

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**DESARROLLO E IMPLANTACION DE UN SISTEMA
DE CONTROL DE CALIDAD PARA UNA PLANTA
DE ESMALTES VITREOS**



**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
ROBERTO ALCANTARA REYNOSA**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS 1970
 AÑO 11.15.14
 FOLIO _____
 PROC _____
 S _____



DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
 DE LABORATORIO DE QUÍMICA
 DE ESTADÍSTICA

INSTITUTO DE QUÍMICA
 DE QUÍMICA
 DE QUÍMICA

JURADO QUE REVISÓ Y APROBÓ LA PRESENTE TESIS.

PRESIDENTE	PROF. ING. ENRIQUE GARCIA LOPEZ
VOCAL	PROF. ING. JORGE MARTINEZ MONTES
SECRETARIO	PROF. ING. RAFAEL MORENO GONZALEZ
1ER. SUPLENTE	PROF. ING. JOSE LUIS PADILLA DE ALBA
2DO. SUPLENTE	PROF. ING. JORGE HARO CASTELLANOS

SITIO DONDE SE DESARROLLO LA TESIS

FACULTAD DE QUIMICA

SUSTENTANTES	ROBERTO ALCANTARA REYNOSA
	JOSE OTHON HERNANDEZ MEJIA Y LLERA
ASESOR DEL TEMA	ING. ENRIQUE GARCIA LOPEZ



FACULTAD DE QUIMICA
DEPTO. DE PASANTES Y
EXAMENES PROFESIONALES.

FORMA C

Universidad Nacional Autónoma de México (AUTORIZACION PARA ESCRIBIR DEFINITIVAMENTE EL TEMA REVISADO)
Autónoma de México

C. Director Gral. de Servicios Escolares
Universidad Nacional Autónoma de México,
Presente.

Me permito comunicar a usted, que el tema de TESIS.

Titulado: "DESARROLLO E IMPLANTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD PARA UNA PLANTA DE ESMALTES VIDRIOS." (TEMA MANCOMUNADO)

que presenta: EL SR. ROBERTO ALCANTARA REYNOSA

Pasante de la Carrera de: INGENIERO QUIMICO

Fué aceptado por el Jurado nombrado para dicho examen, el cual quedó integrado en la siguiente forma:

Presidente Prof.: ENRIQUE GARCIA LOPEZ

V o c a l " : JORGE MARTINEZ MONTES

Secretario " : RAFAEL MORENO GONZALEZ

1er. Suplente " : JOSE LUIS RADILLA DE ALBA

2o. Suplente " : JORGE HARO CASTELLANOS

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria D.F., a 31 de Agosto de 1978

EL JEFE DEL DEPTO. DE PASANTES
Y EXAMENES PROFESIONALES.

QUIM.  JULIO TERAN Z.

A LA MEMORIA DE MI PADRE

A MI MADRE

A VICKI

A MIS HERMANOS

En especial a los señores:

PROF. ENRIQUE VIGNAU Q.

e

ING. ANTONIO EROLES G.

A MIS MAESTROS

I N D I C E

	<u>Pág.</u>
INDICE	i
<u>CAPITULO I.-</u>	
INTRODUCCION	
Generalidades	1
Antecedentes históricos	3
Definiciones	5
Importancia de la calidad en el desarrollo económico de México.	7
Objetivos de la tesis	9
<u>CAPITULO II.-</u>	
DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE FABRICACION Y PREPARACION DE ESMALTES VITREOS	
Fabricación de la frita	10
Preparación de esmaltes vítreos	63
<u>CAPITULO III.-</u>	
BASES DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD	
Principios del control de calidad	94
Métodos generales	99
Tipo de inspecciones y su definición	100
La estadística dentro del control de calidad	101
Estructura de un sistema de control de calidad.	106
Conclusiones	111

	<u>Pág.</u>
<u>CAPITULO IV.-</u>	
DESCRIPCION DEL PROBLEMA DE CALIDAD	113
<u>CAPITULO V.-</u>	
TESIS DEL SISTEMA PROPUESTO	
Condiciones y requerimientos técnicos	124
Condiciones y requerimientos administrativos	156
<u>CAPITULO VI.-</u>	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
Control de calidad materias primas	165
Control de calidad en proceso	166
Control de calidad producto terminado	166
 BIBLIOGRAFIA	

CAPITULO I.-

INTRODUCCION

GENERALIDADES:

Ha sido una inquietud para la Industria fabricante de esmaltes vítreos desarrollar sistemas de "Control de Calidad" que le permitan ir acordes a los avances tecnológicos alcanzados en las áreas de producción y aplicación de los mismos.

En los procesos de fabricación existen variables que afectan la calidad de los productos finales, como son condiciones de operación, materias primas, equipo de fabricación y el factor humano.

Es por esto que sólo cuando son reguladas estas variables correctamente, podemos decir que existe un Control de Calidad.

El campo de acción del control de la calidad, ha madurado rápidamente en los últimos años, tanto en su técnica como en su organización, generándose con esto, un conjunto sistemático de principios, prácticas y tecnologías que sumados, se identifican como el Control Total de la Calidad.

Es importante señalar que los técnicos que se dedican al control de la calidad, no pueden permanecer estáticos a estos cambios y seguir con el tradicionalismo de ser jueces que aprueban o rechazan los productos de su industria o de las industrias que los proveen de materias primas.

Sino muy por el contrario, como Técnicos en el control de la calidad, detectar a tiempo y corregir las causas que pueden originar problemas en el proceso, ayudando de esta manera a lograr el equilibrio óptimo entre los tres factores básicos que determinan la eficiencia de una Industria Moderna:

- 1) Obtención del volumen programado de producción,
- 2) Con el nivel de calidad especificado,
- 3) Al costo más económico de fabricación.

Es bien conocido que la eficiencia de una empresa se mide por las diferencias acumuladas entre el precio de venta y los costos de producción, siendo estos funciones de una tercera variable, la "Calidad", misma que permite una mayor distribución y consumo de productos cuando esta calidad es definida y uniforme, es decir, una "Calidad Standard".

Lograr esta calidad sólo es posible cuando se forma y mantiene un departamento de Control de Calidad dinámico y siempre

actualizado, que en un principio significará un aumento de costos para la compañía, pero que siempre será un generador de ahorros.

ANTECEDENTES HISTORICOS:

La utilización y fabricación de esmaltes vítreos se remonta a épocas muy antiguas, cuando surgió la inquietud artística en el ser humano por tener objetos agradables a la vista y al tacto. Fue así como surgió la cerámica en todas sus manifestaciones por nosotros conocidas, y siendo una característica de todas las culturas que ha habido en el mundo.

La producción manual primitiva, sólo empleaba herramientas sencillas y en ella únicamente intervenían los incidentes propios de las habilidades y preferencias de los diversos artesanos. Cada unidad de producto, era única en su género, satisfacía la utilidad según el criterio del que lo hacía y era comprada tras una inspección directa y evaluación del cliente, en un medio en el que imperaba la máxima de que cada quien cuidara de sus intereses.

Con la Revolución Industrial, nace la necesidad de establecer sistemas organizados de control de calidad, para obtener artículos con características uniformes, fabricados bajo proce-

sos controlados y dentro de niveles aceptables de calidad y costo.

Hasta el siglo XIX, un trabajador o un número muy reducido de trabajadores, tenía la responsabilidad completa del producto, y por lo tanto, cada trabajador podía controlar totalmente la calidad de su trabajo.

En los principios de 1900, apareció el concepto de la Industria Moderna y con ella los esmaltes vítreos para porcelanizado y decoración de vidrio. En ellas, muchos hombres agrupados desempeñan tareas similares, surgiendo el mayordomo de control de calidad que los supervisa y asume la responsabilidad por la calidad del trabajo.

El Control de Calidad, adquiere un desarrollo ya definido durante la Primera Guerra Mundial, en virtud de los cada vez más complicados procesos de fabricación. Esto crea en la industria el tener bajo control los diversos procesos empleados, apareciendo los primeros inspectores de tiempo completo, que en los años 1920-1930 se encuentran formando organizaciones de inspección, independientes de producción y encabezados por superintendentes, lo cual de hecho marca el establecimiento de organizaciones bien definidas de control de calidad.

A consecuencia de la Segunda Guerra Mundial, las organizaciones de Control de Calidad evolucionan y surge el control estadístico de calidad, cuyas contribuciones más importantes son la introducción de la inspección por muestreo en lugar de la inspección 100% y del concepto de confiabilidad dentro de la industria.

Ahora en un mundo gradualmente más complejo, requerimos altos niveles de calidad para alcanzar confianza en el funcionamiento de lo que nos rodea.

Por el gran número de personas que intervienen en las operaciones de fabricación, fuentes de abastecimiento (proveedores) de materias primas, control de calidad requiere de un departamento eficaz y bien organizado en toda empresa industrial moderna.

DEFINICIONES:

La palabra "Calidad" tiene una amplia variedad de significados en la industria, tales como:

- 1) Es el grado en que un producto específico, es preferido sobre otros productos similares, en base a pruebas comparativas efectuadas por los consumidores.

2) Es el grado en que un producto específico, representa satisfactores potenciales para el consumidor (Calidad de Diseño).

3) Es el grado en que un producto determinado cumple con las especificaciones del diseño (Calidad de Cumplimiento de Diseño).

4) Es la capacidad de un producto específico para cumplir con las necesidades para las cuales se produjo a un costo y precio óptimos.

"Control dentro de la industria", se define como:

1) El acto de corregir o verificar algo.

2) Un standard de comparación contra el cual se verifican los resultados de un experimento.

3) Es el ciclo planeado de actividades por medio del cual una serie de eventos son realizados para cumplir con un objetivo.

Podemos decir que el concepto "Control" significa el conjunto de procedimientos seguidos para alcanzar la meta de "Calidad"; es decir, "Calidad es la meta, Control es el camino para alcanzarla".

El término "Control de Calidad" se entiende dentro de la industria como:

1) Las funciones necesarias para asegurar que un producto se ajuste a estándares definidos y uniformes de calidad, en todas las etapas de su producción.

2) La red de actividades técnicas y procedimientos indispensables, para lograr que el producto en el mercado satisfaga los estándares de calidad para los que fue elaborado a costos óptimos de fabricación.

3) El conjunto de funciones y medios de la organización de una industria, dirigidos por una unidad específica de la misma, necesarios para establecer, desarrollar y superar la calidad del producto, a fin de satisfacer al consumidor al nivel más económico.

IMPORTANCIA DE LA CALIDAD EN EL DESARROLLO ECONOMICO DE MEXICO:

El esfuerzo conjunto y efectivo de todos los grupos que forman una organización, va encaminado a la producción de satisfactores que tengan la mejor calidad de acuerdo a ciertas condiciones del consumidor.

Es por nosotros conocido que en todas las épocas y más en la actualidad, todos los productos deben de llenar todas estas condiciones del consumidor para lograr su aceptación en los mercados,

tanto locales como internacionales.

México se encuentra en pleno desarrollo económico, siendo la expansión industrial uno de los factores que más influyen en él. Es por esto, que para continuar y acelerar dicho desarrollo, los industriales mexicanos han estado luchando por conquistar su propio mercado, y al mismo tiempo los mercados internacionales. Sin embargo, el lema "Lo hecho en México está bien hecho" no ha convencido totalmente a estos mercados; causa fundamental es que la industria nacional se ha preocupado en adquirir equipos modernos de proceso, tecnologías y desarrollar sus propias tecnologías, pero no ha evolucionado en sus sistemas de Control de Calidad.

Las directrices marcadas por nuestro gobierno para la integración nacional, incrementando la producción nacional de bienes de consumo para reducir las importaciones y de esta manera al mismo tiempo incrementar nuestras exportaciones; logrando el equilibrio de nuestra balanza de pagos, no se ha llevado a cabo porque la industria nacional se ha preocupado más en producir grandes volúmenes y no calidad.

Nuevamente se repite el falso concepto de que un departamento de Control de Calidad es incosteable y no justifica por tanto su existencia, ya que desarrolla una labor pasiva o que en muchos casos perjudica a la producción con sus rechazos periódicos.

La realidad es que en muchos casos no ha querido aceptar la industria nacional que cada vez el consumidor es más exigente, la competencia industrial mundial es mayor, y por lo tanto, los productos nacionales requieren de una "Calidad" y costos de fabricación óptimos.

Todo lo anterior remarca la importancia que el "Control de Calidad" tiene en el desarrollo económico de nuestro País.

OBJETIVOS DE LA TESIS:

Uno solo ha sido el motivo que nos encaminó a la realización de este trabajo, el colaborar de alguna manera en el desarrollo de México

Tomamos una industria, la de fabricación de esmaltes vítreos, que ha logrado ir conquistando mercados internacionales y en la que se encuentran hombres que luchan por romper con tradicionalismos existentes en lo que es Control de Calidad.

En algún tiempo colaboramos con esta industria, y estamos seguros de que este trabajo aportará algo para la continuación de su desarrollo, por bien de la industria nacional y de nuestro País.

CAPITULO II.-

DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE FABRICACION
Y PREPARACION DE ESMALTES VITREOS.

A. FABRICACION DE LA FRITA:

A-1 Selección y Características de las Materias Primas:

Los materiales usados en la composición de esmaltes, es
tán clasificados químicamente como sigue:

a) Bases:

Oxidos que están representados por los símbolos RO
y R₂O, tales como óxidos alcalinos y alcalinotérreos, que cumplen
la función de fundentes en los esmaltes.

b) Intermedios:

En los cuales están incluidos los óxidos anfotéricos
de clasificación R₂O₃ y cuyo principal representante es la Alúmina.

c) Acidos:

Los representantes por R₂O₅ y el grupo RO₂, siendo la
Sílica el compuesto más característico.

Grupo RO (Bases)	Grupo R ₂ O ₃ (Intermedios)	Grupo RO ₂ , R ₂ O ₅ (Acidos)
Li ₂ O, Na ₂ O, K ₂ O	Al ₂ O ₃ , B ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	SiO ₂ , SnO ₂ , ZrO ₂
MgO, CaO, BaO, SrO, PbO	Cr ₂ O ₃ , Bi ₂ O ₃	TiO ₂ , CeO ₂ , ThO ₂
ZnO, FeO, MnO, CdO, CuO		P ₂ O ₅ , V ₂ O ₅ , Ta ₂ O ₅
NiO, CoO		

Clasificación de los Oxidos más Comunes

A-2 Terminología:

Notamos que en la clasificación de los grupos Bases, Intermedios y Acidos para esmaltes vítreos, coincide con la clasificación periódica de los elementos, en tanto que la proporción de átomos de oxígeno a átomos del elemento metálico se mantiene igual.

El esmalte vítreo no es un compuesto químico, sino una mezcla de varios compuestos, por lo que la terminología para fines prácticos de cálculos será como sigue:

En vez de peso molecular utilizaremos el término "peso de la fórmula" que se calcula igual que un peso molecular cualquiera. Se denominará "peso equivalente" al peso de la fórmula de la mezcla de los compuestos, y este peso corresponde al "peso molecular" de la fórmula empírica, la cual se define como la fórmula expresada en unidades de peso de un material a partir de su análisis.

sis químico típico.

Un "equivalente" es el número de moles de un óxido contenido en una fórmula empírica específica.

Una carga es la mezcla de materias primas tales que al ser fundidas, su composición corresponde a la fórmula empírica calculada originalmente.

El peso de la fórmula de carga, es el peso equivalente al de la carga correspondiente a la fórmula empírica.

Existen materiales que pierden peso durante un proceso de fusión, como el CaCO_3 , que pierde CO_2 en el mismo. Para estos casos, utilizaremos los términos peso de fórmula antes de fusión y peso de fórmula después de fusión; se abreviarán las pérdidas mencionadas como "PPI" (Pérdidas por Ignición).

Dado que moles y equivalentes numéricamente son lo mismo, utilizaremos indistintamente los términos moles, equivalentes moleculares y equivalentes en el cálculo de las fórmulas empíricas.

a) i. Grupos Base (Alcalinos y Alcalinotérreos):

i-1: Alcalinos:

Los álcalis usados en esmaltes vítreos son compuestos de sodio, potasio y litio. Los cuales existen en

la naturaleza, principalmente como compuestos insolubles en agua, o bien en combinación con otras bases en silicatos complejos insolubles.

Los cloruros, carbonatos y nitratos, existen en la naturaleza, o se preparan industrialmente; son solubles y deben ser incorporados a la frita para que de esta manera se vuelvan insolubles, permitiendo posteriormente su integración al esmalte.

Los álcalis son fundentes poderosos, incrementan la fluidez del esmalte y además influyen directamente en el desarrollo del color cuando la formulación de éste incluye al mismo elemento químico característico; incrementan el brillo, y finalmente proporciona resistencia a la intemperie.

Los compuestos alcalinos más comúnmente usados se irán describiendo según su elemento alcalino característico.

Compuestos de Sodio:

El sodio imparte un coeficiente de expansión más alto que cualquier otra base dentro de la composición de la frita; además abate la resistencia a la tensión y elasticidad de la frita, con respecto a las demás bases.

Cloruro de Sodio (NaCl):

Cuando este compuesto se utiliza en un esmalte, es con la finalidad de provocar la vaporización de FeO que prácticamente siempre está presente como impureza en varios de los componentes del esmalte, principalmente en las arcillas.

Carbonato de Sodio (Na_2CO_3):

Este compuesto es conocido en la industria como "Soda Ash", y se puede obtener en grandes cantidades con alta pureza a bajo precio. Es una de las fuentes principales de sodio después del Bórax, y es uno de los fundentes más usados en la fabricación de esmaltes vítreos.

Nitrato de Sodio (Na_2NO_3):

Este compuesto llamado también Soda Nitrada, también es una importante fuente de sodio, pero su alto precio limita a casos particulares su uso en que se requiere un poderoso agente oxidante en la preparación de fritas.

Bórax ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$):

También conocido como Tetraborato de Sodio, es 16.3% de Sodio, 36.5% Oxido Bórico y 47.2% Agua de Cristalización. Es el fundente más poderoso y puede substituir en parte a todo el contenido de plomo en un esmalte.

Dado que el agua de cristalización es susceptible de variación, es necesario tener mucho cuidado en su almacenamiento, y checar minuciosamente este contenido de agua cuando va a ser usado. El total de agua puede ser completamente eliminado a bajas temperaturas (735°C) y este producto se conoce como Bórax Fundido; 53 kgs. de éste, equivalen a 100 kgs. del compuesto deshidratado.

Por su alta solubilidad en agua, es necesario incorporarlo a los esmaltes en forma fritada; de esta manera promueve la resistencia química de los esmaltes al vapor y álcalis.

Feldespató Sódico ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$):

Su composición teórica en porcentaje es: Sílica 68.7, Alúmina 19.5, y Soda 11.8. Este compuesto actúa indistintamente como fundente o refractario, dependiendo en las características de los otros constituyentes en la carga y de la temperatura de maduración del esmalte.

Compuestos de Potasio:

Estos compuestos son de propiedades muy similares a los de sodio, pero proporcionan a los esmaltes más brillo, disminuyen la fluidez, incrementan la resistencia al rayado, mejoran la resistencia a la humedad y abaten el coeficiente de expansión:

Carbonato de Potasio (K_2CO_3):

El nombre común de este compuesto es "Ceniza de Perla" (K_2CO_3). Es delicuescente, muy soluble en agua y en ocasiones se encuentra con impurezas de sulfato y cloruro de potasio.

Nitrato de Potasio (KNO_3):

Su comportamiento dentro de la formulación de una frita es la de agente oxidante, de igual manera que el nitrato de sodio, mencionado anteriormente, y sólo se utiliza en lugar de éste en casos particulares, ya que su costo es más elevado.

Feldespató Potásico ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$):

Este mineral, al igual que el Feldespató Sódico, nunca se encuentra puro en la naturaleza, y su composición teórica es en porcentajes: 65.7% de SiO_2 , 18.4% Al_2O_3 y 16.9% de K_2O .

Compuestos de Litio:

Actualmente, el Litio se está utilizando en algunos esmaltes en los cuales su presencia proporciona ventajas tales que compensan su alto costo. Es un álcali fuerte con propiedades químicas muy semejantes a las del Sodio y del Potasio. Sin embargo, si analizamos comparativamente sus pesos moleculares encontramos que el peso atómico del Litio es 6.94, contra 23 del Sodio

y 39 del Potasio. Según esto, teóricamente podemos substituir un kilogramo de LiCO_2 por 3 ó 5 kgs. de cualquiera de los otros carbonatos alcalinos, sin modificar el porcentaje en volumen del contenido total de álcali en la fórmula.

Una reducción de este tipo del contenido de álcali, de be reducir el coeficiente de expansión de la frita, aumentando a la vez su durabilidad. En la práctica lo anterior solamente se cumple substituyendo una pequeña parte de LiO_2 por KNaO .

