienda* del Manual de control de calidad de Cerart 2007.

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
	PLANTA DE CERAMICA - CERART	REVISIÓN # 00
	5.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS	FECHA: Julio 2010
		Hoja: 2/2

5.1.7. Diagrama de flujo



5.1.8. Hoja de registros

Ficha técnica de registro del proceso de caracterización de materias primas.

(VER ANEXO 1)

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA	PP-CBE-CERART
	PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	REVISIÓN # 00
	PLANTA DE CERAMICA - CERART	FECHA: Julio 2010
	5.2 ADECUACIÓN DE MATERIAS PRIMAS	Hoja: 1/2

5.2.1 Propósito

Eliminar impurezas visibles de las materias primas.

5.2.2 Alcance

Desde el ingreso de las materias primas hasta eliminar las impurezas visibles.

5.2.3 Responsable

Laboratorista

5.2.4 Ejecutor

Operario

5.2.5 Materiales

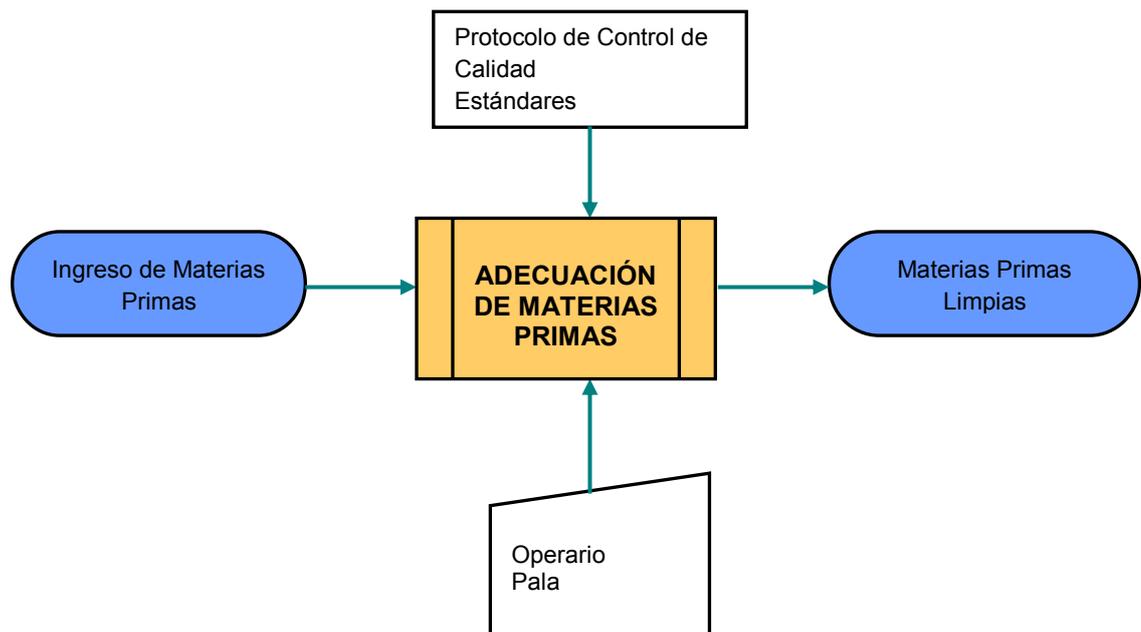
- Espátula, potes plásticos.

5.2.6 Descripción de procedimiento

- Homogenizar las materias primas.
- Trabajarlas individualmente.
- Almacenarlas.

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
	PLANTA DE CERAMICA - CERART	REVISIÓN # 00
	5.2 ADECUACIÓN DE MATERIAS PRIMAS	FECHA: Julio 2010
		Hoja: 2/2

5.2.7 Diagrama de flujo



5.2.8 Hoja de registros

Ficha técnica de registro del proceso de tratamiento de materias primas.

(VER ANEXO 2)

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA	PP-CBE-CERART
	PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	REVISIÓN # 00
	PLANTA DE CERAMICA - CERART	FECHA: Julio 2010
	5.3 DOSIFICACIÓN Y MOLIENDA	Hoja: 1/2

5.3.1 Propósito:

Obtener el color bajo esmalte con características específicas para la decoración.