TABLA No.1

	% Ambligonita	% Espodumena	% Lepilodita	% Petalita
Li_2O	8.48	6.78	4.65	4.03
K_2O	0.30	0.69	10.33	ND
Na_2O	1.63	0.46	0.13	ND
SiO_2	5.16	62.91	52.89	77.0
Al_2O_3	22.96	28.42	26.77	17.5
Fe_2O_3 ó FeO	0.019	0.53	0.19	ND
MgO	Trazas	0.13	0.31	ND
CaO	0.15	0.11	0.92	ND
P_2O_5	54.42	ND	ND	ND
MnO_2	-	ND	ND	ND
F_2	2.67	ND	0.59	ND
Pérdidas por calcinación.	4.8	0.28	0.66	ND

Análisis Típico de Fuentes de Litio

Carbonato de Litio (Li_2CO_3):

Es una substancia blanca cristalina anhidra, prácticamente insoluble en agua. Al aumentar la temperatura, su insolubilidad aumenta, se emplea en la preparación de los pigmentos vitreos, y es un fundente más activo que las sales de sodio o potasio correspondientes, y da origen a puntos eutécticos con ambos álcalis.

Los compuestos de Litio son relativamente caros debido al bajo porcentaje en el que se encuentra el Li_2O , en los compuestos naturales que lo contienen. (Tabla No.1).

Las ventajas de los compuestos de Litio en los esmaltes son por ejemplo que una adición del 1% de Li_2CO_3 es un esmalte para Loza y Porcelana eléctrica y esmaltes sanitarios mejora notablemente su brillo; además aumenta la resistencia mecánica de la porcelana eléctrica, así como su resistencia a la intemperie. Su extraordinaria acción fundente permite el uso de más altos porcentajes de calcio, alúmina y sílica en esmaltes esencialmente alcalinos, proporcionándoles buena estabilidad y facilitando la producción de esmaltes azules más limpios, al mezclarse con cobre y colores de mejor calidad con otros elementos cromóforos.

El Litio en grandes concentraciones, tiende a promover

la cristalización en los esmaltes, superando a los otros álcalis. Esta característica es utilizada particularmente en la fabricación de esmaltes cristalinos.

A) i-2: Alcalinotérreos:

Compuestos de Calcio:

Los compuestos de calcio se utilizan prácticamente en todo tipo de esmalte vítreo, el Oxido de Calcio (CaO) imparte las siguientes características a los esmaltes:

- a) Aumenta su dureza y su resistencia a la abrasión.
- b) Mejora su resistencia a la intemperie, a la humedad, y a las soluciones de ácidos inorgánicos diluïdos.
- c) Incrementa la resistencia a la tensión, disminuyendo al mismo tiempo el coeficiente de expansión térmica tanto como lo hacen los álcalis.

También el calcio es un componente importante en la mayoría de los esmaltes que son madurados a bajas temperaturas (Como Olo ver Apéndice I). Usualmente es la base predominante en formulaciones de esmaltes horneados a muy altas temperaturas, de tipo porcelanas. Los compuestos de calcio que se usan frecuente-

TABLA DE EQUIVALENCIAS DE TEMPERATURA DE QUEMADO
EN °C Y CONOS PIROMETRICOS.

NUMERO DE CONO	C O N O S	
	L A R G O S 160°C	150°C
017	727	747
016	764	792
015	790	804
014	834	838
013	869	852
012	866	884
011	886	894
* 010	887	894
* 09	915	923
* 08	945	955
* 07	973	984
* 06	991	999
* 05	1031	1046
* 04	1050	1060
* 03	1086	1101
* 02	1101	1120
* 01	1117	1137
* 1	1136	1154
* 2	1142	1162
* 3	1152	1168
4	1168	1186
5	1177	1196
6	1201	1222
7	1215	1240
8	1236	1263
9	1260	1280
10	1285	1305
11	1294	1315
12	1306	1326

NOTAS:

- * Los conos sin Fe (blancos), se fabrican del No.010 al 3. Se deforman a las mismas temperaturas que los conos con Fe (rojos) correspondientes, siempre y cuando los incrementos de temperatura sean de 60°F por hora, en atmósfera de aire.
- 1.- Las equivalencias mencionadas se aplican exclusivamente cuando se cumplen los incrementos de temperatura anotados por hora, y en atmósfera de aire.
- 2. Para reproducibilidad de resultados, los conos deben colocarse en las bases diseñadas con ese fin, con la cara sobre la cual se deforma en un ángulo de 8° con respecto a la vertical, con la punta de los conos a una altura correcta de la base. (Para los conos largos, la distancia es de 5 cms).

mente son abundantes en la naturaleza, de bajo costo y relativamente puros. El CaCO_3 , el más comúnmente empleado, tiene una gravedad específica baja, por lo cual se mantiene en suspensión en la solución acuosa, ayudando a mantener en suspensión a otros compuestos de mayor gravedad específica. El Calcio no aumenta el índice de refracción del esmalte, así como su brillo y poder fundente como otras bases.

Carbonato de Calcio (CaCO_3):

Se encuentra en la naturaleza formando parte de varios minerales como son la piedra caliza, el gis es una estructura de depósitos marinos que son el resultado de la acumulación de residuos de pequeños organismos. Existen también otros minerales que contienen CaCO_3 , pero que son de menor importancia industrial.

El CaCO_3 se obtiene como subproducto por precipitación, siendo esta forma sumamente pura, fina y homogénea.

Dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$:

Es un mineral que corresponde prácticamente a esta fórmula química. La dolomita se encuentra también como principal componente en algunas rocas sedimentarias.

Es el principal fundente en esmaltes de media y alta tem

peratura. En algunos esmaltes de baja temperatura de maduración, especialmente los de alto contenido de SiO_2 , reduce su viscosidad. Imparte estabilidad y dureza al esmalte vítreo, disminuyendo ligeramente su coeficiente de expansión (COE) en comparación con los álcalis.

Fluoruro de Calcio (CaF_2):

Se encuentra en la naturaleza como Espatoflúor o Fluorita. El Espatoflúor de alto grado de pureza (98%) se emplea para fabricar HF. Un menor grado de pureza contiene de 85% a 98% de CaF_2 .

	Grado Especial	Grado Especial #1	Grado Standard #1
CaF_2	95.5% Mínimo	95.0% Mínimo	95.0% Mínimo
SiO_2	1.0% Máximo	3.0% Máximo	3.0% Máximo
Fe_2O_3	0.1% Máximo	0.25% Máximo	0.1% Máximo
PbO	---	Trazas	Trazas
ZnO	---	Trazas	Trazas
S	---	Trazas	Trazas

Especificaciones de Espatoflúor..

El grado especial tiene una finura de 70% a través de malla 200 ASTM y 93% retenido en malla 100. El grado Standard

No.1 se utiliza para algunos esmaltes y vidrio soplado de color, a diferencia del anterior que se aplica a formulaciones de pigmentos vítreos, por último, el grado especial No.1 para esmaltes vítreos de decorado en vidrio.

El Espatoflúor es un excelente fundente; sin embargo, su uso se ha restringido debido a que reacciona con la SiO_2 formando gases de SiF_4 que causan burbujas en el esmalte, deteriorando la apariencia final en el mismo. Cuando interviene en la formulación de un esmalte adecuadamente, le proporciona cierta opacidad y además ayuda a desarrollar algunos colores, especialmente los verdes de Calcio.

Cloruro de Calcio (CaCl_2):

Este compuesto sirve como electrolito para flocular la suspensión acuosa de esmalte; esto es con el objeto de proporcionar una consistencia tal que facilite su aplicación. Su acción como floculante es muy similar a la de algunos ácidos, NaCl y MgSO_4 . También se usa para prevenir escurrimientos en piezas aplicadas por el Sistema de Inmersión.

Silicato de Calcio (CaO.SiO_2):

Conocido empíricamente como Wolastonita y que se obtiene en varios grados comerciales; un análisis típico de este pro-

ducto es: 50.9% de SiO_2 , 46.9% CaO , 0.55% FeO , 0.25% Al_2O_3 , 0.1% MnO , 0.1% MgO , 0.05% TiO_2 y 0.9% P.P.I. Tiene una gravedad específica de 2.9, y un grado de solubilidad en agua del orden de 0.01 gr/100 c.c. Esto ocasiona que estando presente un 10% de CaO.SiO_2 en una solución, se obtenga un pH de 9.9, debido a los iones de Ca^{++} en solución.

La Wolastonita se emplea para dar una apariencia tersa y brillante a la vez.

Compuestos de Estroncio:

El más comúnmente usado es el SrCO_3 que se encuentra en el mineral Estroncionita aún cuando en ocasiones se utiliza la Celestita, de Sulfato de Estroncio. El SrCO_3 es ligeramente soluble en agua, particularmente en presencia de CO_2 . Este compuesto se obtiene en grado técnico con una pureza de 99%. Se emplea en la formulación de algunos pigmentos como rojos y marrones, en esmaltes para loza puede substituir el calcio para actuar como un fundente activo disminuyendo la temperatura de ablandamiento, sin alterar el Coeficiente de expansión térmica; tam-
bién puede reemplazar al ZnO disminuyendo su solubilidad en el proceso de fusión del esmalte.

Compuestos de Magnesio:

El Magnesio frecuentemente se encuentra como un constituyente de la piedra caliza. Actúa como refractario en un esmalte vítreo a bajas temperaturas, no obstante a la alta temperatura se convierte en un poderoso fundente que abate el coeficiente de expansión de la mezcla fundida, más que cualquier otra base y en general puede compararse favorablemente con otros álcalis o bases alcalinas respecto a las propiedades mecánicas del esmalte que lo contiene. También se emplea en esmaltes mate de baja temperatura de maduración debido a sus propiedades refractarias.

Carbonato de Magnesio ($MgCO_3$):

El Carbonato ligero de Magnesio corresponde a la fórmula $3MgO.Mg(OH)_2.H_2O$ y es suficientemente soluble en agua como para floccular las arcillas contenidas en el esmalte de suspensión. El $MgCO_3$ precipitado cuando se usa como adición en la molienda de la preparación de esmaltes, requiere una alta proporción de agua para su preparación.

Magnesita (MgO):

Se produce industrialmente por la precipitación de $MgCO_3$ del agua de mar; el MgO resultante es duro y muy poco soluble en agua cuando está finalmente molido, por lo que no se con-

sidera adecuado adicionarlo a la molienda; sin embargo, se emplea satisfactoriamente como integrante en la frita.

Compuestos de Bario:

En determinadas circunstancias, el Bario es un fundente más activo que otros elementos Alcalinotérreos en esmaltes de alto índice de refracción. En comparación con el CaO y el ZnO proporciona elasticidad al esmalte utilizado en cualquier proporción, aunque no tanto como el PbO y el NaO₂. Su influencia sobre el COE es similar al PbO pero menos efectivo que el Calcio y los Alcalis. Su utilización se vé en ocasiones restringida por su toxicidad.

Carbonato de Bario (BaCO₃):

Comercialmente se obtiene mediante la reducción del mineral Barita (BaCO₃) a Sulfato de Bario precipitando el Carbonato con CO₂. Es refractario y reacciona muy lentamente en la fusión de los esmaltes, limitando esto su inclusión en los mismos. Cuando es fritado o madurado a altas temperaturas se vuelve un buen fundente, siendo el más efectivo en estas condiciones.

Compuestos de Zinc:

El principal de ellos es el ZnO, fundente que imparte brillo al esmalte y modifica la acción de los cromóforos. Cuando

el porcentaje dentro de la formulación del esmalte es alto, hace muy refractaria la mezcla fundida aumentando notablemente su viscosidad, sin que al final se pierda el brillo. Conviene hacer notar que en los esmaltes vítreos, los efectos obtenidos dependerán de las diferentes adiciones según sus propiedades y porcentajes incluidos, así como el contenido de Sílica y Alúmina.

El ZnO de mejor calidad es fabricado por volatilización de Zn metálico (1800°C) oxidando los vapores resultantes que se clasifican en varios grupos durante el proceso de condensación. Influye directamente en algunos pigmentos por ejemplo, beneficia a los azules e inhibe el desarrollo de pigmentos verdes a base de CrO_3 .

Compuestos de Plomo:

Se combinan con Sílica y Oxido Bórico dada su extraordinaria miscibilidad en la preparación de fritas. Su adición en el proceso de fusión afecta directamente al Silicato desarrollado de las siguientes maneras:

1. Proporciona muy buen brillo debido a su alto índice de refracción.
2. Abate el COE más que los álcalis.
3. Disminuye el módulo de elasticidad.

4. Disminuye la viscosidad de la mezcla fundida.

5. Hace que la mezcla vitrifique adecuadamente.

6. Los esmaltes de Plomo tienen rangos de maduración más amplios que los esmaltes sin Plomo. En algunas formulaciones de alto Plomo este rango puede llegar a exceder en cinco conos.

7. El PbO baja la tensión superficial de los esmaltes ayudando a homogeneizarlos obteniendo una superficie más tersa.

No obstante lo anterior, los compuestos de Plomo presentan algunas desventajas tales como:

a) La naturaleza tóxica de muchos de sus compuestos debe eliminarse por medio del proceso de fritado.

b) Una mala incorporación de cualquier compuesto de plomo al esmalte, puede causar ataque por soluciones como jugos de frutas.

c) Algunos esmaltes de Plomo forman una película provocada por la exposición continua a gases presentes en la atmósfera, en perjuicio del brillo logrado.

d) Disminuye la resistencia a la abrasión del esmalte.

e) Los esmaltes con Plomo no deben usarse a temperaturas de maduración superiores al cono 7 debido a su volatilidad.

Litargirio (PbO):

Se obtiene como un subproducto en la separación de la Plata y el Plomo metálico, puede producirse en forma de cristales amarillos o bien como un producto amorfo. Las impurezas que están presentadas en este compuesto no deben exceder los siguientes límites, para ser usado en esmaltes sin color:

Cobre	0.0041%
Antimonio	0.005%
Bismuto	0.005 a 0.0075%

Una prueba sencilla para determinar la pureza del Litargirio, es disolver una muestra en una solución concentrada de Acetato de Plomo, separar el residuo y pesarlo; este residuo se conoce como Minio.

Minio (Pb_3O_4):

Puede considerarse químicamente como una mezcla de $2PbO$ y PbO_2 . Se prepara a partir de Litargirio. El Minio comercial consiste de 75% de Minio puro y 25% de Litargirio. Un minio de buena calidad debe contener de 28 a 29% de PbO_2 y el FeO como impureza no debe exceder al 0.01%, ni el CuO tampoco debe estar presente en un máximo de 0.005%.

Silicatos de Plomo:

Se considera que una fritada es básicamente un silicato de plomo de diversas composiciones, desde la mezcla eutéctica más sencilla que contiene 16% de Sílice y 84% de PbO , aproximadamente, y que funde a $730^{\circ}C$. Esta mezcla es conocida como Monosilicato de Plomo. Existen otras mezclas eutécticas de menor punto de fusión; podemos mencionar también el Bisilicato de Plomo con una composición aproximada de 65% de PbO , 33% de SiO_2 y 2% de Al_2O_3 con una temperatura de fusión cercana a los $900^{\circ}C$. El Plomo es una de las bases más importantes para esmaltes vítreos, cuya temperatura de maduración esté comprendida entre cono 022 y cono 6 es la única base que puede usarse mezclada únicamente con SiO_2 , o bien con SiO_2 y Arcilla, dando prácticamente cualquier esmalte de una temperatura de maduración moderada. Los silicatos así obtenidos, tienen un color amarillento peculiar; los esmaltes de plomo son brillantes y fácilmente pueden ser rayados, a menos de que el contenido de SiO_2 en ellos sea alto. Los esmaltes de plomo, disuelven casi a cualquier pigmento preparado a base de Oxidos Inorgánicos y la gama de colores obtenida está fuertemente determinada por el contenido de plomo. La alta solubilidad de los esmaltes de plomo usados en piezas domésticas, ha sido objeto de legislaciones de seguridad en muchos países.

Existe una prueba química adoptada oficialmente y que prescribe que el esmalte debe ser soluble en presencia de una solución de Acido Acético Glacial al 4%, y a la temperatura de ebullición mantenida durante media hora, de manera que se tenga una solución que pueda ser precipitada por H₂S. Existe una relación para determinar la solubilidad de los esmaltes que contienen plomo:

$$2 > \frac{\text{(Suma de las bases que contienen Alúmina) (223)}}{\text{(Suma de los Acidos) (60)}}$$

Ahora bien, como 223/60=cte., podemos expresar esta relación como:

$$0.5 > \frac{\text{Suma de las bases que contienen Alúmina}}{\text{Suma de los Acidos}}$$

Todas las materias primas que contienen Plomo son potencialmente tóxicas para la salud de los operarios, a tal grado que el repetido o frecuente contacto con estos compuestos puede producir envenenamiento a menos de que se tomen las medidas de seguridad. Para evitar este peligro, todos los esmaltes con Plomo deberán ser fritados y el Plomo no deberá jamás incluirse directamente en la molienda. Este procedimiento hace al Plomo insoluble, evitando así su toxicidad.

Alúmina (Al₂O₃):

Se obtiene a partir del Feldespato, Criolita y Alúmina

Hidratada ($\text{Al}(\text{OH})_3$). Se combina con la Sílica o con los demás óxidos básicos para regular el contenido de oxígeno en el esmalte. En esmaltes cristalinos siempre encontramos un bajo contenido en Alúmina, ya que incrementa significativamente la viscosidad de la mezcla fundida retardando o incluso evitando la formación de estructuras macrocristalinas (Devitrificación). Por el contrario, un alto contenido de Alúmina desarrolla estructuras microcristalinas, obteniéndose de esta manera las superficies mates de mejores características.

Para esmaltes blancos brillantes, la relación entre Sílica y Alúmina de equivalentes moleculares, es de 6:1 a 10:1; mientras que para esmaltes mates, la relación es de 3:1 a 4:1.

Otra característica interesante es que la Al_2O_3 regula la estabilidad de la temperatura de maduración del esmalte. Influye directamente en la duración del acabado vítreo, más que cualquiera de los otros óxidos, haciendo el esmalte más refractario, dándole esta alta resistencia a los esfuerzos de tensión y al mismo tiempo les imparte buen brillo y dureza.

Dependiendo del porcentaje de Al_2O_3 en un esmalte, puede actuar como ácido o base, desde el punto de vista de nuestra clasificación RO , R_2O (Bases) y RO_2 (Ácidos).

Sílica (SiO_2):

Se combina ampliamente con muchos otros óxidos, preferentemente básicos dando origen a una gran variedad de Silicatos Complejos que poseen las siguientes propiedades comunes:

1. En general son miscibles a cualquier temperatura.
2. A temperaturas ordinarias, pueden presentarse como soluciones subenfriadas que poseen las características ópticas y mecánicas deseadas en los esmaltes.
3. Pueden prepararse de manera que tengan alta resistencia al ataque de gases, humedad y a la mayoría de soluciones ácidas y alcalinas.
4. En adiciones adecuadas dan origen a soluciones subenfriadas opacas o de color.

En muchas otras formulaciones, el contenido de SiO_2 representa un 50% de la carga. Como regla general podemos decir que al aumentar el contenido de SiO_2 en un esmalte, ocurren las siguientes modificaciones en el mismo:

1. Aumenta la temperatura de fusión del esmalte.
2. Disminuye la fluidez.

3. Estabiliza la resistencia del esmalte madurado a la solubilidad en agua y al ataque químico.

4. Abate el coeficiente de expansión térmica.

5. Finalmente, mejora la dureza y la resistencia a la abrasión.

Todas estas propiedades están sujetas a otros elementos, que participan en la formulación del esmalte, así como al porcentaje de sílica utilizado, y que siempre deberá mantener un balance adecuado, ya que si su contenido es muy alto, el esmalte se vuelve exclusivamente refractario y en el caso contrario, éste es muy inestable.

Fuentes de Obtención:

Lasmás comunes son: El Cuarzo, los Silicatos Naturales, como las Arcillas y los Feldespatos.

Compuestos de Boro:

Se introduce en los esmaltes vítreos a partir de Oxido Bórico Anhidro (B_2O_3), Acido Bórico (H_3BO_3) o ($B_2O_3 \cdot 3H_2O$) y Bórax ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) en forma de cristales prisma, y el ($Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$) de cristales octaédricos.