5.3.2 Alcance

Desde la dosificación de los constituyentes hasta obtener el color bajo esmalte.

5.3.3 Responsable

Jefe de laboratorio y operario

5.3.4 Ejecutor

Operario

5.3.5 Materiales

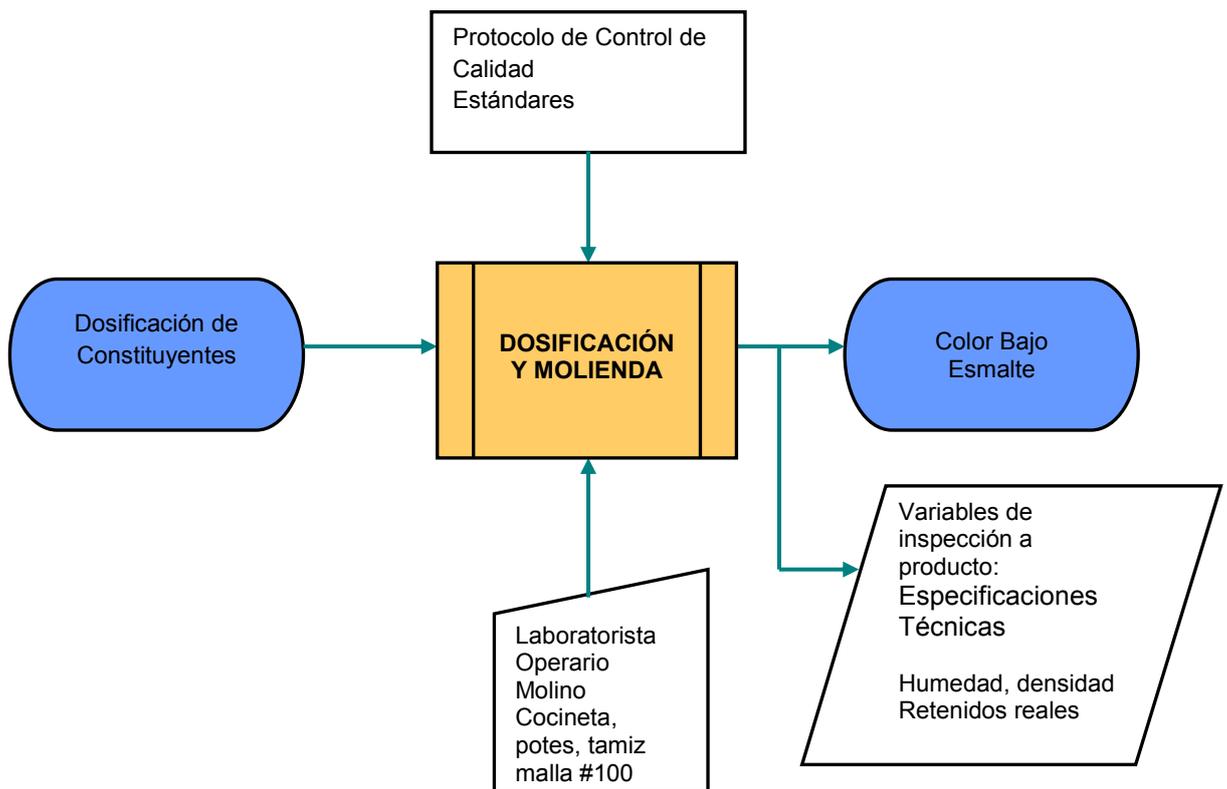
- Tamiz malla # 100
- Potes
- Molino de bolas, retenedor de cuerpos molientes a la descarga, piseta.

5.3.6 Descripción de procedimiento

- Calcular y pesar las cantidades de los constituyentes que van a intervenir en la formulación.
- Cargar el molino con los respectivos constituyentes a moler.
- Moler el tiempo establecido para este proceso (Véase en especificaciones técnicas en el punto *6.1.4 Tiempo de molienda de color bajo esmalte*)
- Tomar muestra del color para controlar granulometría, densidad y humedad. (Véase en especificaciones técnicas en el punto *6.1 Control en la molienda*).
- Si el análisis de retenidos reales esta dentro de los rangos descargamos el molino; de no ser así prolongamos el tiempo de molienda.
- Descargar el molino en un recipiente, tamizando el color bajo esmalte sobre malla 100.