Los compuestos de Boro se emplean debido a las siguientes características:

1. Forman silicatos fácilmente fusibles.
2. Extraordinaria acción solvente sobre los pigmentos.
3. En proporciones cercanas al 12% de la carga total, disminuyen el COE, pero al sobrepasar el límite, sucede lo contrario.
4. Aumentan el brillo de la mezcla fundida, pero no así su índice de refracción.
5. Disminuyen la tensión superficial.
6. Incrementan la durabilidad química.
7. Altas concentraciones de ellos en una fritada, tienden a formar con el agua Boratos Complejos de Sodio Hidratados o bien H_3BO_3 .

Compuestos de Titanio:

Actúan como ácidos en la formulación de los esmaltes, proporcionándoles opacidad y promoviendo también la cristalización. Son ligeramente solubles en la mezcla fundida y el COE del Oxido de Titanio ocupa un lugar intermedio con respecto a los demás óxidos que intervienen en los esmaltes vítreos.

Bióxido de Titanio (TiO_2):

Se fabrica en grandes cantidades como "Pigmento Blanco" en la industria de pinturas y papel principalmente. Para esmaltes vítreos, se utiliza fundamentalmente como opacificante, incrementando la resistencia al ataque de los ácidos y para proporcionar buena textura a los mismos. A este compuesto se le atribuye la sensibilidad a la luz que tienen los esmaltes (Fototrofia).

El Oxido de Titanio se presenta en dos formas físicas, de acuerdo a su cristalización (Alotropía):

Rutilo:

Se encuentra en forma natural asociado con FeO (de 1 a 25%) en una solución sólida cristalina. Se utiliza finalmente molido como pigmento; sin embargo, por esta impureza no se obtienen pigmentos "limpios". Los opacificantes de Titanio Rutílicos tienen un color blanco amarillento.

Anatásico:

Tiene un índice de refracción menor que el Rutilo, y su grado de absorción colorimétrica tiende más al violeta que al rojo. Los opacificantes de Titanio anatásicos tienen un color blanco azulado característico.

Compuestos de Zirconio:

Son empleados principalmente como opacificantes de los esmaltes.

Oxido de Zirconio (ZrO_2):

Se prepara en diferentes grados de pureza industriales, dependiendo de su aplicación.

Silicato de Zirconio ($ZrSiO_4$):

Es arena natural de Zirconio purificada y molida finalmente hasta pasar 100% en malla #325 ASTM. Es insoluble en agua y ácidos minerales diluïdos; ligeramente soluble en HF, y reacciona en caliente con soluciones concentradas de álcalis.

A-3 Cálculo de Fritas:

Para la formulación de una frita, debemos tomar en consideración que es el resultado de la fusión de Oxidos Metálicos, los cuales se presentan en ocasiones puros, o bien, formando parte de ciertos minerales. Estos pueden contener dos o más Oxidos, por lo cual es necesario clasificar los porcentajes de los mismos, con objeto de facilitar el cálculo de Materias Primas que van a constituir la frita.

Cálculo de la Fórmula Empírica de una Materia Prima a Partir de su Análisis Químico: _____

Tomaremos como ejemplo el mineral Nefelín Sienita, cuyo análisis químico típico corresponde a 60.4% de SiO_2 , 23.6% de

Al₂O₃, 0.08% de Fe₂O₃, 0.7% de CaO, 0.1% de MgO, 9.8% de Na₂O,
4.6% de K₂O, 0.7% de P.P.I.

El primer paso para convertir el análisis químico en la fórmula empírica es expresar los porcentajes en unidades de peso. En esta transformación ignoramos el porcentaje de P.P.I. que es humedad y probablemente CO₂.

$$(1) \text{ - - - Fórmula en Peso de Materiales} = \left(\frac{100}{99.3} \right) \text{ (Peso de Fórmula calculado en base de materiales calcinados).}$$

Posteriormente convertiremos el peso en gramos de cada uno de los Oxidos en moles:

$$(2) \text{ - - - Moles} = \frac{\text{Peso en gramos.}}{\text{Peso Molecular.}}$$

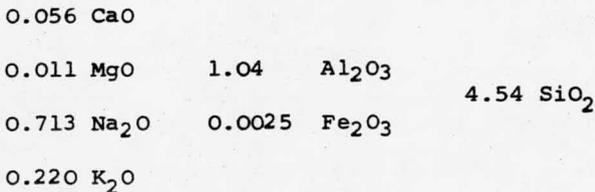
Para establecer las fórmulas empíricas de esmaltes, el grupo RO de Oxidos siempre será la unidad. Los moles calculados directamente del análisis se muestran en la siguiente tabla:

<u>Oxido</u>	<u>Peso</u>	<u>Peso Molecular</u>	<u>Moles</u>
SiO ₂	60.4	60	1.005
Al ₂ O ₃	23.6	102	0.231
Na ₂ O	9.8	62	0.158
K ₂ O	4.6	94.2	0.049

CaO	0.7	56	0.0125
MgO	0.1	40.3	0.0025
Fe ₂ O ₃	0.08	160	0.005

Conversión de la Composición de
Peso y Moles

De acuerdo a la tabla anterior, los moles fueron ajustados de manera que el total de equivalentes molares de RO y R₂O fueran referidos a la unidad e iguales a 1. En nuestro ejemplo, la suma del número de equivalentes molares de los grupos RO es igual a 0.2218. Después de separar varios Oxidos en sus grupos correspondientes dividimos los moles obtenidos directamente de su análisis químico entre 0.2218. La fórmula para el Nefelin Sienita es:



El peso de la fórmula análogamente al peso molecular puede expresarse como:

$$(3) \quad \text{---} \quad \text{Peso} = (\text{Moles}) (\text{Peso Molecular}).$$

El peso de la fórmula de Nefelin Sienita es 444.5, la conversión del peso de la fórmula del material calcinado al ma-

terial como se recibe es:

$$(4) \text{ --- Peso como se Recibe} = \left(\frac{100}{100 - \text{PPI}} \right) (\text{Peso Calcinado})$$

$$= \left(\frac{100}{100 - 0.07} \right) (\text{Peso Calcinado})$$

<u>Oxido</u>	<u>Equivalentes Moleculares.</u>	<u>Peso Molecular</u>	<u>Producto de Columna 2 x 3.</u>
Na ₂ O	0.713	62	44.3
K ₂ O	0.220	94.2	27.0
CaO	0.056	56	3.13
MgO	0.011	40.3	0.44
Al ₂ O ₃	1.04	102	106.1
Fe ₂ O ₃	0.0025	160	0.4
SiO ₂	4.54	60	272.4
			<u>444.47</u>

Cálculo de Fórmula en Peso

Fórmula Química del Esmalte a Partir de su Análisis Químico: -----

Puede determinarse de una manera similar a la empleada en el cálculo de la fórmula de la Nefelin Sienita (3). La formulación del esmalte será SiO₂ 61.0%, Al₂O₃ 8.24%, CaO 8.6%, Na₂O 2.83%, K₂O 4.96%, B₂O₃ 3.37%, PbO 11.0%. Dividimos cada uno de estos porcentajes entre su peso molecular;

de los moles calculados en la siguiente tabla, seleccionamos los Oxidos RO para determinar moles totales del grupo RO en conjunto.

Oxido	Peso		Peso Molecular	=	Moles (Sin Ajustar)	÷	RO Totales	Fórmula Empírica Expresada en Equivalentes Moleculares
SiO ₂	61.00	÷	60	=	1.02	÷	0.30	3.40
Al ₂ O ₃	8.24	÷	102	=	0.08	÷	0.30	0.27
CaO	8.60	÷	56	=	0.15	÷	0.30	0.50
K ₂ O	4.96	÷	94	=	0.05	÷	0.30	0.17
Na ₂ O	2.83	÷	62	=	0.05	÷	0.30	0.17
PbO	11.00	÷	223	=	0.05	÷	0.30	0.17
B ₂ O ₃	3.37	÷	70	=	0.05	÷	0.30	0.17

Conversión de la Composición del Esmalte % en Peso a Fórmula Empírica en Equivalentes Moleculares

Con objeto de igualar el grupo RO a 1 y ajustar la fórmula a esta base, dividimos cada óxido entre el total de RO obtenido (0.30), así la fórmula empírica se expresa:

0.50 CaO

0.17 K₂O

0.17 Na₂O

0.17 PbO

0.27 Al₂O₃

0.17 B₂O₃

3.40 SiO₂

CARACTERÍSTICAS
DESEABLES EN EL
PRODUCTO

Normas para Formulación de Fritas:

Existen algunas reglas establecidas empíricamente que ayudan al Ingeniero que formula Fritas a obtener los resultados de seados:

- a) La relación entre los grupos RO y RO₂ deben estar comprendidas entre 1:1 y 1:3.
- b) La relación de los álcalis del grupo RO respecto a los demás compuestos del mismo grupo, no debe ser mayor de 1:1.
- c) La relación entre el B₂O₃ y las SiO₂ no debe ser mayor de 1:2.
- d) El contenido de Alúmina en la frita, no debe exceder a 0.2 equivalentes.

La primera regla asegura la fusión rápida de la Frita; dicho de otra forma, esto significa que si la suma total de varios Oxidos que integran el grupo RO es igual a 0.8 equivalentes, deben añadirse por lo menos de 0.8 hasta 2.4 equivalentes de Sílica.

La segunda regla garantiza que la Frita sea insoluble en agua. Si el contenido de álcalis en la Frita es mayor de la relación propuesta, su solubilidad se aproximará a la del Silicato de Sodio.

La tercera regla, es también con el mismo fin, ya que siendo el H_3BO_3 soluble, se deben incluir cuando menos dos tantos de Sílica por cada uno de B_2O_3 para que la Frita sea prácticamente insoluble.

La cuarta y última de estas reglas permitirá una fusión rápida de la Frita. En caso de que el contenido de Alúmina sea alto, la Frita será más viscosa y por lo tanto refractaria.

Una frita bien balanceada debe incluir cuando menos 0.05 equivalentes de Al_2O_3 ; debe recordarse que las reglas anteriores son empíricas, por lo tanto la experiencia del formulador será definitiva en los resultados.

Se muestra a continuación el cálculo de la carga de una Frita y de las adiciones en la molienda para la preparación de un esmalte, hechas a partir de su fórmula empírica.

La fórmula empírica es:

K_2O	0.05			
Na_2O	0.10			
CaO	0.30	Al_2O_3	0.25	SiO_2 2.50
PbO	0.35	B_2O_3	0.30	
MgO	0.10			
ZnO	0.10			

Como fuente de obtención del K_2O , se utilizará Feldespato por su bajo costo, considerando además, que al mismo tiempo se están incluyendo cantidades determinadas de SiO_2 y Al_2O_3 ; el Na_2O también se introduce como Feldespato Sódico que proporciona Al_2O_3 y SiO_2 ; el CaO como Carbonato de Calcio, el PbO como Litargirio, el MgO como Carbonato de Magnesio, ZnO se agrega tal cual por ser un material puro; B_2O_3 como Bórax Anhidro que contribuirá con Na_2O ; se cuantifican los equivalentes de todos los Oxidos.

CONSTANTES QUIMICAS PARA MATERIAS PRIMAS CERAMICAS

Nombre del Material	Fórmula	Peso Mole cular	Peso Equivalente	Oxidos en la Fusión	Peso Molecular de Oxidos	Factor de Con versión
Albita	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	524	524	RO	62	.118
				R_2O_3	102	.195
				6RO_2	60	.687
Alúmina	Al_2O_3	102		Al_2O_3	102	1.0
Hidróxido de Aluminio	$\text{Al}_2(\text{OH})_6$	156		Al_2O_3	102	.654
Sulfato de Aluminio	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	342		Al_2O_3	102	.298
Oxido de Antimonio	Sb_2O_3	292		Sb_2O_3	292	1.0
Oxido Arsénico	As_2O_3	198		As_2O_3	198	1.0
Carbonato de Bario	BaCO_3	197		BaO	153	.777
Cloruro de Bario	BaCl_2	208		BaO	153	.736
Cromato de Bario	BaCrO_4	253	506	2RO	153	.605
				R_2O_3	152	.30
Hidróxido de Bario	$\text{Ba}(\text{OH})_2$	171		BaO	153	.895

Nombre del Material	Fórmula	Peso Mole- cular	Peso Equivalente	Oxidos en la Fusión	Peso Molecular de Oxidos	Factor de Con- versión
Oxido de Bario	BaO	153		BaO	153	1.0
Selenita de Bario	BaSeO ₃	265	265	{ RO	{ BaO	.577
				{ R	{ Se	.298
Sulfato de Bario	BaSO ₄	233		BaO	153	.658
Barita	BaSO ₄	233		BaO	153	.658
Oxido de Bismuto	Bi ₂ O ₃	464		Bi ₂ O ₃	464	1.0
Ceniza de hueso	Ca ₃ (PO ₄) ₂	310	RO	103	{ 3CaO P ₂ O ₅	.542
Acido Bórico	B ₂ O ₃ .3H ₂ O	124	R ₂ O ₃	124	B ₂ O ₃	.565
Bórax	Na ₂ O.2B ₂ O ₃ .10H ₂ O	382	382	{ RO	{ Na ₂ O	.162
				{ 2R ₂ O ₃	{ 2B ₂ O ₃	.366
Bórax (fundido)	Na ₂ O.2B ₂ O ₃	202		{ Na ₂ O 2B ₂ O ₃	62	.307
Oxido Bórico	B ₂ O ₃	70		B ₂ O ₃	70	1.0
Sulfuro de Cadmio	CdS	144				
Borato de Calcio	2CaO.3B ₂ O ₃ .5H ₂ O	412	206	{ RO	{ 2CaO	.272
				{ 1.5R ₂ O ₃	{ 3B ₂ O ₃	.51

Nombre del Material	Fórmula	Peso Mole- cular		Peso Equivalente	Oxidos en la Fusión	Peso Molecular de Oxidos	Factor de Con- versión
Carbonato de Calcio	CaCO_3	100			CaO	56	.56
Cloruro de Calcio	CaCl_2	111					
Fluoruro de Calcio	CaF_2	78					
Hidróxido de Calcio	Ca(OH)_2	74			CaO	56	.758
Oxido de Calcio	CaO	56			CaO	56	1.0
Fosfato de Calcio	$\text{Ca(PO}_4)_2$	310	RO	103	$\left\{ \begin{array}{l} 3\text{CaO} \\ \text{P}_2\text{O}_5 \end{array} \right.$	56	.542
						142	.458
Sulfato de Calcio	CaSO_4	136			CaO	56	.412
Celestita	SrSO_4	183			SrO	104	.57
Oxido de Cerium	CeO_2	176			CeO_2	176	1.0
Arcilla China	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	258	$\left\{ \begin{array}{l} \text{R}_2\text{O}_3 \\ 2\text{RO}_2 \end{array} \right.$	258	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Al}_2\text{O}_3 \\ 2\text{SiO}_2 \end{array} \right.$	102	.395
Oxido de Cromo	Cr_2O_3	152			Cr_2O_3	152	1.0
Sulfato de Cromo	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$	662			Cr_2O_3	152	.23
Cloruro de Cobalto	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	238			CoO	75	.316
Oxido de Cobalto	Co_2O_3	166	RO	83	CoO	75	.903

Nombre del Material	Fórmula	Peso Molecular	Peso Equivalente		Oxidos en la Fusión	Peso Molecular de Oxidos	Factor de Conversión	
Oxido de Cobalto (negro)	Co_3O_4	241	RO	80	CoO	75	.934	
Oxido de Cobalto (cobaltoso)	CoO	75			CoO	75	1.0	
Nitrato de Cobalto	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	291			CoO	75	.256	
Sulfato de Cobalto	$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	280			CoO	75	.268	
Carbonato de Cobre	CuCO_3	124			CuO	80	.645	
Cloruro de Cobre	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	171			CuO	80	.468	
Oxido de Cobre (verde)	CuO	80			CuO	80	1.0	
Oxido de Cobre (rojo)	Cu_2O	144			CuO	80	1.11	
Sulfato de Cobre	CuSO_4	160			CuO	80	.50	
Criolita	$3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_6$	210	$\left. \begin{array}{l} 3\text{RO} \\ \text{R}_2\text{O}_3 \end{array} \right\}$		420	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Na}_2\text{O} \\ \text{Al}_2\text{O}_3 \end{array} \right.$	102	.243
Dolomita	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	184			92	$\left\{ \begin{array}{l} \text{CaO} \\ \text{MgO} \end{array} \right.$	56	.304
Feldespató (potásico)	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	556	$\left. \begin{array}{l} \text{RO} \\ \text{R}_2\text{O}_3 \end{array} \right\}$		556	$\left\{ \begin{array}{l} \text{K}_2\text{O} \\ \text{Al}_2\text{O}_3 \end{array} \right.$	90	.169
						102	.183	

Nombre del Material	Fórmula	Peso Molecular	Peso Equivalente	Oxidos de la Fusión	Peso Molecular de Oxidos	Factor de Conversión	
Feldespato (sódico)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	524	524	6RO ₂	SiO ₂	60	.648
				RO	Na ₂ O	62	.119
				R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	102	.195
				6RO ₂	SiO ₂	60	.686
Feldespato (cálcico)	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	278	278	RO	CaO	56	.205
				R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	102	.365
				2RO ₂	SiO ₂	60	.431
Cloruro Férrico	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	270.5		Fe ₂ O ₃	160	.296	
Hidróxido Férrico	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	107		Fe ₂ O ₃	160	.747	
Oxido Férrico	Fe_2O_3	160		Fe ₂ O ₃	160	1.0	
Sulfato Férrico	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	400		Fe ₂ O ₃	160	.40	
Carbonato Ferroso	FeCO_3	116		Fe ₂ O ₃	160	.69	
Oxido Ferroso	FeO	72		Fe ₂ O ₃	160	1.13	
Sulfato Ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	278		Fe ₂ O ₃	160	.288	
Oxido Ferroso-Férrico	Fe_3O_4	232	155	R ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	160	1.035
				RO			

Nombre del Material	Fórmula	Peso Mole- cular	Peso Equivalente	Oxidos en la Fusión	Peso Molecular de Oxidos	Factor de Con- versión	
Oxido de Silicio	SiO ₂	60		SiO ₂	60	1.0	
Fluoruro de Calcio	CaF ₂	78		CaO	56	.718	
Cloruro Aurico	AuCl ₃	303.5					
Sulfato de Calcio (bihidratado)	CaSO ₄ .2H ₂ O	172		CaO	56	.326	
Sulfato de Bario (ligero)	BaSO ₄	233		BaO	153	.655	
Caolín	Al ₂ O ₃ .2SiO ₂ .2H ₂ O	258	$\left\{ \begin{array}{l} R_2O_3 \\ 2SiO_2 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} Al_2O_3 \\ SiO_2 \end{array} \right\}$	102	.396	
		258			60	.47	
Carbonato de Plomo	PbCO ₃	267		PbO	223	.835	
Carbonato de Plomo (básico)	2PbCO ₃ .Pb(OH) ₂	775	RO	258	PbO	223	.863
Cloruro de Plomo	PbCl ₂	278		PbO	223	.800	
Cromato de Plomo	PbCrO ₄	323	$\left\{ \begin{array}{l} 2RO \\ R_2O_3 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} PbO \\ Cr_2O_3 \end{array} \right\}$	223	.69	
		646			152	.235	
Oxido de Plomo	PbO	223		PbO	223	1.0	
Oxido de Plomo (rojo)	Pb ₃ O ₄	685	RO	228	PbO	223	.975
Calcio	CaO	56		CaO	56	1.0	

Nombre del Material	Fórmula	Peso Mole- cular	Peso Equivalente	Oxidos en la Fusión	Peso Molecular de Oxidos	Factor de Con- versión
Carbonato de Litio	Li_2CO_3	74		Li_2O	30	.405
Oxido de Litio	Li_2O	30		Li_2O	30	1.0
Carbonato de Magnesio	MgCO_3	84		MgO	40	.476
Cloruro de Magnesio	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	203		MgO	40	.197
Hidróxido de Magnesio	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	58		MgO	40	.69
Oxido de Magnesio	MgO	40		MgO	40	1.0
Sulfato de Magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246		MgO	40	.162
Carbonato de Manganeso	MnCO_3	115	RO	MnO	71	.61
Oxido de Manganeso (ver- doso)	MnO	71		MnO	71	1.0
Dióxido de Manganeso (negro)	MnO_2	87		MnO	71	.817
Oxido de Manganeso (café- negro)	Mn_2O_3	158	RO=79	MnO	71	.90
Oxido de Manganeso (rojo)	Mn_3O_4	229	RO=76 1/3	MnO	71	.955
Minium	Pb_3O_4	685	RO=228	PbO	233	.975
Carbonato de Níquel	NiCO_3	119	RO 119	NiO	75	.630