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
		REVISIÓN # 00
	PLANTA DE CERAMICA - CERART	FECHA: Julio 2010
	5.3 DOSIFICACIÓN Y MOLIENDA	Hoja: 2/2

5.3.7 Diagrama de flujo



5.3.8 Hoja de registros

Ficha técnica de registro del proceso de control de molienda (VER ANEXO 3)

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA	PP-CBE-CERART
	PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	REVISIÓN # 00
	PLANTA DE CERAMICA- CERART	FECHA: Julio 2010
	5.4 DECORACIÓN	Hoja: 1/2

5.4.1 Propósito

Aplicar sobre las piezas de bizcocho el color bajo esmalte.

5.4.2 Alcance

Desde el ingreso de las piezas de biscocho hasta obtener piezas decoradas.

5.4.3 Responsable

Líder de decoración.

5.4.4 Ejecutor

Decorador

5.4.5 Materiales

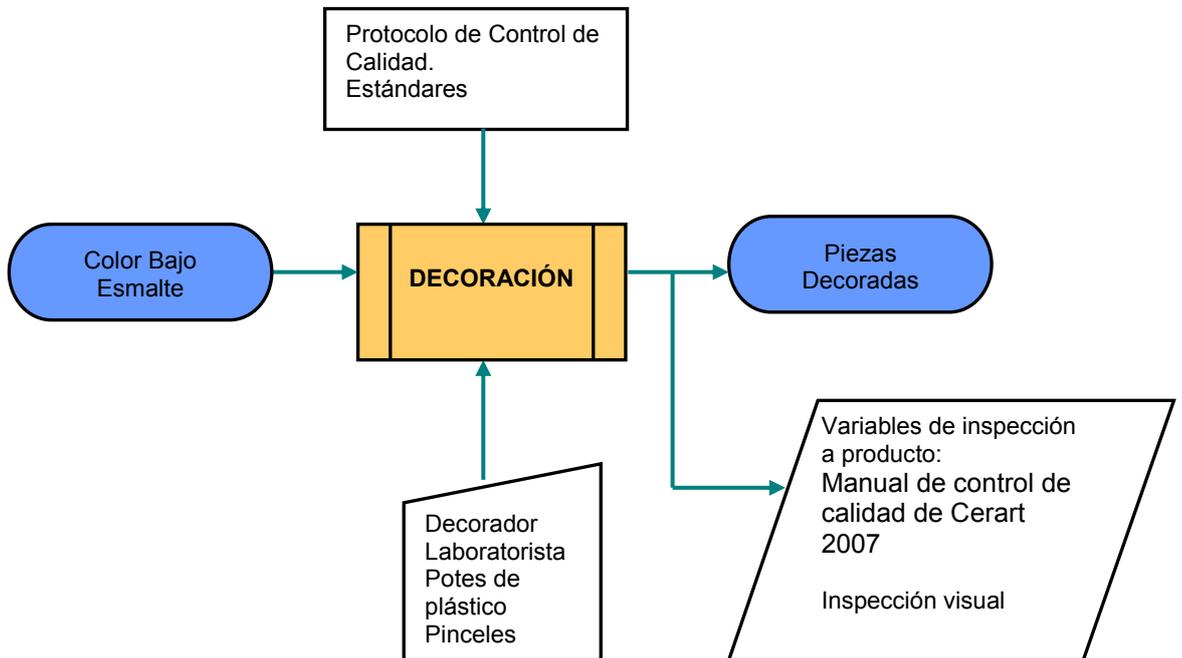
- Potes plásticos, pinceles, esponjas, torneta.

5.4.6 Descripción de procedimiento

- Limpiar el polvo de las piezas a decorar.
- Acondicionar el color bajo esmalte para la aplicación (Véase en el punto *13. Control en decoración de piezas con bajo esmalte* del Manual de Control de Calidad CERART 2007)
- Aplicar el color bajo esmalte a la pieza, conforme el diseño (Personal de decoración)
- Dejar secar el color bajo esmalte de 5 a 10 min.
- Verificar minuciosamente si las piezas decoradas presentan conformidad con los criterios de aceptación en producto (Véase en el *Anexo de Especificaciones y Atributos* del Manual de control de calidad de Cerart 2007)
- Colocar las piezas decoradas en estanterías para ser llevadas a esmaltación.

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
	PLANTA DE CERAMICA- CERART	REVISIÓN # 00
	5.4 DECORACIÓN	FECHA: Julio 2010
		Hoja: 2/2

5.4.7 Diagrama de flujo



5.10.8. Hoja de registros

Ficha técnica del registro del proceso de decoración de piezas de bizcocho.

(VER ANEXO 4)

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA	PP-CBE-CERART
	PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	REVISIÓN # 00
	PLANTA DE CERAMICA- CERART	FECHA: Julio 2010
	5.5 ESMALTACIÓN DE PIEZAS	Hoja: 1/2

5.5.1 Propósito

Aplicar sobre las piezas decoradas el esmalte transparente.

5.5.2 Alcance

Desde el ingreso de las piezas decoradas hasta obtener piezas esmaltadas.

5.5.3 Responsable

Esmaltador

5.5.4 Ejecutor

Operario

5.5.5 Materiales

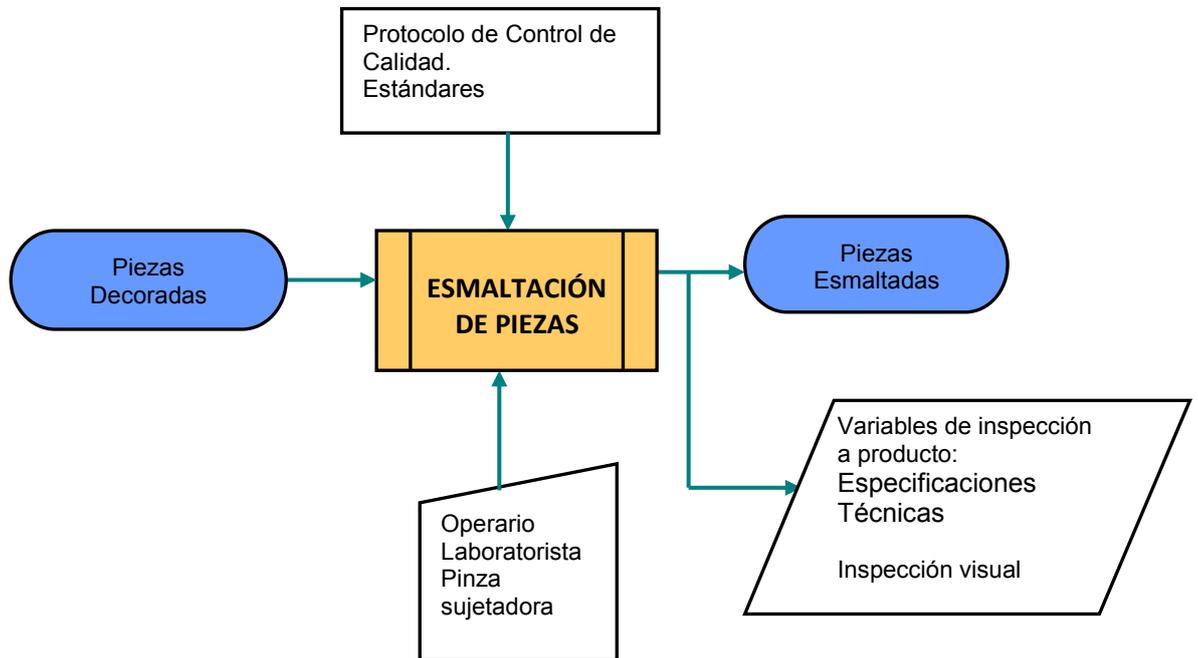
- Pinzas, torneta, cafetera, cuchillas, esponjas.

5.5.6 Descripción de procedimiento

- Limpiar el polvo de las piezas a esmaltar.
- Sujetar la pieza a esmaltar con la pinza.
- Aplicar el esmalte por soplete y por inmersión.
- Dejar secar el esmalte de 10 a 15 min.
- Limpiar el exceso de esmalte con una cuchilla o esponja
- Verificar minuciosamente si las piezas esmaltadas presentan uniformidad en las capas de esmalte. (Véase en especificaciones técnicas en el punto *6.2. Control de esmaltado de piezas*).
- Colocar las piezas esmaltadas en estanterías para ser cargadas al horno.