Nombre del Material	Fórmula	Peso Mole- cular	Peso Equivalente	Oxidos en la Fusión	Peso Molecular de Oxidos	Factor de Con- versión	
Oxido de Níquel (verde)	NiO	75		NiO	75	1.0	
Oxido de Níquel (negro)	Ni ₂ O ₃	166	RO=83	NiO	75	.903	
Blanco de París	CaCO ₃	100		CaO	56	.56	
Ceniza de Perla	K ₂ CO ₃	138		K ₂ O	94	.68	
Sulfato de Cal	CaSO ₄ .1/2H ₂ O	145		CaO	56	.387	
Fluoruro de Potasio Sílico	K ₂ SiF ₆	220	RO	220	K ₂ O	94	.472
			RO ₂	220	SiO ₂	60	.273
Pirolusita	MnO ₂	87		MnO	71	.817	
Dicromato de Potasio	K ₂ Cr ₂ O ₇	294	R ₂ O ₃ , RO	K ₂ O	94	.32	
				Cr ₂ O ₃	152	.517	
Carbonato de Potasio	K ₂ CO ₃	138		K ₂ O	94	.68	
Cromato de Potasio	K ₂ CrO ₄	246	RO 1/2, R ₂ O ₃	K ₂ O	94	.382	
				Cr ₂ O ₃	152	.308	
Nitrato de Potasio	KNO ₃	101	RO	202	K ₂ O	94	.465
Oxido de Potasio	K ₂ O	94		K ₂ O	94	1.0	
Selenio	Se	79					

Nombre del Material	Fórmula	Peso Mole- cular	Peso Equivalente		Oxidos en la Fusión	Peso Molecular de Oxidos	Factor de Con- versión		
Antimonato de Sodio	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Sb}_2\text{O}_5$	386	}	R_2O	}	Na_2O	62	.160	
				R_2O_3		386	Sb_2O_3	292	.757
Biborato de Sodio	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	382	}	$\text{RO} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$	}	Na_2O	62	.162	
						B_2O_3	70	.366	
Bicarbonato de Sodio	NaHCO_3	84		$\text{RO} = 168$		Na_2O	62	.37	
Carbonato de Sodio (cristal)	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	286				Na_2O	62	.217 $\frac{1}{4}$	
Carbonato de Sodio (fundido)	Na_2CO_3	106				Na_2O	62	.585	
Cloruro de Sodio	NaCl	58	RO	116		Na_2O	62	.535	
Nitrato de Sodio	NaNO_3	85				Na_2O	62	.272	
Oxido de Sodio	Na_2O	62				Na_2O	62	1.0	
Fosfato de Sodio	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	322	}	RO	}	Na_2O	62	.193	
				P_2O_5		44	P_2O_5	142	.220
Sodio Selenita	Na_2SeO_3	173	}	R_2O	}	Na_2O	62	.359	
				R		173	Se	79	.457
				RO		188	Na_2O	62	

Nombre del Material	Fórmula	Peso Mole- cular	Peso Equivalente		Oxidos en la Fusión	Peso Molecular de Oxidos	Factor de Con- versión
Fluoruro de Sodio Sílico	Na_2SiF_6	188	}	RO_2 188	SiO_2	60	.32
Sulfato de Sodio	Na_2SO_4	142		RO 142	Na_2O	62	.436
				RO 745	Na_2O	62	.083
Uranato de Sodio (uranio amarillo)	$\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	745	}	R_3O_8 1117	U_3O_8	842	.755
Carbonato de Estroncio	SrCO_3	148				SrO	104
Oxido de Estroncio	SrO	104			SrO	104	1.0
Sílice	SiO_2	60			SiO_2	60	1.0
Oxido de Estaño	SnO	135	}	RO_2 135	SnO_2	151	1.12
Oxido de Estaño (estánico)	SnO_2	151				SnO_2	151
Oxido de Titanio	TiO_2	80			TiO_2	80	1.0
Oxido de Uranio	U_2O_3	525	}		U_3O_8	842	1.07
					R_2O 271	Na_2O	62
Carbonato de Uranio Sódico	$\text{UO}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{CO}_3$	542		R_3O_8 1626	U_3O_8	842	.517
Carbonato de Zinc	ZnCO_3	125			ZnO	81	.647
Oxido de Zinc	ZnO	81			ZnO	81	1.0
Oxido de Zirconio	ZrO_2	123			ZrO_2	123	1.0

A-4 Procesos de Manufactura:

Señalaremos las razones para producir Esmaltes Fritados:

a) Los álcalis son solubles, excepto si se introducen como Feldespato; sin embargo, el contenido de Al_2O_3 impone un límite práctico de la cantidad que podemos usar. La solución es fritar, de forma que los álcalis y el ácido bórico puedan presentarse como silicatos insolubles o borosilicatos de bajo punto de fusión.

b) Los materiales que reaccionan lentamente a bajas temperaturas, poseen una acción fundente mayor después del fritado.

c) Los colores "bajo barniz" son más vivos y aún diferentes en un esmalte fritado, debido a que son menos activos químicamente.

d) La fritada aumenta el rango de quemado del esmalte y abate el punto de fusión.

e) Al disminuir el punto de fusión de un esmalte, permite el uso de más SiO_2 y Al_2O_3 proporcionando una mejor resistencia al rayado y evitando el agrietamiento del esmalte.

f) Simplifica el almacenamiento de materia prima.

- g) Elimina variaciones de un lote a otro.
- h) Simplifica las pesadas de los materiales.
- i) Reduce el peligro de toxicidad del plomo, ya que el proceso de fritado hace insoluble al plomo.
- j) Permite más fácilmente la adición de compuestos solubles al esmalte.

Mezclado:

Una buena mezcla de los materiales ocupa un lugar muy importante dentro del proceso de fabricación, ya que de esto dependerá una velocidad de reacción óptima durante la fusión, que es directamente proporcional a la superficie de contacto entre las partículas.

Un buen mezclado también ayuda a una mejor uniformidad del color e incrementa la opacidad. Generalmente, las Fritas son viscosas, por lo cual la distribución de los materiales durante la fundición es lenta y algunas veces incompleta; es por esto que un buen mezclado puede reducir el tiempo de fusión.

Para el mezclado se utilizan generalmente cilindros similares a los que se utilizan para mezclar concreto.

Fusión:

Es un proceso térmico en el cual un sólido pasa a la fase líquida, denominándose temperatura de fusión, la temperatura a la cual las dos fases se encuentran en equilibrio. En nuestro caso, el sólido es un material cristalino con un arreglo ordenado de átomos o iones perfectamente geométricos que contrasta con la fase líquida donde no existe un orden ni un arreglo definido.

Cuando la mezcla se encuentra cerca de su temperatura de fusión, ocurren los siguientes fenómenos:

- a) Descomposición química y combinación de los reactivos.
- b) Difusión físico-química de los mismos.
- c) Solubilización total de la mezcla.

Los cambios físico-químicos que toman lugar en la fusión son complejos y son fundamentalmente la interacción de Ácidos y Bases; por ejemplo el Nitrato de Sodio funde 590°F formando un líquido semi-fluido que disuelve y reacciona con otros componentes; el Bórax cede su agua de cristalización en forma de vapor, dando origen a una agitación importante que va a incrementar la velocidad de reacción de otros materiales. Los Carbonatos Alcalinos y

otros álcalis se descomponen en CO_2 y otros Oxidos Básicos fuertes. Seguidamente funden el PbO y el Na_2O , ocurriendo en este momento la descomposición del CaCO_3 en CO_2 y H_2O cuando la temperatura de la mezcla oscila entre 750° y 930°F .

Los gases en esas temperaturas son vapor de agua, CO_2 , oxígeno y probablemente vapores nitrosos derivados del NaNO_3 original que ya ha reaccionado. El Na_2O fundido es sumamente activo que ataca a los compuestos Acidos ayudando a eliminar CO_2 . Si existe CaF_2 en la mezcla intervienen en este momento en la fusión, haciéndola todavía más fundente solubilizando a la SiO_2 . Los opacificantes presentes como SnO_2 o ZnO_2 son también disueltos en ese momento; la opacidad de un esmalte es sensible al proceso de fusión de la Frita tanto como a su composición; es decir, el Oxido de Zirconio puede permanecer sin disolverse y dar origen a una fusión defectuosa, o bien se solubiliza y recristaliza en forma de Silicato de Zirconio al madurar el esmalte.

El equipo de fabricación empleado en la fusión para la elaboración de fritas puede ser de varios tipos:

Hornos Tipo Crisol:

Se emplean para cargas pequeñas, principalmente para pruebas de Laboratorio y cargas de producción piloto. Son re-

recipientes de material refractario con capacidad de 5 kgs. hasta 100 kgs. El calor les es suministrado a base de combustibles como gas, petróleo o incluso electricidad. Los costos de operación de este tipo de hornos son elevados, ya que la cantidad de calor necesario servirá primeramente para calentar el crisol, y después para fundir la mezcla; además un crisol sirve únicamente para una fundición de Frita, ya que el choque térmico experimentado por el mismo no permite repetir la operación sin que se ocasionen fracturas que destruyan el crisol, haciéndolo inservible. Como ya mencionamos anteriormente, es indispensable un buen mezclador que permita una fusión homogénea. Periódicamente durante la fusión de la mezcla, se comprueba el grado de miscibilidad de los componentes introduciendo en el crisol un agitador mecánico que al ser levantado, permite observar si la fusión ha sido completa. Cuando esto sucede, se vacía la Frita fundida. La solidificación de la Frita, puede realizarse dejando que se enfríe a la temperatura ambiente, o bien descargándola en agua; en el primer caso obtendríamos una masa sólida, y en el segundo, se logra la cristalización de la Frita en partículas granulares que facilitan su molienda para incorporarse en el esmalte.

Hornos Tipo Caja:

Son de fácil construcción, alta eficiencia y vida prolongada. Pueden aislarse térmicamente con facilidad y reparar

se económicamente. El diseño de este tipo de hornos es variable y dependerá de las condiciones de cada planta. Fundamentalmente consta de una caja refractaria con una boca en la parte superior por donde se efectúa la alimentación, y otro orificio en la parte inferior de una de las paredes para descarga. Este permanecerá sellado con material refractario mientras se efectúa la fundición. Su medio de calentamiento es un quemador Venturi de gas, colocado lateralmente a un nivel superior al que ocupa la mezcla. La campana de extracción está situada simétricamente al quemador; el piso de este tipo de hornos es inclinado con el objeto de facilitar la descarga por gravedad.

La operación es la siguiente:

El horno se precalienta a una temperatura cercana a la temperatura mínima de fusión de la Frita; el quemador se apaga al momento de hacer la alimentación con objeto de evitar que se vuele la mezcla en polvo; al terminar esta operación, se enciende nuevamente el quemador y se inicia el proceso de fritado, los avances de la fusión y el final de la misma, se determinan de la misma manera que en el caso de Hornos de Crisol. La descarga se efectúa en recipientes subterráneos sumergidos en agua, que se transportan posteriormente a un secador rotatorio, de donde se envasa directamente en sacos.

Hornos Rotatorios y de Tipo Continuo:

Estos hornos son los más comúnmente utilizados en la Industria Moderna, ya que su eficiencia térmica permite lograr una mejor homogeneización de la fundición, reduciendo esto naturalmente los tiempos de operación. Los hornos rotatorios son diseñados en forma de cilindro colocado horizontalmente, con sus extremos en forma de cono truncado y apoyados en un sistema mecánico de rotación; la alimentación es efectuada por una boca situada en el centro del cilindro; esta boca es sellada con material refractario y por ella misma se descarga la frita a una canastilla sumergida en agua fría, tal como se realiza en los Hornos de Caja.

El diseño más común para Hornos Continuos es en forma de paralelepípedo con el piso inclinado; la alimentación es efectuada por parte superior continuamente, y su sistema de fundición consiste prácticamente de una caja térmica u horno radiante que permite una fusión casi instantánea de la mezcla al ponerse en contacto con el piso del horno, formándose entonces una película de frita fundida que va deslizándose por gravedad hasta la salida del horno. La descarga se realiza a través de dos rodillos colocados paralelamente, y que giran concéntricamente uno con respecto al otro. Dichos rodillos están provistos

de un sistema interno de enfriamiento con agua circulante. Al pasar la frita a través de ellos, se forma una película sólida que es enfriada posteriormente por medio de ventiladores. Esta película llega hasta una banda transportadora vibratoria que coayuda a su desintegración en forma de pequeñas escamas. La frita así obtenida, es finalmente envasada.

El control de temperaturas de operación, se lleva a efecto por medio de termopares, y en algunos casos con pirómetros visuales, sobre todo en Hornos de Caja y Rotatorios.

B. PREPARACION DE ESMALTES VITREOS:

B-1 Diferentes Usos:

Un esmalte vítreo se define como un recubrimiento inorgánico compuesto básicamente de un borosilicato metálico que se funde térmicamente sobre un cuerpo cerámico, un vidrio o una superficie metálica, según se trate de la aplicación específica de seada. El proceso de fusión del esmalte vítreo sobre la parte pintada, será similar en los tres casos mencionados. A continuación se describen los diferentes métodos de preparación y aplicación de estos esmaltes.

a) Esmaltes Cerámicos:

Se dividen primeramente según su uso en esmaltes para:

Utensilios decorativos, Cerámica de piso, Azulejos, Loza, Porcelana Sanitaria, Porcelana Eléctrica. Además pueden clasificarse en incoloros, transparentes, translúcidos, opacificados y de color. Existen también acabados sumamente vistosos que actualmente se han desarrollado en forma notable, sobre todo en los países que marchan a la vanguardia en lo que se refiere a decoración de cerámica de pisos y paredes, tales como Italia, Holanda, Inglaterra y Estados Unidos principalmente.

Dentro del proceso de preparación de cualquier esmalte vítreo, tiene especial importancia la operación denominada "Molienda" que permite el mezclado homogéneo de los constituyentes del esmalte. El método de preparación de un esmalte es, mezclando todos los componentes del esmalte con agua y formando una suspensión tal que pueda ser aplicada sobre la pieza que se va a recubrir. Esta suspensión debe tener una consistencia adecuada de manera que no haya asentamiento o separación de las fases dentro de un tiempo razonable; la suspensión no debe contener sales solubles que puedan provocar defectos en la superficie; su consistencia debe ser adecuada al método de aplicación así como al tipo de pieza sobre la que va a ser aplicado y finalmente debe estar libre de partículas extrañas.

El agua que se va a utilizar en la preparación de esmaltes vítreos debe reunir preferentemente las características

de un agua blanda, ya que las sales disueltas y en suspensión que se encuentran en un agua dura pueden ser la causa directa de varios defectos que aparecen después de que el esmalte fue horneado. La experiencia obtenida de los fabricantes tanto de esmaltes como de productos donde éstos son aplicados, indica que los mejores resultados se obtienen utilizando agua deionizada, que para fines prácticos dá los resultados que se obtendrían si se empleara agua destilada.

Un esmalte en suspensión debe cumplir ciertos requerimientos de "Distribución de Tamaño de Partícula", concepto que se maneja ordinariamente como "Finura". Un control adecuado de esta propiedad, repercute directamente en la calidad del acabado final, así como en los costos y tiempos de producción.

Equipo de Molienda:

La mayoría de las materias primas que van a formar parte de un esmalte vítreo no se suministran generalmente con la finura requerida para su incorporación al esmalte. Es por esto que se hace necesario contar con un equipo de molienda adecuado, para reducir el tamaño de partícula de los materiales hasta las condiciones fijadas para su aplicación.

Molino de Bolas:

En términos de Ingeniería Química, un molino de este tipo utiliza bolas de acero; pero en Cerámica, las bolas son de un material aluminosilícico de alta densidad, o bien, piedras naturales de cuarzo.

Son de forma cilíndrica y en su operación con tienen bolas de varios diámetros, girando sobre su eje axial, es tán construídos de acero, recubiertos interiormente con bloques de cuarzo (Porcelana) y en ocasiones, con hule.

En la siguiente tabla se reportan datos de ca pacidades y dimensiones de molinos de bolas.

CAPACIDADES Y DIMENSIONES DE LOS MOLINOS DE BOLAS

Tamaño de Molino	Capacidad Total		Molienda en Mojado				Molienda en Seco			
	Galones U. S.	Pies Cúbicos	Carga de Bolas en Libras	Tamaño de Carga en Galones U. S.	H. P. Poder Aproximado del Motor	Velocidad del Molino R. P. M	Carga de Bolas en Libras	Capacidad de Operación basada en Libras, de arena seca (a 100 libras por Pie Cúbico)	H. P. Poder Aproximado del Motor	
15" x 21"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21" x 28"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24" x 36"	38	5	253	23	1 1/2	36	253	127	3	
2' 6" x 3' 6"	78	10	524	47	3	30	524	262	5	
3' 0" x 4' 0"	140	19	939	84	5	26	939	469	7 1/2	
3' 6" x 4' 0"	200	27	1335	120	5	25	1335	667	7 1/2	
4' 0" x 5' 0"	346	46	2310	207	7 1/2	23	2310	1155	10	
4' 6" x 3' 6"	302	40	2018	181	7 1/2	22	2018	1009	10	
4' 6" x 4' 6"	400	53	2673	240	7 1/2	22	2673	1336	15	
5' 0" x 4' 0"	442	59	2954	265	10	21	2954	1477	15	
5' 0" x 6' 0"	689	92	4603	413	15	21	4603	2302	25	
6' 0" x 5' 0"	839	112	5610	504	15	19	5610	2805	25	

<u>Tamaño del Molino</u>	<u>Capacidad Total</u>		<u>Molienda en Mojado</u>				<u>Molienda en Seco</u>				
	<u>Galones U. S.</u>	<u>Pies Cúbicos.</u>	<u>Carga de Bolsas en Libras</u>	<u>Tamaño de Carga en Galones U. S.</u>	<u>H. P. Poder Aproximado del Motor</u>	<u>Velocidad del Molino R.P. M</u>	<u>Carga de Bolsas en Libras</u>	<u>Capacidad de Operación basada en Libras, de arena seca (a 100 libras por Pie Cúbico)</u>	<u>H. P. Poder Aproximado del Motor</u>		
6' 0" x 8' 0"	1383	185	9248	830	20	19	9248	4624	40		
6' 0" x 10' 0"	1748	234	11687	1049	25	19	11687	5843	50		
8' 0" x 8' 0"	2576	344	17218	1545	40	17	17218	8609	75		
8' 0" x 10' 0"	3246	434	21701	1948	50	17	21701	10851	100		
8' 0" x 12' 0"	3913	523	26155	2348	60	17	26155	13078	125		
9' 6" x 8' 0"	3648	493	24623	2210	60	15	24623	12311	125		
9' 6" x 10' 0"	4645	621	31050	2787	90	15	31050	15525	150		
9' 6" x 12' 0"	5601	749	37443	3361	100	15	37443	18722	200		

100

Los "Ladrillos de Porcelana" que recubren estos molinos, son sumamente resistentes a la abrasión y al impacto, exactos en sus dimensiones y tienen la curvatura requerida para cualquier molino. Su exactitud dimensional permite poder reemplazarlos fácilmente.

La molienda se efectúa debido a la acción abrasiva de la carga de bolas que se deslizan y caen constantemente al girar el molino. Existen varios tipos y tamaños de bolas con particulares ventajas cada una de ellas: De cuarzo, acero, porcelana, porcelana especial y de alúmina de alta densidad.

Cuarzo: Son de gran dureza y durabilidad, importadas de Europa de las costas francesas y danesas. Su diámetro es de $1\frac{1}{2}$ " a 2", y de 2" a $3\frac{1}{4}$ ", de color crema o en ocasiones negras, con una gravedad específica de 2.6. Su forma irregular no permite una molienda muy eficiente.

Acero: Pocas veces se utilizan para molienda de esmaltes; su uso se reduce a casos muy específicos, ya que su alta densidad puede minimizar hasta en un 30% el tiempo de molienda que se tendría utilizando bolas de porcelana

Porcelana de Media Densidad: Su composición es semejante a la de la porcelana eléctrica con una grave-

dad específica de 2.4; son de tamaño uniforme, blancas y de fácil limpieza.

Porcelana de Alta Densidad: Son de porcelana con alto contenido de alúmina; su gravedad específica oscila entre 3 y 3.6. Cuando se emplea este tipo de bolas, la gravedad específica de la carga puede ser mayor que cuando se usan bolas de media densidad. Siempre se obtienen mejores resultados de finura con las bolas de alta densidad en menor tiempo. La mayor eficiencia en la molienda se obtiene poniendo una carga de esmalte en el molino, tal que sobrepase el nivel de bolas en una o dos pulgadas.

Las ventajas generales conseguidas con bolas de alta densidad, comparadas con bolas de media densidad son las siguientes:

1. El tiempo de molienda se reduce en un 45% en promedio, siempre y cuando no se aumente la carga. Por ejemplo, cuando la carga se aumenta en un 46%, el tiempo se reduce solamente un 38%.
2. Los costos se reducen.
3. Se obtienen esmaltes más limpios.
4. La molienda es más uniforme.
5. Su desgaste es más uniforme.