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
	PLANTA DE CERAMICA- CERART	REVISIÓN # 00
	5.5 ESMALTACIÓN DE PIEZAS	FECHA: Julio 2010
		Hoja: 2/2

5.5.7 Diagrama de flujo



5.5.8 Hoja de registros

Ficha técnica del registro del proceso de esmaltación de piezas. (VER ANEXO 5)

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA	PP-CBE-CERART
	PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	REVISIÓN # 00
	PLANTA DE CERAMICA- CERART	FECHA: Julio 2010
	5.6 COCCIÓN DE PIEZAS ESMALTADAS	Hoja: 1/2

5.6.1. Propósito

Obtener piezas decoradas con características establecidas.

5.6.2. Alcance

Desde el ingreso de las piezas esmaltadas hasta obtener piezas vitrificadas.

5.6.3 Responsable

Técnico del horno.

5.6.4 Ejecutor

Operario.

5.6.5 Materiales

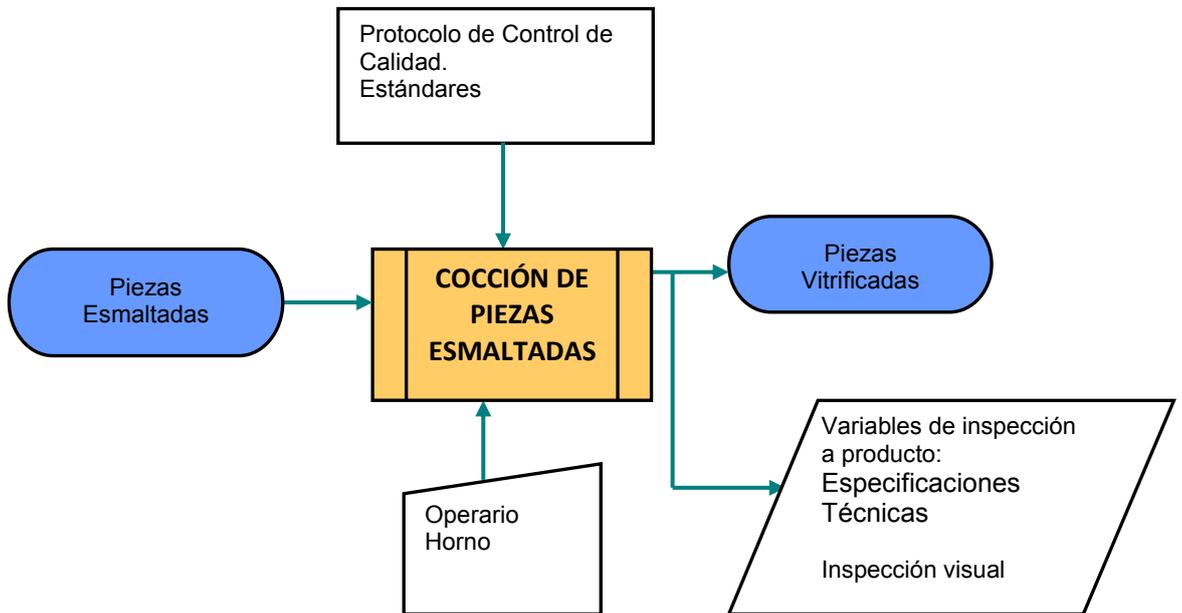
- Perchas, horno con panel de control, conos perimétricos, postes y placas refractarias.

5.6.6 Descripción de procedimiento

- Limpiar y pulir la base de las piezas, con el objeto que no se peguen a las placas refractarias.
- Armar el castillo con postes y placas refractarias sobre la base del horno.
- Colocar las piezas separadas unas de otras para que no se peguen durante el proceso.
- Iniciar la cocción de vidrio de acuerdo al programa del ciclo de quema establecido (VER ANEXO 7)
- Culminada la quema dejar enfriar dentro del horno hasta que alcance la temperatura ambiente, sin que este sea abierto.

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
	PLANTA DE CERAMICA- CERART	REVISIÓN # 00
	5.6 COCCIÓN DE PIEZAS ESMALTADAS	FECHA: Julio 2010
		Hoja: 2/2

5.6.7 Diagrama de flujo



5.6.8 Hoja de registros:

Ficha técnica del registro del proceso de cocción de piezas esmaltadas. (VER ANEXO 6)

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA	PP-CBE-CERART
	PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	REVISIÓN # 00
	PLANTA DE CERAMICA- CERART	FECHA: Julio 2010
	5.7 CONTROL DE CALIDAD	Hoja: 1/2

5.7.1 Propósito

Obtener piezas de primera calidad.

5.7.2 Alcance

Desde el ingreso de las piezas vitrificadas hasta obtener piezas que cumplan con los criterios de aceptación del producto terminado.

5.7.3 Responsable

Jefe de control de calidad.

5.7.4 Ejecutor

Operario

5.7.5 Materiales

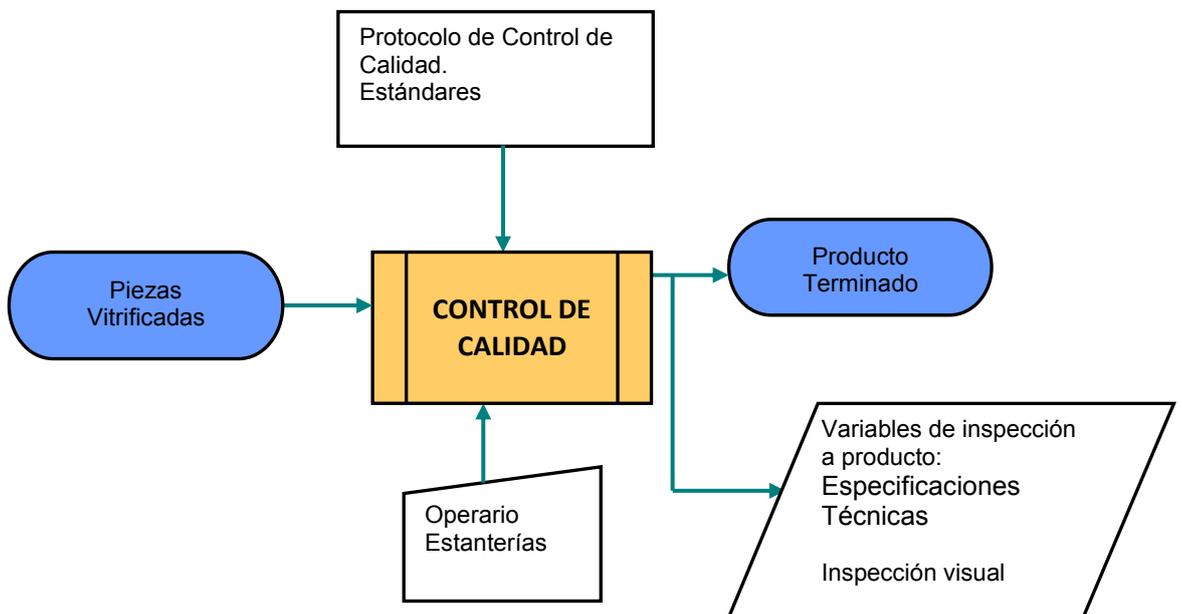
- Estanterías

5.7.6 Descripción de procedimiento

- Descargar las piezas y realizar una inspección visual minuciosa a cada una de las piezas. (Véase en especificaciones técnicas en el punto 6.3. *Control en cocción de piezas esmaltadas*).
- Clasificar de acuerdo al estado en que se encuentren, según el defecto que puedan presentar; piezas de primera, segunda y tercera categoría.
- Almacenar las piezas en estanterías, conforme la clasificación.