6. Se reemplazan con menos frecuencia, para mantener constante la carga de bolas.

No obstante, también presentan algunas desventajas:

1. Desgastan más el recubrimiento del molino.
2. Provocan mayor asentamiento del esmalte.
3. Aumentan la temperatura de la suspensión del esmalte.

Teoría de la Molienda:

La operación de los molinos de bolas ha sido estudiada y analizada cuidadosamente, estableciéndose principios bien definidos. Tomando como ejemplo un molino experimental con una de sus bases de vidrio para poder observar la distribución de las bolas durante la molienda y se gira lentamente, las bolas solamente resbalarán en la pared más que moler la carga. (FIG. 1).

Si el molino se gira a muy alta velocidad, la fuerza centrífuga distribuirá toda la carga de bolas uniformemente en la superficie interna del molino (FIG. B), de manera que el número de impactos entre bolas no es suficiente para

efectuar la operación correctamente.

Con una velocidad media, la fuerza centrífuga disminuye, siendo incapaz de mantener una capa en toda la superficie del molino, así les llegan a la máxima altura y caen en forma de cascada causando el desgaste, e incluso, fracturas en el recubrimiento del molino y de las bolas (FIG. C).

Lo anterior nos indica que el molino debe girar a una velocidad que mantenga a las bolas en movimiento constante sobre toda su superficie. La mayor eficiencia de cualquier molino, dependerá de sus dimensiones, del tamaño y número de bolas, del peso y volumen de la carga, del tamaño de la partícula de la mezcla, de la cantidad de agua usada, de la viscosidad de la mezcla y del tiempo y temperatura de la molienda.

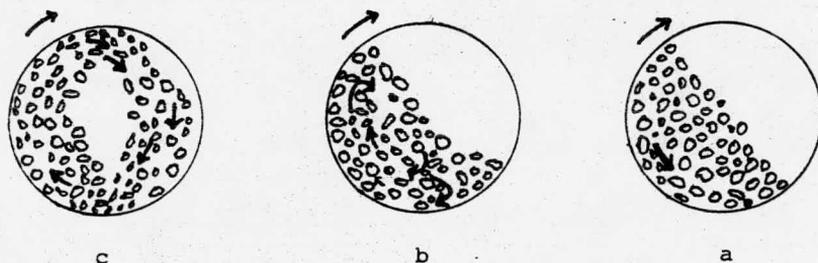


FIGURA 1.

La viscosidad de la mezcla en suspensión influye directamente sobre la eficiencia de operación de molienda,

ya que un alto porcentaje de agua provoca la separación de las partículas más pesadas; por el contrario, un bajo porcentaje dá origen a una pasta pegajosa que recubre las bolas retardando el tiempo de molienda.

Si el tiempo de molienda es muy prolongado o la cantidad de agua es excesiva, el esmalte al ser vaciado forma "hilillos" que provocarán escurrimiento al ser aplicados.

Cuando existen materiales de alta dureza en la formulación de un esmalte, éstos son molidos inicialmente y los más suaves son agregados al final para homogeneizar la mezcla. Siguiendo este método el tiempo total de molienda requerido se ha demostrado en la práctica que es menor, que si se cargaran desde el principio todos los ingredientes de la mezcla.

La velocidad de rotación más adecuada en un molino de bolas se calcula matemáticamente por medio de la fórmula:

$$\text{Velocidad de Rotación (r.p.m.)} = \frac{54.9}{R}$$

donde R = Radio del Molino expresado en pies.

Ordinariamente no es recomendable usar bolas de más de dos pulgadas de diámetro para obtener una molien

da eficiente, a menos que esté presente alguna frita o algún otro material demasiado duro.

La experiencia también nos enseña que la carga de bolas en el molino debe ocupar de 55 a 62% del volumen del mismo, reponiéndose las bolas de diámetro mayor a una relación de 5 - 10 lbs. por cada carga de 1000 lbs. de frita. Se emplean bolas de cuarzo en las mezclas más duras, y bolas de porcelana en las más suaves. De igual manera se ha determinado que el volumen óptimo que debe ocupar la mezcla en el molino es de 45%; de esta proporción, la frita debe ocupar preferentemente un 21%. Cuando la carga es pequeña, la molienda se efectúa más rápidamente y las bolas así como el recubrimiento se desgastan mucho más que cuando la carga es adecuada. Es por esto que resulta más fácil controlar la finura de una molienda en la cual la carga de frita en la mezcla es alta.

El porcentaje de agua requerido en la molienda de cualquier formulación, está en relación directa con el tiempo de molienda; sin embargo, esa cantidad de agua dentro de ciertos límites, no influye en el tamaño de partícula obtenido.

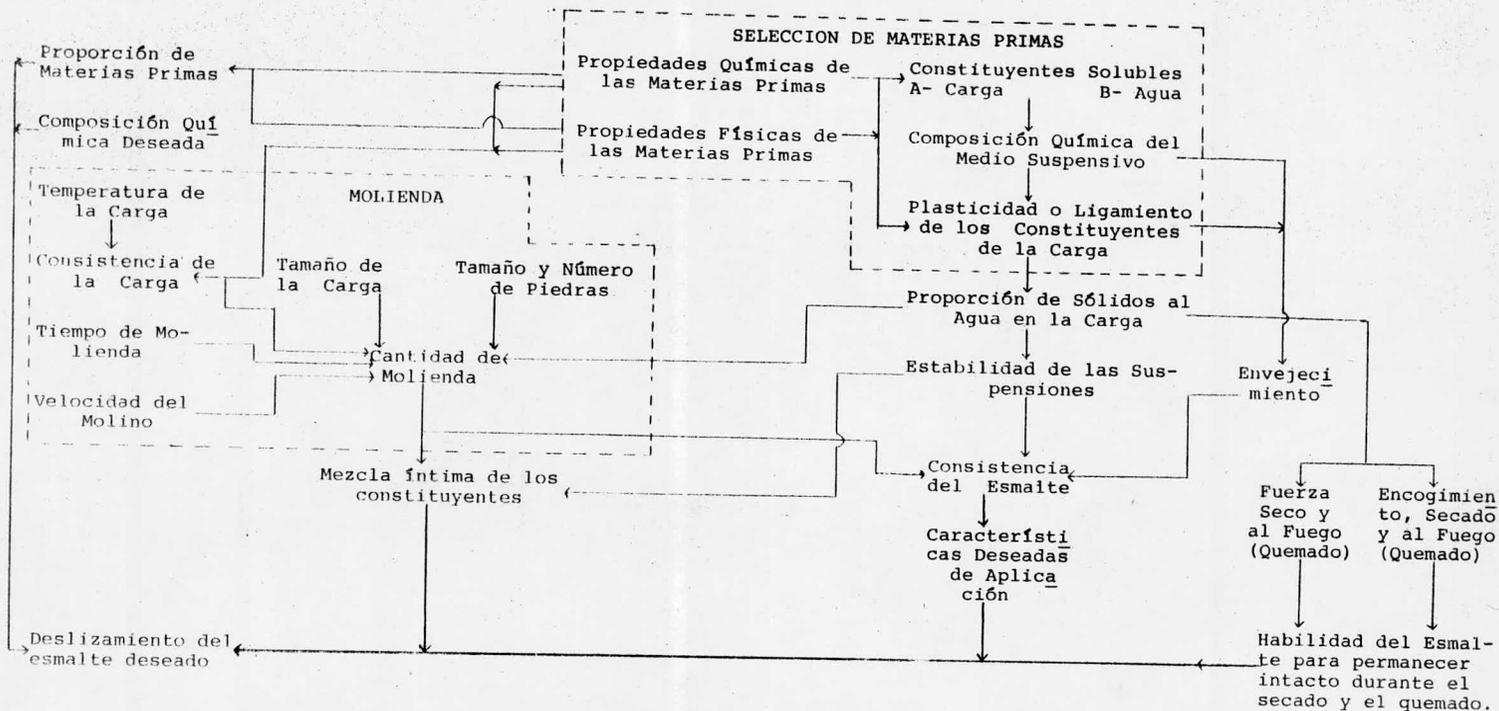
No es conveniente permitir un aumento excesivo de la temperatura en el molino, ya que puede provocarse que la presión ejercida por el vapor de agua generado sobre la

tapa, pueda llegar a botarla. Ordinariamente, se procura una cortina de agua fría resbalando por las paredes exteriores del molino en movimiento, para evitar el calentamiento de la mezcla.

Consistencia del Esmalte en Solución:

Este parámetro es el resultado de la medición de varias propiedades físicas que definen las características óptimas de aplicación de un esmalte vítreo por los métodos de inmersión, aspersion, brochado o sistemas especiales. Estas propiedades se definen en el cuadro de la página siguiente.

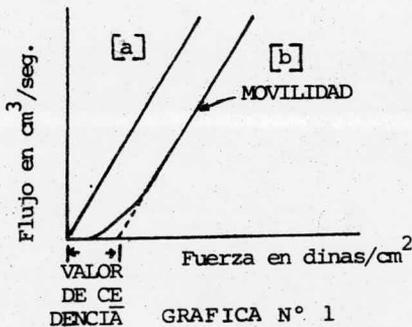
CONTROL DE CONSISTENCIA DEL ESMALTE



La consistencia de la solución difiere con el término viscosidad, ya que este concepto se aplica a fluidos reales, en cambio "consistencia" incluye también la idea de plasticidad del esmalte.

La curva típica de viscosidad de un fluido real graficando el flujo (cm^3/seg) contra fuerza de resistencia al flujo (Dinas/Cm^2), es una recta que parte desde el origen. En cambio la curva correspondiente a un fluido plástico nos indica que es necesaria una cantidad inicial de energía antes de empezar a fluir.

VALOR DE CEDENCIA Y MOVILIDAD DEL ESMALTE



Las suspensiones "Delgadas" de sólidos en líquidos pueden llegar a presentar características de flujo similares a éstos, y al aumentar la concentración es necesaria una fuerza mayor para que comience a desplazarse.

En la gráfica anterior la distancia entre el origen y la intersección de la prolongación de la curva en un

fluido plástico hacia el eje horizontal, se denomina "Valor de Cedencia", y la pendiente de esta curva es el "Índice de Movilidad". La movilidad se compara con la fluidez, y determina la manera y la medida en que un esmalte en solución recién aplicado forma una capa uniforme y de espesor determinado sobre la pieza que se decora.

El valor de cedencia indica la habilidad del esmalte para mantener un espesor adecuado, así como una distribución uniforme que no será alterada por la gravedad y la inercia provocada por golpes ligeros.

Existen diferentes métodos para medir la consistencia de un esmalte, que van desde una apreciación sensible al tacto observando la forma en que fluye, hasta instrumentos de medición como hidrómetros. El más comúnmente usado es el Hidrómetro Baumé.

No obstante que la densidad de un esmalte en solución va acompañada del esfuerzo cortante producido por el valor de cedencia, puede presentarse el caso de dos esmaltes de igual densidad efectiva, pero de diferente valor de cedencia, nos reportan diferentes valores de densidad medida con un hidrómetro de este tipo; es decir, a mayor valor de cedencia, mayor será la lectura de densidad observada.



De manera que para poder utilizar este instrumento de medición, es necesario que:

1) Los hidrómetros se seleccionen contra uno de referencia tomado como patrón.

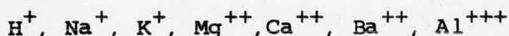
2) Estandares que deben realizarse en soluciones previamente ajustadas a un valor de densidad real por un método independiente como lo es el uso de un Picnómetro.

El grado de floculación de los coloides en la suspensión se controla por la cantidad y tipo de electrolitos presentes o añadidos. En general, la floculación se incrementa por la presencia de la arcilla agregada, y los electrolitos aumentan el valor de cedencia. La movilidad también se aumenta con el contenido de agua (Gráfica N° 1-b), y por el uso de electrolitos convenientes; por ejemplo, aquéllos que causan defloculación, por medio de calentamiento, envejecimiento y una molienda muy fina.

Un esmalte que tenga un bajo valor de cedencia solamente puede aplicarse si la suspensión tiene una alta gravedad específica. El bórax y el Oxido de Calcio favorecen la movilidad y el valor de cedencia, lo cual promueve el flujo necesario al esmalte depositado en exceso, para el cual la cedencia le proporciona muy buena adherencia. No obstante

si estos materiales se agregan en muy altos porcentajes, el esmalte se convierte en una pasta incapaz de ser aplicada.

La floculación y la defloculación de un esmalte en suspensión son procesos determinados por la absorción de iones en la superficie de partículas de agua sumamente pequeños. Una arcilla puede considerarse como un Coloide Superficial Activo con cargas eléctricas negativas localizadas precisamente en la superficie. Estas cargas negativas atraen eléctricamente a los cationes que se encuentran en la solución acuosa. Estos cationes son:



Simplificando, podemos decir que cuando las cargas se neutralizan, existe un punto isoeléctrico ocurriendo al mismo tiempo la máxima floculación o coagulación, cuando los iones absorbidos retienen una carga eléctrica alta se presenta la floculación; es decir, cuando el grado de absorción es tan alto que tiende a neutralizar la carga en el ion absorbido presentándose la floculación en ese momento.

Los iones absorbidos son envueltos por moléculas de agua orientándose los oxígenos del agua hacia los cationes, y los hidrógenos en las moléculas solvatadas de agua forman espacios para las siguientes moléculas de agua que serán

atraídas. Este proceso se conoce como Solvatación.

En general, los iones monovalentes como el Na^+ , K^+ y NH_4^+ , son defloculantes y los iones fuertes como el H^+ , Mg^{++} , Ca^{++} y Al^{+++} son floculantes.

DEFLOCULANTES: La presencia de electrolitos en un esmalte varía de acuerdo a: Los reactivos utilizados, las arcillas presentes en la suspensión, la finura así como el envejecimiento. Los defloculantes más usados para soluciones acuosas son la Goma Arábiga, Silicato de Sodio, la Soda Ash, el Carbonato de Potasio, Hidróxido de Sodio y de Potasio, así como los Fosfatos de Sodio.

FLOCULANTES: Los agentes floculantes más comúnmente usados son el Acido Acético, el Oxido de Magnesio y el Oxido de Calcio.

AGENTES DE SUSPENSION: Preferentemente se emplean arcillas, altamente coloidales para mantener en suspensión el esmalte vítreo. Este tipo de arcillas son por ejemplo, la Bentonita y los Caolines. También existen otros Coloides orgánicos que pueden ser utilizados.

B-2 Tipos de Esmaltes, sus Aplicaciones y Ciclos de Horneo:

Como se mencionó al principio de esta sección, los esmaltes vítreos los podemos dividir de acuerdo a su uso en:

- a) Esmaltes para cerámica.
- b) Esmaltes para porcelanizado.
- c) Esmaltes para vidrio.

a) Esmaltes para Cerámica:

Estos esmaltes se utilizan en el decorado: De azulejo, loza, cerámica artística y artesanal, sanitarios y cerámica de piso.

La diferencia que existe en los esmaltes que se utilizan en este tipo de decoraciones es fundamentalmente su temperatura de maduración. Estos esmaltes los podemos dividir a su vez en: Sin color y coloreados, transparentes, blancos, mates y semi-mates.

Las técnicas de aplicación de estos esmaltes pueden ser: Por inmersión, aspersion o cortina.

Por inmersión se aplican generalmente las piezas de loza; el sistema de inmersión como su nombre lo indica, consiste en sumergir la pieza a esmaltar dentro del esmalte el tiempo necesario para lograr un espesor deseado; en ocasiones también se utiliza el método de aspersion para este tipo de piezas.

El método de aspersion se utiliza generalmente en la decoración de azulejos, y consiste en la atomización del esmalte sobre la superficie del cuerpo; el equipo que se requiere para lograr este tipo de aplicación consiste en una compresora, una cabina de aspersion a través de la cual pasa un transportador con el azulejo a esmaltar; en dicha cabina se encuentran colocadas en serie las pistolas de aspersion y en posiciones tales que permitan cubrir totalmente al azulejo; el esmalte se alimenta a las pistolas por sistema de bombeo. La presión de aplicación varía desde 30 lb/in^2 , hasta 50 lb/in^2 , dependiendo de varios factores tales como consistencia del esmalte, tipo y tamaño de las pistolas, ciclo de quemado a un fuego o dos, etc.

Los métodos para controlar espesores del esmalte aplicado consisten en variar la velocidad del transportador donde va colocada la pieza, añadir o eliminar el número de pistolas de aplicación o variar la presión de aire de atomización.

La aplicación por cortina es una versión moderna del antiguo sistema de bañar el azulejo. En el método de cortina, el azulejo se coloca en un transportador que se hace pasar por debajo de una cascada delgada de esmalte que proviene de un recipiente; el exceso de esmalte cae a una tolva debajo del transportador de donde se recircula al tanque de alimentación. Las variables que controlan el espesor de aplicación de este método

son: La velocidad del transportador, el espesor de la cascada del esmalte y, la consistencia del mismo.

Los defectos que se pueden presentar por una mala aplicación son los siguientes:

"Pin Hole" (Punto de Alfiler):

Este defecto se presenta cuando existen partículas de polvo sobre el cuerpo que va a ser aplicado.

Descascaramiento:

Cuando existe la presencia de grasa o cuando la aplicación es muy gruesa se presenta este defecto.

Cáscara de Naranja:

Puede producirse casi exclusivamente por mala aplicación; es decir, si la presión de atomización es baja, poca distancia entre la pistola y la aplicación y el cuerpo, si el movimiento realizado al aplicar no es suficientemente amplio, si la aplicación es muy gruesa, y si la densidad es muy baja.

Quemado del Esmalte:

El quemado de piezas cerámicas y esmaltes vítreos se efectúa en todos los casos (Cerámicas, Porcelanizados y Vidrio) en hornos de gas, petróleo o eléctricos, ya sea de tipo contí-

nuo o periódico.

Las piezas para ser quemadas en el caso de esmaltes cerámicos son colocadas en "Setters" refractarios; según la forma de las piezas será la de los setters.

Existen varias condiciones que deben ser controladas para evitar defectos en el quemado y son: Deben estar perfectamente definidas las zonas de quemado del horno, buscando la máxima uniformidad; la posición y distribución de las piezas a ser quemadas deben estar previamente establecidos para pruebas realizadas con anterioridad.

Algunos de los defectos que se presentan en el quemado son:

Cráteres y Burbujas:

Se presentan por un hervor incompleto del esmalte; se corrige aplicando una mayor cantidad de calor, ya sea con un mayor tiempo de quemado o aumentando la temperatura.

Recogimiento:

Se forman áreas descubiertas en la superficie; este defecto se puede evitar no permitiendo la presencia de vapor de agua en el horno.

Punto de Alfiler:

Si es producido por partículas orgánicas, se corrige volviendo a quemar el esmalte; producido también por sobrequemado, para corregirlo se debe reducir el ciclo de quemado; también puede deberse a una atmósfera contaminante de SO_2 .

Descascaramiento:

Este defecto se puede evitar corrigiendo el ciclo de quemado a menor temperatura:

b) Esmaltes para Porcelanizado:

Los esmaltes para porcelanizado se aplican como un acabado para piezas metálicas de acero, aluminio, hierro colado y cobre principalmente. Estos esmaltes se utilizan en la industria de aparatos de línea blanca, paneles arquitectónicos, utensilios domésticos de aluminio y joyería de fantasía.

Existen dos sistemas de fabricación para las piezas esmaltadas dependiendo de la temperatura de maduración del esmalte, que puede ser baja temperatura de maduración del esmalte, puede ser (760°C) y alta temperatura (810°C). Dentro de ambos sistemas se encuentran esmaltes transparentes, semiopacificados y opacificados, así como sus respectivas bases (fundentes)

que permiten su aplicación.

Preparación del Metal para el Esmaltado:

La preparación de las piezas metálicas para el esmaltado, varía con los diferentes tipos de piezas, pero el objeto es el mismo en todos los casos. Debe ser eliminado el lubricante depositado en las piezas durante el formado, así como deben ser eliminados también el Oxido y las Escamas, dejando una superficie adecuada para el esmaltado ligeramente rugosa para el fin de promover la adherencia.

Piezas de Acero:

El tratamiento seguido para estas piezas se denomina "Decapado" y consiste en la inmersión de piezas consecutivamente en tanques conteniendo:

- 1) Limpiador alcalino: La solución alcalina debe mantenerse a una concentración mínima de 45g. por litro, las piezas deben tener un tiempo de residencia de 15 minutos como mínimo, que permitirá al mismo tiempo la eliminación de grasas utilizadas en el troquelado.

- 2) Un enjuague con agua para eliminar la solución de limpiador; éste debe estar a una temperatura cercana a la de ebullición no inferior a 80°C.

3) Un tanque con solución ácida para eliminar la oxidación y la escama, y hacer rugosa la superficie. Generalmente se utiliza Acido Sulfúrico a 6 u 8% en peso; la temperatura se debe mantener de 60° a 65°C, y el contenido de hierro no debe exceder el 5%.

4) Enjuague de Acido: Este tanque debe ser llenado con agua a temperatura ambiente, manteniendo con adiciones de agua un pH de 3.2 a 3.6 y debe ser cambiado cada 8 horas de operación .

5) Tanque de Níquel: Este tanque debe mantenerse a una concentración de 5 g. por litro de Sulfato de Níquel, el pH de la solución debe mantenerse entre 3.2 y 3.6, la temperatura entre 55° y 65°C, dependiendo del depósito que se quiera dar ya que el depósito varía con la temperatura, su tiempo de residencia debe ser de 4 a 6 minutos.

6) Tanque de Enjuague de Níquel: En algunos casos es posible eliminar el enjuague de níquel, en cuyo caso, las piezas pasan directamente al tanque neutralizador; es preferible, sin embargo, usar el enjuague sin adición de calor y manteniendo el pH entre 3.2 y 3.6 se debe cambiar una vez cada 24 horas, se utiliza Acido Sulfúrico para mantener este pH.

7) Tanque Neutralizador: En este tanque se utiliza una solución de soda Ash y Bórax con una alcalinidad de

0.2 a 0.3% de Oxido de Sodio.

Después de que las piezas salen del tanque neutralizador, se trasladan a un secador rápidamente, evitando así que puedan oxidarse. Posteriormente, este horno de secado se encuentra a 95°C, y está provisto de ductos que inyectan aire caliente, que evapora el agua al mismo tiempo que elimina la humedad del ambiente. De esta manera, las piezas quedan listas para la aplicación del esmalte.

APLICACION DE UN ESMALTE PORCELANIZADO:

Los esmaltes vítreos para porcelanizado se aplican al igual que los de cerámica, por aspersion e inmersión. Dependiendo del sistema de aplicación se deben ajustar los esmaltes a una densidad adecuada; esta densidad es menor cuando se aplica por inmersión que cuando se sigue el método de aspersion.

La diferencia fundamental de aplicación entre un esmalte porcelanizado y uno de cerámica, estriba en la naturaleza del cuerpo. En porcelanizado se aplica primeramente, una base (fundente) por ambas caras de la lámina a un espesor de 3.5 milésimas de pulgada; se somete a un ciclo de horneado de 3.5 minutos, aplicando posteriormente, el esmalte de cubierta a un espesor de 3.5 - 5.0 milésimas de pulgada, siguiendo nuevamente un ciclo de horneado igual. La aplicación por aspersion, se realiza a una

presión en la línea de 60-75 lbs/pulg².

Los principales defectos que se pueden presentar por mala aplicación son:

Presencia de gotas en forma de "S", o bien, elipses; cuando la aplicación es demasiado cerca de la pieza, se obtienen superficies rugosas.

La situación inversa provoca la aparición de puntos de alfiler, principalmente en los fundentes.

Durante el ciclo de horneado, pueden originarse los siguientes defectos:

Burbujas: Provocadas generalmente por gasificaciones.

Degradación de Color: En los esmaltes de Cadmio-Selenio, cuando existe humedad en la atmósfera dentro de horno.

Astillamiento: Causado por un recubrimiento de alto espesor.

Cabezas de Cobre: Aparecen por un mal proceso de decapado de la lámina, presentándose como manchas café-rojizas, debidas a la oxidación del fierro.

Cuarteo: Debido a contracciones y expansiones irregulares del esmalte con respecto a la lámina.

c) Esmaltes para Vidrio:

Los esmaltes de vidrio, de acuerdo al "cuerpo" sobre el cual se aplican, funden a bajas temperaturas (1075°F-1250°F), siendo principalmente borosilicatos de plomo. Estos esmaltes se utilizan normalmente coloreados para la decoración de productos de la Industria Vidriera como son: botellas para bebidas, vasos, recipientes para cosméticos y perfumes, etc.

Eventualmente se aplican por aspersión, ya que en la mayoría de los casos se sigue el método de "estarcido", que consiste en hacer pasar al esmalte, previamente dispersado, a través de una malla, utilizando para tal efecto, espátulas de hule. La malla tiene impresa la decoración correspondiente, como si se tratara de un negativo fotográfico. Los medios de dispersión son aceites vegetales, o vehículos termoplásticos, empleando uno a la vez, o bien ambos, dependiendo del trabajo a realizar. Por ejemplo, en el decorado de una "Impresión" en vasos, se utiliza la dispersión en aceite vegetal (pasta); en cambio, para botellas de bebidas, se aplica el esmalte dispersado en un vehículo termoplástico para "1a. y 2a. Impresión", y la tercera impresión se efectúa con el esmalte en "pasta" coloreada. La selección del vehículo dispersante, depende fundamentalmente del equipo con que cuente cada fabricante en particular.

El proceso de decorado consiste en lo siguiente:

De la fundición donde se moldean las piezas que van a decorarse, éstas se alimentan por medio de bandas transportadoras hasta las máquinas decoradoras, que se operan manual o automáticamente. De ahí, pasan a un horno de paso continuo, donde se someten a un ciclo de horneado que se ha establecido previamente. En esta etapa se elimina el vehículo y se funde el esmalte a la pieza de vidrio.

Los principales defectos que se pueden presentar en la aplicación y el ciclo de horneado son:

a) Esgurrimiento de una impresión sobre otra, originado por una lenta evaporación de los vehículos; o bien, por diferentes puntos de fusión de las "Impresiones", dando como resultado el escurrimiento de una de ellas, antes de que la otra se evapore.

b) Falta de poder cubriente de la 2a. Impresión, causada por un vehículo demasiado "seco" que al mismo tiempo, provoca porosidad en la 1a. Impresión.

Para los tres tipos de esmalte vítreos descritos, (Cerámicos, para Porcelanizado y para Vidrio), utilizamos pigmentos preparados a base de óxidos inorgánicos. Dichos pigmentos se obtienen por calcinación de mezclas de óxidos químicamente

puros.

En este capítulo, hemos expuesto de manera general, los procesos de fabricación de las fritas que intervienen en la preparación de los esmaltes, así como su uso y métodos de aplicación. Esto seguramente nos permite contar con las bases necesarias para proponer un sistema de control de calidad más adecuado y que será descrito en el Capítulo V.

CAPITULO III.-

BASES DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD

PRINCIPIOS DEL CONTROL DE LA CALIDAD:

Todos los principios que rigen el control de la calidad, han sido generados de las experiencias vividas por la industria, y podemos considerarlos como reglas que rigen la organización de un programa de Control de Calidad.

Estos principios son básicos en cualquier proceso de fabricación, y por lo tanto, se usan en cualquier tipo de industria, sea pequeña o grande. Cuando esta industria se dedica a la producción continua de artículos, las actividades del Control de Calidad se encaminan al producto; en cambio cuando la producción es por lotes, el Control de Calidad se dirige al proceso.

Los programas del Control de Calidad, deben ser adecuados a cada tipo de industria, y entender por la palabra "Control" cuatro aspectos fundamentales:

- 1) Un establecimiento de Estándares de Calidad,
- 2) Una estimación de la Concordancia de los Estándares,

- 3) Una acción cuando se sobrepasan los Estándares, y
- 4) Un proyecto para el mejoramiento de los mismos.

Los detalles de cada uno de estos programas de Control de Calidad, deben ser elaborados de modo que se llenen las necesidades de la planta en particular. En el sitio mismo de la producción, en los procesos de fabricación y diseño, es donde el Control de Calidad debe ser aplicado, para evitar calidades inferiores y tener que corregir calidad mala después de haberla producido.

Todos estos programas bien elaborados y detallados, van a repercutir definitivamente en reducciones de costo de operación, reducción de pérdidas, mejorías en métodos de inspección, establecimiento más racional de estándares de calidad y mejores bases para el cálculo de costos provocados por desperdicios, re-proceso e inspección.

Los costos para lograr y mantener en el mejor nivel de calidad un producto se han agrupado con los costos resultantes de fallas para lograr este nivel; estos costos consolidados reciben el nombre de "Costo Operativo de Calidad".

Estos costos, los podemos clasificar en:

- a) "Costos de Prevención": por la intervención de Inge-

nieros de Control de Calidad que planean esta calidad y previenen los defectos.

b) "Costos de Evaluación": Son los costos de inspección y prueba para mantener la calidad establecida y evaluar la Calidad del Producto.

c) "Costos por Fallas Internas": éstos incluyen los desperdicios, reproceso y deshechos originados por materiales que no cumplen las especificaciones establecidas, y finalmente:

d) "Costos por Fallas Externas": en el que están englobados los costos por reclamaciones de productos defectuosos que llegan al cliente.

Las exigencias de los consumidores por que se mejore la calidad de los productos, que crean la necesidad de que se mejoren las técnicas del Control de la Calidad, y la elevación como consecuencia de los costos de calidad que ponen en posiciones desfavorables a algunas compañías, son factores que afectan la calidad industrial del producto. Estos factores que fundamentalmente son tecnológicos y humanos, pueden ser contrarrestados con la organización de un buen equipo de Control de Calidad con responsabilidades perfectamente asignadas al personal-clave que cuente con tecnología de evaluación, medición y control que les permita mejorar la calidad del producto.

El control efectivo de estos factores crean lo que se llaman "Tareas del Control de Calidad" como son:

a) El control del nuevo diseño y desarrollo: que establece costos razonables de calidad, de ejecución y los estándares que garanticen la confiabilidad del producto antes de iniciar la producción formal.

b) El control de recepción de materias primas: que llenen las especificaciones, su almacenamiento a los niveles más económicos.

c) El control del producto: en el momento de la producción y en su uso, así como los estudios especiales de investigación y prueba que permitan localizar las fallas de producción fuera de especificaciones y que determinen las posibilidades de mejorar la calidad.

El punto de vista estadístico en el Control de Calidad, se concreta a que deben ser estudiadas las variaciones de la calidad del producto dentro de los lotes, en los equipos de proceso, entre los lotes, en las características críticas de la calidad de los estándares. Los implementos estadísticos usados generalmente en Control de Calidad son:

a) La distribución de frecuencias,

- b) Gráfica de control,
- c) Tablas de muestreo, y
- d) Algunos métodos especiales.

Definitivamente, para que el Control de Calidad tenga éxito, es indispensable que a todos los niveles exista la "Conciencia de Calidad" que se logra cuando ésta es asimilada por propia persuasión y no por imposición. Para esto, debe procurarse que en el desarrollo de los detalles del programa de Control de Calidad participen todos estos niveles de la compañía y exista el total apoyo de los altos directivos de la misma.

En la organización de un Sistema de Control de Calidad, están involucrados dos conceptos:

1) "La Calidad es Responsabilidad de Todos": es decir, cada componente de esta organización tiene una responsabilidad relacionada con la calidad.

2) Este concepto es que siendo la calidad un asunto de todos, "Puede convertirse en un asunto de Nadie", y es aquí donde la Dirección debe fijar muy claramente las responsabilidades de cada uno de los elementos de la organización en el programa de "Control de Calidad".

MÉTODOS GENERALES:

Para llevar a cabo la planeación, evaluación y perfeccionamiento de los programas de Control de Calidad, es necesario contar con métodos dentro del Departamento de Control de Calidad que permitan efectuar las funciones como son:

- a) La planeación de procedimientos de inspección y control que permitan el buen orden y acciones del Departamento.
- b) Auditorías periódicas al proceso y a la inspección para detectar y corregir las desviaciones a los procedimientos establecidos.
- c) Elaboración de la información escrita como son gráficas, reportes y registros que permitirán hacer un análisis situacional de la calidad.
- d) Estudio de capacidad de equipo y de proceso periódicos con objeto de coordinar los programas de producción con los de Control de Calidad.
- e) Análisis económico de los procedimientos de Control de Calidad para su introducción en los costos de producto.
- f) El análisis de quejas de los consumidores que permitirán crear o corregir nuevos procedimientos que se apeguen cada

vez más a las necesidades del consumidor.

g) La capacitación del personal para mejorar constantemente su desarrollo personal y sus funciones.

TIPO DE INSPECCIONES Y SU DEFINICION:

La inspección podemos definirla como la operación o técnica empleada para asegurarse de que el producto fabricado responde a las especificaciones y niveles de calidad que previamente se han establecido.

Como la inspección debe estar realizada en las diferentes fases del proceso, desde el principio de la elaboración del producto hasta la obtención del producto terminado; debido a esto, existen los siguientes tipos de inspección:

a) Inspección en la recepción de las materias primas para verificar que las mismas cumplen las especificaciones de compra establecidas.

b) Inspección en proceso que permite verificar el comportamiento del proceso durante su actuación y tener medios sensitivos y rápidos para predecir las tendencias del proceso.

c) Inspección en Producto Terminado - que permitirá que el producto llene los requerimientos especificados y que garantizarán su funcionamiento.

d) Inspección de Auditoría y Servicio - que garantizará y verificará el comportamiento del producto con el consumidor.

Considerando los diversos tipos de características en los productos y materiales, los métodos de inspección deberán ser diferentes:

- a) Inspección de laboratorio,
- b) Inspección dimensional,
- c) Inspección con aparatos específicos,
- d) Inspección de equipo de producción,
- e) Inspección visual,
- f) Inspección de equipos de medición,
- g) Inspección manual.

Todas estas clasificaciones de inspección de la Calidad, son un panorama general de los tipos de inspección que se aplicarán para mantener controlada la calidad del producto.

LA ESTADISTICA DENTRO DEL CONTROL DE CALIDAD:

La estadística conocida como la ciencia de las mediciones, es una de las técnicas de mayor valor que se emplea en las tareas del Control de Calidad. Su uso se hizo necesario por el aumento de precisión que se exige actualmente para todos los productos, mejorándose de esta manera los métodos de medición, para

el registro y las especificaciones.

La resistencia al cambio en los métodos, fue una barrera que tuvieron que vencer los métodos estadísticos, además del temor por parte del personal, a los símbolos matemáticos que parecen rodear a la estadística. En la actualidad la terminología estadística y las operaciones matemáticas dentro de la estadística industrial para el Control de Calidad, han sido simplificados notablemente, y ya existe un considerable número de empleados en la industria entrenados en estos métodos modernos.

La mayor importancia de los métodos estadísticos, ha sido en el impacto que éstos representan sobre el pensamiento industrial.

Desde el punto de vista estadístico, la variación de la calidad de un producto, se debe estudiar constantemente dentro de cada producción por lote, sobre los equipos de proceso, entre diferentes lotes de un mismo producto, sobre características críticas de calidad y sus estándares, sobre productos en desarrollo.

Existen varias herramientas estadísticas que podemos emplear en las tareas de Control de Calidad, y las más importantes son:

La Distribución de Frecuencias:

Se puede definir como la tabulación o el registro del número de veces que se presenta una cierta medición de las características de calidad, dentro de la muestra de un producto que se está examinando.

La tabulación se puede presentar colocando sobre el eje vertical la frecuencia de las observaciones y sobre el eje horizontal los valores de la característica de calidad observada; en esta forma, recibe el nombre de "Curvas de Frecuencia".

La distribución de frecuencias, presta una importante contribución al concepto de fabricación del producto, ayuda a afirmar el principio de que siempre debe tomarse en cuenta cierta cantidad de variación entre los lotes fabricados, a establecer la naturaleza general de la curva que puede tomar esta variación y a establecer un importante acceso para el estudio y control de esta variación.

Tablas de Muestreo:

Las podemos definir como una serie de planes para representar la correspondencia entre la calidad probable (expresada en términos de porcentaje) de todo un lote, a la de las muestras seleccionadas con propiedad de ese mismo lote, es decir, son una de las aplicaciones de la teoría de probabilidades en el campo

del Control de Calidad.

Este tipo de tablas, se pueden construir hoy en día, para una ilimitada variedad de situaciones; se pueden calcular con cualquier grado de exactitud, pero se debe establecer un equilibrio entre la exactitud y los costos de inspección.

Es muy importante señalar que en comparación con los planes superficiales de muestreo, las tablas representan una forma disciplinada para la ejecución del muestreo en el manejo de lotes y en los costos relativos. Estos planes de muestreo de aceptación, se basan en cuatro principios definidos en las tablas:

Especificación de los Datos de Muestreo:

O sea, el tamaño de la muestra que se debe tomar, las condiciones bajo las cuales se debe seleccionar la muestra, y las condiciones sobre las cuales se debe aceptar o rechazar un lote.

Protección que Proporcionan:

Esto significa el valor del riesgo que aportan los planes de muestreo de una tabla determinada, cuando se rechaza un lote de buena calidad o se acepta un lote malo. A que se incluyan los conceptos "Riesgo del Consumidor" y "Ries-

go del Producto", o sea, la probabilidad de aceptar lotes que contengan un porcentaje de partes del mismo, igual a la meta de calidad, o a la probabilidad de rechazar lotes que contengan un porcentaje de partes igual a la meta de calidad respectivamente.

Ejecución del Procedimiento:

Aquí se incluyen una serie de reglas que establecen lo que debe hacerse cuando se ha terminado el muestreo y los resultados indican un porcentaje que excede el número especificado, se rechaza el lote o se muestrea 100 por ciento.

Costos Requeridos:

Esto significa el promedio del costo que es necesario para aceptar o rechazar un lote. En algunas tablas de muestreo, su cálculo se ha hecho teniendo en cuenta la mínima inspección necesaria para alcanzar la meta de calidad, con un determinado valor para el riesgo del consumidor y para el riesgo del productor.

Gráficas de Control:

Las gráficas o cartas de control, permiten la comparación gráfica-cronológica (hora a hora, día a día) de las características de calidad de un producto, y mediante ellas podemos obtener ventajas como son:

- 1) Detectar variaciones anormales del proceso.
- 2) Evaluar económicamente un proceso de fabricación.
- 3) Prevención de lotes defectuosos antes de producirlos.
- 4) Determinar límites de variación y aceptación.
- 5) Establecer tolerancias de fabricación y calidad.
- 6) Evaluar al personal de fabricación.
- 7) Determinar materias primas defectuosas.
- 8) Equipo mal diseñado o inadecuado.
- 9) Tolerancias muy abiertas o cerradas.

Adicionalmente, se dispone de gráficas de control como un método para controlar promedios de proceso y variabilidad. Cumplen con la tarea suministrando límites de control predeterminados para estadísticas de muestra; si los límites son sobrepasados, esto indica que una causa asignable de variación está presente.

ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD:

Un sistema de "Control de Calidad" podemos decir que está formado por una red de actividades técnicas, y de procedimientos indispensables para poner en el mercado un producto que satisfaga determinados estándares de calidad.

Cuando cualquier industria crece y por esta razón las labores de ella se encomiendan a varias personas asignándoles responsabilidades, es necesaria una planeación formal. El "Control de la Calidad" viene a ser una parte fundamental en esta planeación, encaminada a la integración de todos los esfuerzos de la organización por alcanzar la meta de obtener resultados positivos.

Estos planes, en particular los encaminados a establecer los sistemas de calidad, le son asignados a un Ingeniero de Control de Calidad de alto nivel, quien trabajará conjuntamente con las personas seleccionadas en cada función, a fin de hacer los ajustes necesarios para formar un todo.

Para establecer los fundamentos de un sistema de Control de Calidad, hay que identificar los segmentos del "Sistema" que comprendan los elementos que se documentan y los que se transmiten por la práctica:

Cada compañía trata de desarrollar un sistema de calidad y subsistemas que de acuerdo con sus exigencias particulares sean necesarios, y sin embargo, existen sub-sistemas que son comunes a todas, como son:

a) Evaluación de la Calidad en la Pre-Producción:

En este primer paso, se procede a cumplir ta

reas como la identificación de las características más importantes del producto, su clasificación, revisión de especificaciones y en general, localizar los trastornos en la fabricación, con el fin de eliminarlos haciendo los ajustes necesarios entre el proyecto y la fabricación formal.

b) Planeación de Calidad de Producto y Proceso:

En este punto, una vez determinada la calidad que se persigue, analizamos las condiciones específicas a controlar, con qué equipo lo haremos, el entrenamiento necesario que deberá proporcionarse al personal que se asegurará de perseguir que se cumpla con esta calidad, los límites que se establecerán más allá de los cuales se procederá a corregir, los métodos y formas de registros, el método de muestreo, y la auditoría durante el proceso y de la calidad de salida.

c) Planeación de la Calidad de las Materias Primas, su Evaluación y Control: _ _ _ _

En esta parte establecemos las especificaciones de nuestras Materias Primas, señalando su importancia al departamento de adquisiciones, para que así, se haga saber al proveedor. También establecemos los métodos analíticos, para el chequeo de estas especificaciones, que concuerden con los de nuestros proveedores para estar estandarizados.

d) Evaluación y Control de la Calidad de Productos y de Proceso: _ _ _ _ _

En este paso, estimamos la calidad durante el proceso para estar seguros de que cumple con las especificaciones, verificamos que durante el proceso se apeguen a los procedimientos de calidad al igual que a la salida del proceso, determinar lo que se debe hacer con el material que no es completamente aceptable (reprocesar, mezclar, etc.), desarrollar y establecer programas de certificación de calidad para los clientes.

e) Reportes Informativos de la Calidad:

Se establecen procedimientos que permitan suministrar toda la información necesaria al personal clave de cada una de las áreas funcionales, al mismo tiempo que analizarla con vendedores, supervisores, personal de Control de Calidad, Servicio Técnico y clientes.

f) Capacitación del Personal:

Es importante la capacitación conveniente no sólo para el personal que directamente realizará el Control de Calidad, sino también debe extenderse a todos aquellos que de alguna manera intervienen en el proceso de fabricación. Esta capacitación debe enfocarse siempre a infundir una conciencia

de responsabilidad de las personas respecto a la calidad final, instrucción en el manejo operacional del equipo de trabajo, seminarios acerca de las diferentes aplicaciones de los productos que la empresa fabrica.

g) Servicios Posteriores a la Producción:

Estos servicios proporcionarán:

i. Corrección inmediata.

iii. Modificaciones a los Sistemas de Control o inclusive del proceso en base a la información de anomalías del funcionamiento del producto por parte del cliente.

El objetivo de estos servicios planificados adecuadamente, mantendrá la satisfacción del cliente.

h) Administración del Control de Calidad:

Este aspecto comprende el establecimiento de programas y objetivos para el mejoramiento de la calidad desde la línea de producción, y la coordinación para el cumplimiento de los mismos, mediante la descripción de actividades dinámicas de cada puesto y su correspondiente adaptación personal, enfocando siempre esta administración a su contribución en el logro de los objetivos de la compañía.

g) Estudios Especiales de la Calidad:

Esta es una parte que tiene gran relevancia dentro de un sistema de Control de Calidad, ya que engloba las técnicas para el estudio de capacidades de equipos de mediciones de calidad, así como la reproducibilidad de resultados analíticos, análisis de áreas específicas en producción que estén produciendo o provocando pérdidas, alto costo en el control de la calidad o gastos por quejas. También aquí se incluyen los desarrollos de nuevos productos, sus resultados en producción, en la calidad y en los gastos de la misma.

CONCLUSIONES:

Todos los pasos anteriores podemos considerarlos como los fundamentos básicos y estructuras que forman a un Sistema de Control de Calidad.

Sin embargo, para lograr el establecimiento del mejor sistema de Control de Calidad, en la empresa es necesario que existan objetivos bien definidos hacia el Control de Calidad en el producto. Estos objetivos deben estar sustentados sobre una política real, que genere acciones encaminadas a obtener una calidad eficaz.

Existen por lo tanto, razones muy poderosas para el establecimiento de objetivos de calidad en una empresa, como son:

- a) Ayudan a unificar criterios a todos los niveles.
- b) Constituyen por sí mismos un estímulo para la acción.
- c) Son un requisito necesario para administrar según un plan pre-establecido, en vez de hacerlo hasta que tengan una crisis.
- d) Permiten comparar los resultados contra los objetivos.

Es importante, entonces, concluir sabiendo que una conciencia de Calidad en todos los niveles de una industria permitirá el éxito absoluto del Sistema de Control de Calidad establecido.

CAPITULO IV.-

DESCRIPCION DEL PROBLEMA DE CALIDAD

Debemos admitir, sin menoscabo de sus aciertos, que todas las industrias que en México fabrican Esmaltes Vítreos, padecen de las mismas fallas en el Control de su Calidad, debido principalmente como ya lo mencionamos, a su acelerado crecimiento dentro de las Industrias Nacionales.

Podemos describir estas fallas como debidas a:

- a) Circunstancias técnicas fuera de control.
- b) Circunstancias administrativas.

Circunstancias Técnicas Actualmente Fuera de Control:

Analizaremos este aspecto de acuerdo con las etapas de fabricación de los diferentes productos.

- 1) Características fuera de control: Materias Primas.
- 2) Características fuera de control: Proceso.
- 3) Características fuera de control: Producto Terminado.

1) Aún cuando se cuenta con sistemas de verificación de calidad de las materias primas, éstos no han sido correctamente establecidos, debido a:

a) Carencia de especificaciones actualizadas que satisfagan las necesidades del proceso. Esto origina problemas en la producción y que deben corregirse sobre la marcha.

b) Carencia de métodos analíticos completos, lo que provoca análisis extras cuando surgen dudas en la veracidad de los resultados, causando lentitud en las decisiones referentes a la utilización de ciertos lotes de materias primas.

c) Falta de estandarización de métodos analíticos entre el proveedor y el laboratorio de Control de Calidad.

d) No se solicitan certificados de calidad de los proveedores, lo cual impide en caso de emergencia, que estos lotes de materias primas sean utilizados bajo la estricta responsabilidad del proveedor.

e) Falta de equipo adecuado para realizar eficazmente los análisis establecidos, motivando que hasta la aparición del problema en producción, se verifique nuevamente.

f) Falta de métodos escritos de muestreo, lo que impide detectar a tiempo, desviaciones riesgosas dentro de un mismo lote.

g) No existen registros de resultados que sean dinámicos y estandarizados que permitan la rápida observación de parte de cualquier Departamento involucrado con la situación particular de las materias primas, y al mismo tiempo, den oportunidad al proveedor de corregir oportunamente cualquier desviación anómala.

2) En proceso notamos las siguientes deficiencias:

a) Falta de conciencia de calidad de parte de los operarios de producción con respecto a los productos elaborados, así como su participación personal en la calidad final de los mismos.

b) Desconocimiento de estos operarios del funcionamiento y cuidados que deben tenerse del equipo de fabricación.

c) Falta de control de los registros que permiten conocer constantemente las condiciones de operación. Esto limita detectar a tiempo cualquier desviación que llegue a presentarse.

d) Supervisión insuficiente para las operaciones críticas efectuadas por el personal de Producción, en el mismo lugar donde se están realizando, creando problemas que son corregidos fuera de tiempo.

e) Falta de procedimientos escritos de muestreo en proceso, obligando a que Control de Calidad verifique y controle muestras que no son representativas.

f) Carencia de variedad en la información anotada en los registros que existen para controlar las diferentes condiciones de operación de cada lote.

g) Falta de supervisión constante y adecuada en cada una de las áreas del proceso, por lo que también se presentan variaciones del mismo.

Todo lo anterior provoca falta de constancia de la mejor calidad, que se refleja directamente en rechazos por parte de Control de Calidad y reclamaciones por parte de los clientes.

3) Las deficiencias actuales en el control de la calidad del producto terminado son:

a) Lentitud en la información a producción de materiales fuera de especificaciones, causando que la producción de lotes defectuosos sin que producción haya tomado ninguna medida correctiva.

b) Carencia de especificaciones actualizadas de los productos, según los requerimientos de calidad de los diferentes clientes.

- c) No existen métodos de control actualizados y dinámicos, que permitan al Departamento cooperar con Producción para obtener la mejor calidad.
- d) Falta de conocimiento de los costos de producción y de la influencia o intervención del renglón "Control de Calidad", en el costo final del producto.
- e) La resistencia a la modificación de la mentalidad que limita al Departamento como juez que aprueba o rechaza los productos. Siendo esta actitud la causante de fricciones con Producción, impidiendo se logre conjuntamente un trabajo completo que dé como resultado mejor calidad.
- f) Carencia de equipo de prueba adecuado así como la constante actualización del mismo, por lo que no es posible verificar adecuadamente y estandarizar la calidad.
- g) Falta de creatividad en el mejoramiento de las condiciones de productos actuales, buscando abatimiento de costos y desarrollo de nuevos productos.
- h) La mayoría del personal no conoce los procesos de producción, en los cuales se emplean sus productos, limitando consecuentemente su visión y su conciencia de calidad.

i) Falta de registros adecuados que permitan contar con información rápida y objetiva acerca de las condiciones de calidad de los productos, de manera que faciliten la toma de decisiones.

j) Desconocimiento del Análisis Valorativo de las materias primas utilizadas para que el Departamento de Adquisiciones funcione eficazmente.

Circunstancias Administrativas:

La dinámica de crecimiento de esta industria, ha provocado el desarrollo de una organización piramidal que cuenta con una base grande y tiene poca altura. Es decir, que las responsabilidades y decisiones descansan en muy pocas personas, siendo mínima la delegación de responsabilidades, o más aún presentándose la evasión de las mismas.

Existen naturalmente, muchas soluciones al problema actual, nosotros propondremos la implantación del que consideramos más adecuado teniendo a la mano todas las circunstancias negativas mencionadas, así como la consecución de objetivos de desarrollo inmediatos.

Dentro de las condiciones Administrativas actuales, señalaremos algunos objetivos rutinarios y otros de corrección

e innovación, sin limitar en ningún momento la proyección de la Organización.

TABLA PRINCIPAL PARA INSPECCION NORMAL Y SEVERA (Muestreo Doble) (Continuación)

Tamaño lote†	Muestra	Tamaño Muestra	Tamaño Muestra Acumulada	IV Niveles Aceptables de Calidad (Inspección normal)													
				0,015		0,035		0,085		0,15		0,25		0,40			
				Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re		
2-8																	
9-15																	
16-25																	
26-40	Primero	II	5	5													
	Segundo	III	10	15													
41-65	Primero		7	7													
	Segundo		14	21													
66-110	Primero		10	10													
	Segundo		20	30													
111-180	Primero		15	15													
	Segundo		30	45													
181-300	Primero		25	25													
	Segundo		50	75													
301-500	Primero		35	35													
	Segundo		70	105													
501-800	Primero		50	50													
	Segundo		100	150													
801-1,300	Primero		75	75													
	Segundo		150	225													
1301-3,200	Primero		100	100													
	Segundo		200	300													
3201-8,000	Primero		150	150													
	Segundo		300	450													
8001-22,000	Primero		200	200													
	Segundo		400	600													
22001-110,000	Primero		300	300													
	Segundo		600	900													
110001-550,000	Primero		500	500													
	Segundo		1,000	1,500													
550001 y más	Primero		1,000	1,000													
	Segundo		2,000	3,000													

† = Usar plan de muestreo sencillo de la Tabla IV-A.

Ac = Número de aceptación.

Re = Número de rechazo.

No se dan planes severos para AQL: 0.015.

V

0,035	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65
Niveles aceptables de calidad (insp. severa)						

TABLA PRINCIPAL PARA INSPECCION NORMAL Y SEVERA (Muestreo Doble)

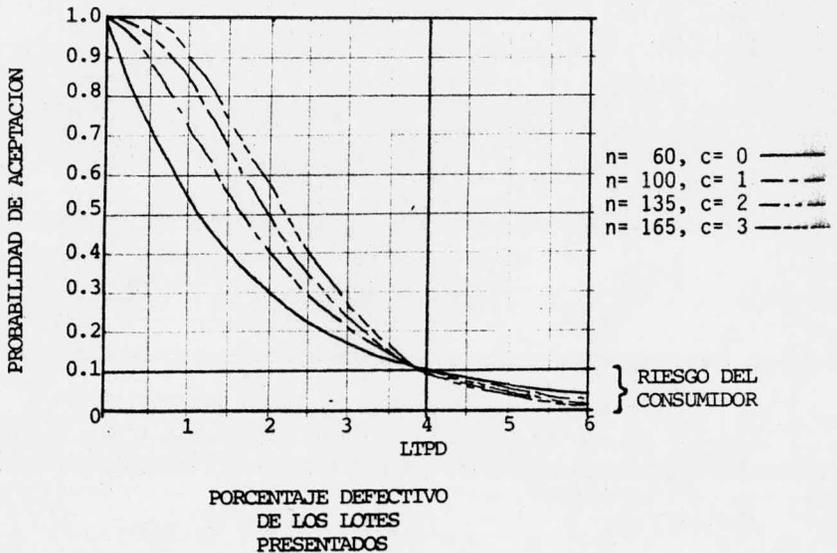
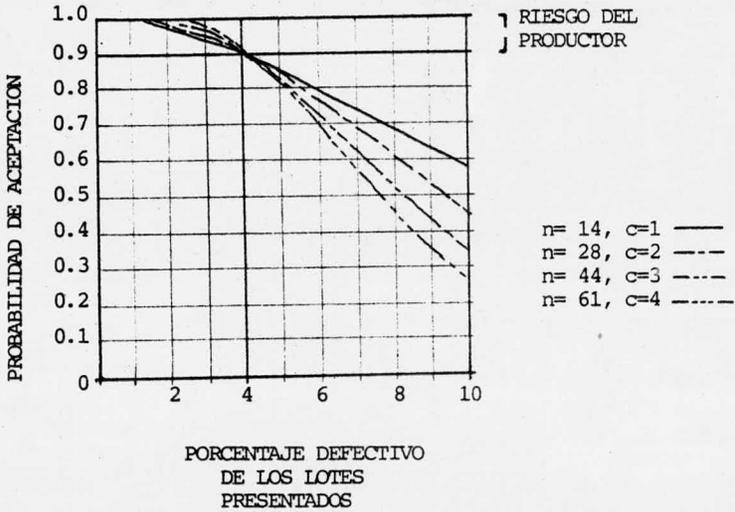
Tamaño lote *	Muestra	Tamaño Muestra	Tamaño Muestra Acumulada	IV Niveles Aceptables de Calidad (Inspección normal)													
				0.65		1.0		1.5		2.5		4.0		6.5		10.0	
				Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
2-8	No hay planes de muestreo doble para estos tamaños de muestra. Usar el muestreo sencillo.																
9-15																	
16-25																	
26-40	Primero II	5	5												1	3	
	Segundo III	10	15												2	3	
41-65	Primero	7	7											0	3	1	5
	Segundo	14	21											2	3	4	5
66-110	Primero	10	10											0	3	1	4
	Segundo	20	30											2	3	3	4
111-180	Primero	15	15											0	3	1	4
	Segundo	30	45											2	3	3	4
181-300	Primero	25	25											1	3	1	4
	Segundo	50	75											2	3	3	4
301-500	Primero	35	35											1	3	1	4
	Segundo	70	105											2	3	3	4
501-800	Primero	50	50	0	3	1	4	1	6	2	7	3	10	5	15	8	21
	Segundo	100	150	2	3	3	4	5	6	6	7	9	10	14	15	20	21
801-1,300	Primero	75	75	1	3	1	6	2	8	4	9	5	12	7	20	12	29
	Segundo	150	225	2	3	5	6	7	8	8	9	11	12	19	20	28	29
1301-3,200	Primero	100	100	1	6	2	6	3	8	5	12	7	17	10	31	14	49
	Segundo	200	300	5	6	5	6	7	8	11	12	16	17	30	31	48	49
3201-8,000	Primero	150	150	2	7	3	8	5	14	7	19	11	29	15	47	21	65
	Segundo	300	450	6	7	7	8	13	14	18	19	28	29	46	47	64	65
8001-22,000	Primero	200	200	3	8	4	10	6	17	9	25	12	36	18	67	27	89
	Segundo	400	600	7	8	9	10	16	17	24	25	35	36	66	67	88	89
22001-110,000	Primero	300	300	4	11	6	17	8	26	12	36	18	55	26	88	38	123
	Segundo	600	900	10	11	16	17	25	26	35	36	54	55	87	88	122	123
110001-550,000	Primero	500	500	6	22	9	25	12	37	18	65	27	89	43	131	62	191
	Segundo	1,000	1,500	21	22	24	25	36	37	54	65	88	89	130	131	190	191
550001 y más	Primero	1,000	1,000	11	33	15	47	22	65	34	113	50	160	79	243	119	348
	Segundo	2,000	3,000	32	33	46	47	64	65	112	113	159	160	242	243	347	348

↓ = Usar primer muestreo abajo de la flecha. Si el tamaño de muestra es igual o se excede al tamaño del lote, hacer inspección 100 por ciento.
 ↑ = Usar primer plan de muestreo arriba de la flecha.
 * = Nivel II. de inspección.

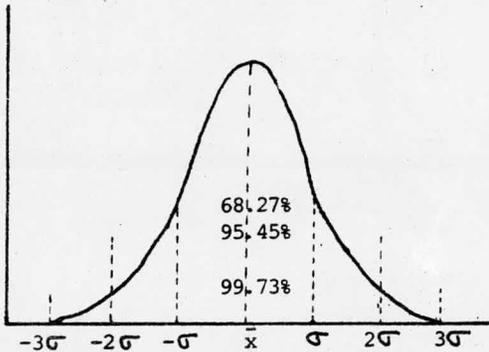
V

(cont.)

1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10.0
Niveles aceptables de calidad (insp. severa)					

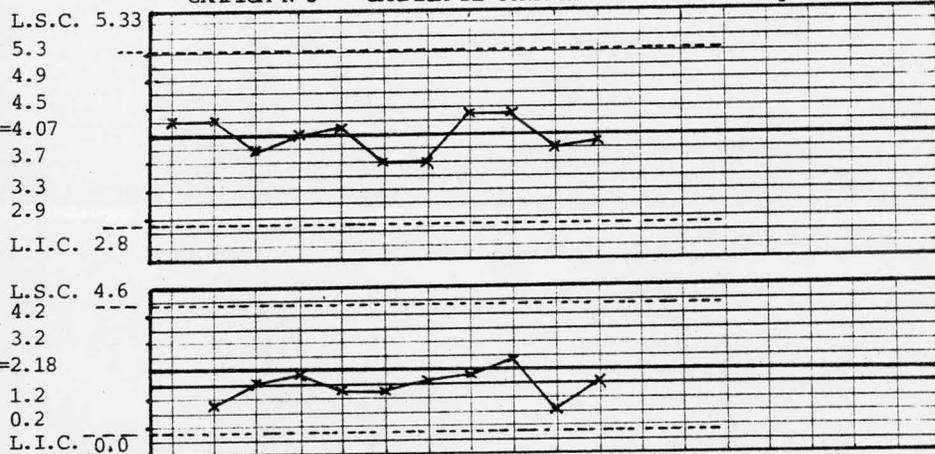


GRAFICA N° 2



Relación entre la Desviación Estándar (σ) y la Distribución Normal de Frecuencias.

GRAFICA N°3 GRAFICA DE CONTROL Espec. 2.8-5.8



FECHA/HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
MUESTRAS	1	4.8	4.5	2.5	3.3	2.9	5.1	5.7	4.3	3.8	5.4
	2	4.0	4.8	4.6	3.9	4.5	2.8	4.5	3.4	3.8	3.2
	3	3.8	4.8	4.6	5.3	5.0	4.9	3.3	6.2	3.5	3.1
	4	3.7	4.1	4.1	4.1	3.4	3.1	4.9	4.9	4.7	3.6
	5	5.2	3.8	4.3	4.5	2.9	2.9	3.7	3.1	3.5	4.5
SUMA	Σ	21.5	19.7	20.6	21.1	18.7	18.8	22.1	19.1	19.3	19.8
PROMEDIO	\bar{x}	4.3	3.9	4.1	4.2	3.7	3.7	4.4	3.8	3.8	3.9
RANGO	R	1.5	2.3	2.6	2.0	2.1	2.3	2.4	3.1	1.2	2.3

FECHA: 24 abril, 1978.
 MATERIAL: Esm. Azul 23-4071
 ESPEC. 4.3 ± 1.5
 OPERACION: Determinación de color
 EQUIPO: Colorímetro

$\bar{\bar{x}} = \frac{\Sigma \bar{x}}{n} = 4.07$
 $R = \frac{\Sigma R}{n} = 2.18$
 $LSC_x = 5.33$
 $LIC_x = 2.81$
 $LSC_R = 4.6$
 $LIC_R = 0$

CAPITULO V.-

TESIS DEL SISTEMA PROPUESTO

CONDICIONES Y REQUERIMIENTOS TECNICOS:

I. Control de Materias Primas:

A) Descripción y Características:

Los principales elementos establecidos para solicitar y aceptar materias primas en una industria como la que nos ocupa, serán los siguientes:

1) Cuando Control de Producción planea sus objetivos, solicita al Departamento de Adquisiciones los materiales que de acuerdo a las formulaciones existentes requiera.

2) Se desarrollarán y distribuirán las especificaciones o normas que señalen los requerimientos de calidad de cada materia prima. Estas normas podrán ser las oficiales o bien las diseñadas para la propia empresa.

3) Se efectúan análisis de compra determinando el o los proveedores en base a: La calidad misma, su confiabilidad, el servicio que se pueda obtener, y su precio de venta.

4) Se estiman las condiciones anteriormente señalizadas considerando además sus sistemas y capacidad de calidad; al mismo tiempo se evalúan muestras iniciales representativas de la producción normal del proveedor. Lo anterior, incluyendo solamente uno a la vez, cada uno de los materiales en prueba, dentro de las formulaciones de varios de los esmaltes y/o pigmentos de línea, en pruebas a escala de laboratorio, procurando preveer situaciones críticas con objeto de conocer a fondo las limitaciones del material analizado.

5) Se establece la programación de los pedidos.

6) Antes de recibir un embarque, deberán evaluarse mediante pruebas rápidas y representativas la calidad de todos los lotes de material a recibir.

7) Al recibirse en la planta, será almacenado en áreas destinadas anticipadamente para facilitar el manejo de los materiales.

8) Cualquier información del material cuando esté utilizándose en planta, deberá turnarse al Departamento Técnico para calificar su importancia, y en caso necesario tomar las medidas correctivas pertinentes.

9) Se revisará periódicamente la historia estadís-

tica de los embarques recibidos con objeto de conocer las tendencias de los materiales en sus diferentes características.

Dentro de los puntos enunciados anteriormente, resulta de especial interés el desarrollo y manejo de las especificaciones de calidad, en las cuales se basará primordialmente el Control de la Calidad de materias primas. A continuación se establece un procedimiento que será válido tanto para normas oficiales como para las desarrolladas por la empresa, y cuyo contenido será:

1) Objetivo:

Uniformar los requisitos necesarios para efectuar el abastecimiento de los materiales utilizados en la planta, manteniendo siempre su mejor Control de Calidad.

2) Información Básica dentro de la Especificación:

Deberá proporcionarse una idea clara y concisa tanto al comprador como al proveedor de los requerimientos de calidad de las materias primas, extendiendo esta información hasta el uso final. Se deberán indicar los límites de variación permitidos en las características de los productos. También se aclarará el tipo de empaque utilizado, su identificación, así como un certificado de calidad que acompañe a cada em

barque garantizando de esta manera que el proveedor ha analizado y aprobado el material suministrado.

Se prepara un índice de todos los métodos analíticos que se emplearán para la verificación de calidad de todas las materias primas, de manera que en cada especificación se hará referencia al método de prueba por medio de códigos.

Para controlar adecuadamente las materias primas, se especificarán los métodos de muestreo y las acciones que deberán tomarse para la aceptación o rechazo de las mismas. Se condicionarán el almacenamiento y las normas de seguridad convenientes para evitar cualquier daño a los materiales o accidentes al personal, así como la utilización de material rechazado.

3) Presentación y Estructura de la Especificación:

a) Será información simple y comprensible del material, indicando su uso final.

b) Requerimientos Físicos y Químicos:

Dentro de éstos se presentan características críticas que son aquellas que causan un efecto directo en la calidad del material, las cuales deberán situarse dentro de tolerancias permitidas anotando la clave del método de prueba

que deberá seguirse; existen también características típicas que son aquellas inherentes cualitativamente al material definiéndolo particularmente.

c) Certificados de Calidad:

Es indispensable que el proveedor garantice por escrito la calidad de su producto en cuanto a que satisfice las especificaciones indicadas.

d) Embarques:

Deberán determinarse la forma, material usado, volumen, peso y número de unidades de envase; seleccionar el medio de transporte más conveniente y económico que sea adecuado a la naturaleza del material, identificándolo con su nombre, la cantidad contenida y la fecha de embarque, así como el nombre del proveedor y número de lote.

e) Sistema de Muestreo:

Se describirá detalladamente el sistema de muestreo para cada material de todos los lotes recibidos; la frecuencia de inspección de los mismos dependerá de la confiabilidad del proveedor. También se recomienda definir la responsabilidad del muestreo y seguimiento de resultados de un departamento que deberá contar con los instrumentos de muestreo

adecuados. El procedimiento de muestreo detalla los pasos a seguir para garantizar que éste sea representativo, teniendo especial cuidado en la identificación de las muestras, en la aplicación del método analítico correcto y la rápida obtención de resultados.

f) Disposición de Resultados:

Indicar las condiciones bajo las cuales se aceptarán o rechazarán los materiales recibidos, siendo los Jefes Técnicos del área respectiva los responsables de la decisión final de un material que no cumpla parcialmente con los requisitos especificados.

g) Aprobación de las Especificaciones:

El personal que intervendrá en la autorización de cualquier especificación será: El Gerente Técnico con juntamente con el Gerente de Producción con información del Gerente de Compras.

h) Distribución de las Especificaciones:

El control de las especificaciones originales es responsabilidad inherente de la Gerencia Técnica, que se encargará de mantener la información actualizada para el Departamento de Producción y Departamento de Compras.

B) Métodos de Muestreo:

El método de muestreo más adecuado para la aceptación de materias primas es el de Tablas de Muestreo de Aceptación desarrollado en la última década y que presenta ventajas sobre la inspección 100%, tales como: Menor costo, ya que no es necesario verificar cada una de las unidades de un lote. La reducción material de trabajo que se obtiene utilizando el muestreo y las tablas de muestreo, permite la comparación con la inspección 100%, disponiendo de un tiempo adicional para una inspección más garantizada y para formar un registro más eficiente, así como el hecho de evitar la monotonía en este tipo de actividad.

Las tablas estadísticas de muestreo las podemos definir como la serie de "Planes" para representar la correspondencia entre la calidad probable de todo un lote, a las de las muestras seleccionadas con propiedad de ese mismo lote. Estas tablas se pueden elaborar para casi una ilimitada variedad de situaciones, con cualquier exactitud pero siempre estableciendo un equilibrio entre la exactitud y los costos de inspección.

Las tablas estadísticas de muestreo constan de cinco secciones principales que son: El tamaño de los lotes, el tamaño de la primera muestra, el tamaño de la segunda muestra, los

niveles aceptables de calidad (para una inspección normal) y los niveles aceptables de calidad (para una inspección severa).

El muestreo para estas tablas estadísticas puede ser sencillo, doble o múltiple; para nuestro caso utilizaremos el muestreo doble que permite antes de rechazar un lote, considerar una segunda muestra, que ha sido tomada al mismo tiempo que la primera y que por lo tanto reducirá los costos de inspección comparativamente con el muestreo sencillo, que consta únicamente de una muestra y en caso de encontrar que el lote está rechazado, la acción sería volver a tomar muestra o hacer un muestreo 100%, en tanto que el muestreo múltiple significa un mayor número de muestras que causa un mayor costo total de inspección.

Es conveniente mencionar que cada uno de los muestreos será apropiado dependiendo de la situación que cada materia prima presente de acuerdo con los resultados que el Departamento de Control de Calidad vaya obteniendo para la verificación de la confiabilidad de los proveedores.

Entre las diferentes tablas estadísticas de muestreo y los planes que se han desarrollado, algunas han sido publicadas en una forma que las hace accesibles para su empleo general. Las más interesantes son:

- a) Tablas de Dodge-Romig.
- b) Military Standard 105 A.

c) Planes de Secuencia Regular.

d) Tablas de Muestreo Columbia.

a) En estas tablas se incluyen planes para el muestreo sencillo y doble. Permiten un margen de seguridad, ya sea por el límite de la calidad final o por el porcentaje de defectos tolerables en el lote.

b) En estas tablas se incluyen tres clases de muestreo: Sencillo, Doble y Múltiple. Es una de las tablas más completas, ya que conociendo el tamaño del lote que se presenta a inspección, éstas indican el tamaño de la muestra requerida y el número de muestras con incisos de las especificaciones fuera de límites que se pueden permitir en ese tamaño de muestra; si el número es mayor que el permitido, el lote es rechazado o bien inspeccionado 100%; también indican cuándo se debe proceder a una inspección normal, reducida o severa de acuerdo al tamaño de lote.

c) Propiamente estos planes se refieren a un muestreo múltiple que para nuestro caso particular, no sería aplicable.

d) Estas tablas son bastante flexibles y permiten los muestreos sencillos, dobles y múltiples, siendo su empleo muy semejante al de las tablas ya mencionadas.

El procedimiento para manejar estas tablas es el siguiente:

- 1) Se elije el nivel aceptable de calidad que sea necesario.
- 2) Se selecciona la primera muestra que indica la tabla, para el tamaño correspondiente del lote.
- 3) Sobre esa primera muestra se determina el número de unidades fuera de especificaciones (A_1).
 - a) Si A_1 no excede al número de aceptación, para el nivel necesario de calidad que se ha establecido se recibe el lote.
 - b) Si A_1 excede al número de rechazo, se rechaza el lote o se inspecciona 100%.
 - c) Si A_1 excede el número de aceptación, pero no llega al número de rechazo, se selecciona una segunda muestra del tamaño indicado en la tabla; se determina en esa segunda muestra el número de unidades fuera de especificaciones A_2 . Si $A_1 + A_2$ no rebasa al valor o número de rechazo, se acepta el lote. De lo contrario se rechaza o inspecciona 100%.

Con objeto de ilustrar la aplicación de un método de muestreo particular a nuestro caso, planteamos la siguiente situación:

Se recibe un embarque de 5.0 Tons. de Carbonato de Sodio con 99% de pureza, y una finura de 75% retenido en malla 200 ASTM en sacos de 20 kgs. de 5 capas, de un proveedor nacional. Es necesaria la decisión de aceptación o rechazo de todo el lote en forma inmediata, para cumplir con la entrega de un esmalte cerámico actualmente en producción, debido a que la existencia del producto requerido por el cliente está por agotarse. Resolución: nos referimos a las tablas de muestreo estadístico mencionadas, entre ellas la más conveniente es la MIL-STD-105 A de muestreo doble que como ya mencionamos, tiene la ventaja de poder contar con una segunda muestra. De acuerdo a la tabla, la primera muestra para un tamaño de lote de 500 unidades debe ser de 35 muestras, y la segunda de 70 muestras (sacos).

C) Especificaciones de Análisis de Materias Primas:

Al igual que debe existir un procedimiento para la elaboración de las especificaciones de Materias Primas como ya se indicó en la sección A de este capítulo, también las pruebas analíticas tendrán su procedimiento de elaboración que contendrá lo siguiente:

- 1) Número de Clave del Procedimiento.
- 2) Nombre de la Materia Prima.

- 3) Fecha de Emisión.
- 4) Significado de la Prueba.
- 5) Sinopsis.
- 6) Aparatos.
- 7) Reactivos.
- 8) Pasos a Seguir en la Prueba.
- 9) Cálculos.
- 10) Forma de Reporte de Resultados.

Para ilustrar mejor la elaboración y presentación de estos dos procedimientos, tomaremos como ejemplo el Oxido de Zinc como Materia Prima para la fabricación de una frita cerámica.

Título de la Especificación

Especif. No. F-228

OXIDO DE ZINC

Fecha: Octubre, 1975

I. Descripción:

Sólido, Granulado Fino, Color Blanco.

II. Requisitos:

<u>Análisis</u>	<u>Unidad</u>	<u>Límites</u>	<u>Método Analítico</u>
1. Oxido de Zinc	%	98.5 mín.	MP-F-28

III. Certificado de Calidad:

El proveedor deberá enviar en cada remesa un Certificado de Calidad, garantizando que el producto llena las características especificadas.

IV. Detalles de Embarques:

Sacos de 50 kgs. Cada unidad deberá llevar la clave del producto, número de lote y número de la unidad.

V. Uso:

Como componente de las fritas FC-4075 y FC-5876.

VI. Proveedores Aprobados:

Zinc y sus Derivados, S. A.

General Products, S. A. de C. V.

Oxidos de Zinc y Plomo, S. A.

VII. Muestreo:

a) Programa:

Se tomarán muestras que indique la tabla de muestreo estadístico.

b) Frecuencia:

En cada lote de cada embarque.

c) Equipo:

Bolsa de polietileno, espátula y guantes de hule.

d) Personal:

El analista de Materias Primas del Departamento de Control de Calidad tomará las muestras.

El Jefe del Almacén dará todas las facilidades para tomar las muestras.

e) Procedimiento:

Tomar la muestra con la espátula y trasladarla a la bolsa de polietileno, cerrando ésta y el saco muestreado.

f) Identificación:

Las muestras se identificarán con:

- 1) Nombre.
- 2) Lote.
- 3) Número de unidad (saco).
- 4) Fecha.
- 5) Proveedor.

VIII. Inspección:

El laboratorio químico analizará las características especificadas en el análisis para cada muestra.

IX. Acción:

Automáticamente se acepta el material cuyas pruebas demuestran que cumple con los requisitos, además de no presentar anomalías no cubiertas por las especificaciones.

Los Superintendentes o Jefes Técnicos y de producción de común acuerdo determinarán la disposición del material que no cumple especificaciones.

X. Seguridad:

Este material debe manejarse con guantes de hule.

Aprobaciones:

Producción

Técnico

Control de Calidad

Procedimiento Analítico

Procedimiento MP-F-28

Control de Calidad

Fecha: Octubre 18, 1975

Materias Primas

OXIDO DE ZINC

Contenido de Oxido de Zinc Q.P. en Oxido de Zinc Comercial.

Significado de la Prueba:

El Oxido de Zinc se incluye en la formulación de la frita como fundente que imparte brillo al esmalte. Un aumento de Oxido de Zinc hace al esmalte refractario. Por lo tanto, el Zinc se determina en el Oxido de Zinc recibido como Materia Prima, como una prueba de aceptación.

Sinopsis:

Una cantidad determinada de muestra se transforma a Sulfato de Zinc con Acido Sulfúrico. Después de eliminar el fierro presente, el Zinc se titula en medio Acido con solución estandar de ferrocianuro de potasio, usando Nitrato de Uranillo como indicador externo. El resultado se expresa en por ciento de ZnO.

Aparatos:

Balanza Analítica,

Pesafiltros,

Matraz Erlenmeyer de 500 ml.,

Probeta de 50 ml.,
Embudo de Cuello Largo,
Tubo de Ensayo,
Buretá de 50 ml.,
Papel Filtro Whatman No.41,
Vaso de 1000 ml.,
Matraz volumétrico de 1000 ml.
Mechero de Bunsen,
Parrilla Eléctrica,
Placa de Porcelana Vidriada,
Pinzas,
Agitador de Vidrio,
Papel Filtro Cualitativo.

Reactivos:

Cloruro de Amonio al 10%,
Ferrocianuro de Potasio,
Nitrato de Uranilo al 5%,
Acido Nítrico Q. P.,
Zinc Metálico, grado analítico,
Grasa para Buretas,
Cloruro de Bario al 10%.

Procedimiento:

1. Pesar un pesafiltros limpio y seco al 0.0001 gramos en una balanza analítica. Agréguese 20.0000 gramos al peso obtenido y equilíbrese la balanza agregando muestra al pesafiltro hasta que la balanza quede en cero. (La determinación debe hacerse por duplicado).
2. Transfiera la muestra a un Matraz Volumétrico de 1000 ml., y lávese el pesafiltros con agua destilada hasta que toda la muestra haya pasado al matraz volumétrico.
3. Con una probeta de 50 ml., agregue cuidadosamente al matraz, 30 ml. de ácido sulfúrico Q.P., agítese, enfríese a temperatura ambiente y afore hasta la marca con agua destilada.
4. Llene una bureta de 50 ml. con la solución del matraz y deposite 30 ml. de dicha solución en un Matraz Erlenmeyer de 500 ml.
5. Con una probeta de 25 ml., agregue 5 ml. de ácido nítrico Q.P. al matraz Erlenmeyer. Evapore la solución hasta sequedad con un mechero de Bunsen. Para comodidad, sujete el matraz con unas pinzas mientras se lleva a cabo la evaporación a sequedad. Agite constantemente para evitar proyecciones del líquido al exterior.

6. Continuar el calentamiento hasta que cese el desprendimiento de vapores nitrosos de color rojo.
7. Deje enfriar el matraz y agregue con probeta, 50 ml. de agua destilada. Gire el matraz para disolver el residuo. Caliente ligeramente si es necesario.
8. Mida con probeta de 150 ml. de solución de Cloruro de Amonio al 10% y agregue al matraz.
9. Introduzca en el matraz un trozo de papel tornasol.
10. Agregue al matraz con agitación constante, suficiente Hidróxido de Amonio Q.P. para que el papel tornasol cambie a color azul. Agregue unos 5 ml. de exceso.
11. Hierva el contenido del matraz por unos dos minutos sobre una parrilla a fin de coagular el precipitado formado. Si no hay formación de precipitado, el contenido de fierro en la muestra es muy bajo; en ese caso, omita el filtrado de la solución pasándola directamente a un vaso de 1000 ml.
12. Deje enfriar el contenido del matraz y filtre a través del papel filtro cualitativo en un embudo de cuello largo. Reciba el filtrado en un vaso de 1000 ml.
13. Lave el residuo que quede sobre el papel filtro con

agua destilada hasta que una pequeña porción del filtrado no se enturbie con solución de Cloruro de Bario al 10%. Para hacer esto, tómesese un tubo de ensayo con 1 ml. de solución de Cloruro de Bario al 10% y coloque de tal modo que reciba unas gotas del filtrado; si se enturbia la solución, prosiga el lavado con agua destilada hasta que no se produzca el enturbiamiento.

14. Ponga un trozo de papel tornasol en el vaso y agregue suficiente cantidad de Acido Clorhídrico Q.P. hasta que el papel cambie a rojo. Agregue unos 5 ml. de exceso. Agite la solución mientras se hace la adición de Acido Clorhídrico.

15. Caliente a ebullición el contenido del vaso en una parrilla eléctrica.

16. En una placa de porcelana recubierta con una capa de grasa para buretas, póngase varias gotas separadas de nitrato de uranilo al 5%.

17. Llene una bureta de 50 ml. con solución estándar de Ferrocianuro de Potasio y titule en caliente el contenido del vaso. Titulando en caliente la reacción es más rápida y es menor el peligro de pasar el punto final.

18. Prosiga la titulación hasta que desaparezca la colora

ción azul verdosa que resulta de la reacción entre el Ferrocianuro de Potasio y las pequeñas cantidades de fierro que impurifican la solución. Agite constantemente la solución con un agitador de vidrio.

19. Con el agitador, tome unas gotas de solución del vaso, y deposítelas sobre las gotas de Nitrato de Uranilo que se encuentran en la placa de porcelana. La gota debe dejarse caer sin tocar la placa con el agitador. Si el color de la gota no cambia a café claro, prosiga la titulación agregando porciones de 0.10 ml. de ferrocianuro de potasio. Es necesario agitar constantemente la solución del vaso, de lo contrario, se tomará con el agitador solución con mayor cantidad de ferrocianuro con lo que se obtendría un punto final falso.

20. Cuando se desarrolle un color café claro al mezclar una gota de solución con una de Nitrato de Uranilo, hágase la lectura de la titulación y anótese como T.

21. Compruébese el punto final añadiendo una gota más de Ferrocianuro de Potasio al vaso y agitando perfectamente. Se desarrollará un color más obscuro en la gota de indicador externo si se ha llegado al punto final correcto.

Cálculos:

$$\% \text{ de ZnO} = \frac{T \times F}{0.6} \times 100$$

donde F = gramos de ZnO/ml. de Ferrocianuro de Potasio.

Para determinar F se sigue el siguiente procedimiento:

- 1) En una balanza analítica pese un trozo de Zinc metálico, grado analítico, al 0.0001 grs.
- 2) Deposite el Zn en un vaso de 1000 ml. que contenga 10 ml. de Acido Clorhídrico Q.P. y permita su disolución completa.
- 3) Añada unos 500 ml. de agua destilada, 150 ml. de Cloruro de Amonio al 10% y 5 ml. de Acido Clorhídrico Q.P.
- 4) Caliente en una parrilla hasta ebullición y titule con la solución de ferrocianuro de potasio que se quiera normalizar siguiendo la técnica descrita en los pasos 17 a 21.
- 5) Calcule el factor F de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$F = \frac{B \times P \times 1.245}{100 \times A}$$

donde:

A = Mililitros de solución de Ferrocianuro de Potasio gastados en la titulación.

B = Peso en gramos, de la muestra de Zinc Metálico.

P = Porcentaje de pureza del Zinc como Zn.

F = Factor, gramos de ZnO/ml. de solución de Ferrocianuro de Potasio.

Registro de Resultados:

Al diseñar los nuevos registros donde se anotará sistemáticamente toda la información referente a las pruebas físicas y análisis químicos efectuados a las materias primas, tendremos en cuenta que éstos deberán proporcionar al mismo tiempo una visión directa y objetiva