	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
	PLANTA DE CERAMICA- CERART	REVISIÓN # 00
	5.7 CONTROL DE CALIDAD	FECHA: Julio 2010
		Hoja: 2/2

5.7.7 Diagrama de flujo



5.7.8 Hoja de registros

Ficha técnica del registro del proceso de control de calidad de las piezas terminadas. (VER ANEXO 8)

6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE

	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
		REVISIÓN # 00
		FECHA: Julio 2010
		Hoja: 1/4

6.1 CONTROL EN LA MOLIENDA

6.1.1 HUMEDAD DE COLOR BAJO ESMALTE

Especificaciones y atributos:

ETAPA	RANGO DE HUMEDAD PERMITIDO (%)
COLOR BAJO ESMALTE	50 – 60

Fuente: Investigación experimental

Elaboración: Los autores

En caso de presentarse inconformidades en la humedad:

- Si se encuentra por debajo del estándar se debe adicionar cierta cantidad de agua hasta alcanzar dicho valor.
- Si se encuentra sobre el rango establecido se debe dejar en reposo el color bajo esmalte para que se evapore el agua y la humedad alcance el estándar.

6.1.2 RETENIDOS REALES DE COLOR BAJO ESMALTE

Especificaciones y atributos:

ETAPA	RANGO DE RETENIDO REAL PERMITIDO (%)
COLOR BAJO ESMALTE	0.3 – 0.7

Fuente: Investigación experimental

Elaboración: Los autores

En caso de presentarse inconformidades con el retenido real:

- Es necesario moler por un tiempo de 15 minutos adicionales si el retenido es mayor o de acuerdo a la estimación del operario.

	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
		REVISIÓN # 00
		FECHA: Julio 2010
		Hoja: 2/4

6.1.3 DENSIDAD DE COLOR BAJO ESMALTE

Especificaciones y atributos:

ETAPA	RANGO DE DENSIDAD PERMITIDO(g/cm ³)
COLOR BAJO ESMALTE	1.3 – 1.4

Fuente: Investigación experimental

Elaboración: Los autores

En caso de presentarse inconformidades en la densidad:

- Si el valor es relativamente bajo al estándar, se procede a almacenar para que se evapore el agua.
- Si el valor es alto, se agrega cierta cantidad de agua para cumplir con el estándar.

6.1.4 TIEMPO DE MOLIENDA DE COLOR BAJO ESMALTE

Especificaciones y atributos:

ETAPA	RANGO DE TIEMPO DE MOLIENDA PERMITIDO (min.)
COLOR BAJO ESMALTE	50 – 70

Fuente: Investigación experimental

Elaboración: Los autores

En caso de presentarse inconformidades en el tiempo de molienda:

- Si el valor de retenidos reales es alto respecto al rango permitido, se prolonga el tiempo de molienda hasta ajustar el retenido.

	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
		REVISIÓN # 00
		FECHA: Julio 2010
		Hoja: 3/4

6.2. CONTROL EN ESMALTADO DE PIEZAS

6.2.1. INSPECCIÓN VISUAL DE PIEZAS ESMALTADAS

Atributos de piezas conformes:

Las piezas para ser aceptadas no deben presentar los siguientes defectos:

- Exceso de capa de esmalte
- Despostillado
- Rayones
- Huella dactilares
- Otros

En caso de presentarse inconformidades con las piezas esmaltadas:

- Las piezas con exceso de esmalte se les debe realizar una limpieza con ayuda de una esponja seca hasta alcanzar un espesor adecuado.

	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE	PP-CBE-CERART
		REVISIÓN # 00
		FECHA: Julio 2010
		Hoja: 4/4

6.3. CONTROL EN COCCIÓN DE PIEZAS ESMALTADAS

6.3.1. INSPECCIÓN VISUAL DE PIEZAS TERMINADAS

Atributos de piezas conformes:

Las piezas para ser aceptadas no deben presentar los siguientes defectos:

- Trizaduras
- Roturas
- Torceduras
- Craquelamiento
- Ampollas
- Escurrimiento del esmalte
- Otros

En caso de presentarse inconformidades con las piezas terminadas:

- Las piezas que presenten cualquiera de los defectos mencionados anteriormente serán clasificadas en categorías de primera, segunda y tercera clase, conforme en la cantidad de defectos.

ANEXOS

ANEXO 3

HOJA DE REGISTRO DEL PROCESO DE DOSIFICACIÓN Y MOLIENDA	
Responsable:	
Nombre de la Materia Prima:	Fecha:
<i>Parámetros para el control del Proceso</i>	
Parámetro	Valores
Humedad de Materias Primas	
Carga de Materias Primas	
Cantidad de Agua	
Tiempo de Molienda	
<i>Variables de Inspección a Producto</i>	
Análisis	Valores
Humedad	
Densidad	
Retenidos Reales	
Observaciones:	Firma:

ANEXO 4

HOJA DE REGISTRO DEL PROCESO DE DECORACIÓN	
Responsable:	
Nombre de la Materia Prima:	Fecha:
<i>Parámetros de control del proceso</i>	<i>Valores</i>
Densidad del color bajo esmalte	
<i>Variables de Inspección a Producto</i>	<i>Valores</i>
Inspección visual	
Observaciones:	Firma:

ANEXO 5

HOJA DE REGISTRO DEL PROCESO DE ESMALTACIÓN DE PIEZAS	
Responsable:	
Nombre de la Materia Prima:	Fecha:
<i>Parámetros de control del proceso</i>	<i>Valores</i>
Densidad del esmalte (soplete)	
Tiempo de Inmersión	
<i>Variables de Inspección a Producto</i>	<i>Valores</i>
Inspección visual	
Observaciones:	Firma:

ANEXO 6

HOJA DE REGISTRO DEL PROCESO DE COCCIÓN DE PIEZAS ESMALTADAS	
Responsable:	
Nombre de la Materia Prima:	Fecha:
<i>Parámetros de control del proceso</i>	<i>Valores</i>
Temperatura pico de quema	
Temperatura de requema	
<i>Variables de Inspección a Producto</i>	<i>Valores</i>
Inspección Visual	
Observaciones:	Firma:

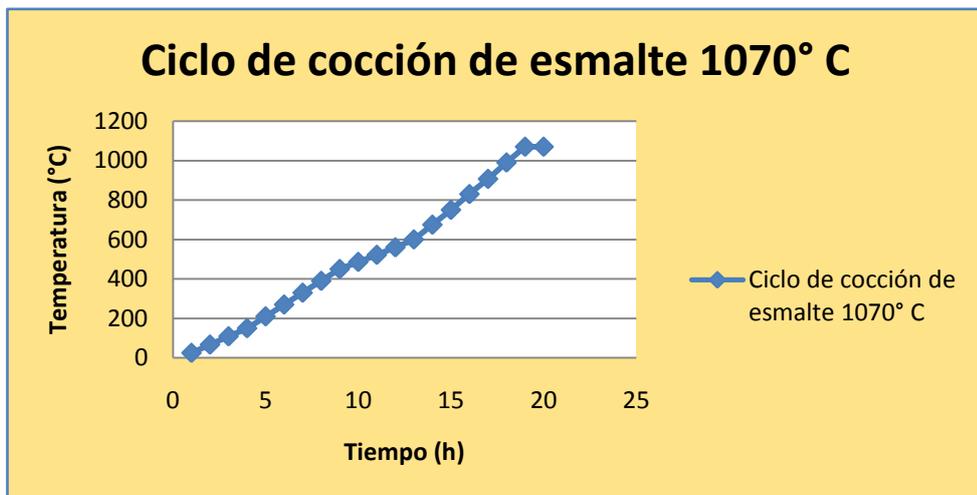
ANEXO 7

PROGRAMACIÓN DE CICLO DE QUEMA

HORA	TIEMPO min – hora	TEMPERATURA (°C)
5H30	0	25
6H00	30	67
6H30	60	109
7H00	1.5 horas	150
7H30	120	210
8H00	150	270
8H30	180	330
9H00	210	390
9H30	4 horas	450
10H00	270	486
10H30	300	522
11H00	330	560
11H30	6 horas	600
12H00	390	675
12H30	420	750
13H00	450	830
13H30	480	907
14H00	510	990
14H30	9 horas	1070
16H30	11 horas	1070

FUENTE: Planta CERART

CURVA DE COCCIÓN



FUENTE: Planta CERART

ANEXO 8

HOJA DE REGISTRO DEL PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD	
Responsable:	
Nombre de la Materia Prima:	Fecha:
<i>Variables de inspección del producto</i>	<i>Número total de piezas</i>
Inspección visual	
Primera categoría (Sin defectos)	
Segunda categoría (Escasos defectos)	
Tercera categoría (Numerosos defectos)	
Otros	
Observaciones:	Firma: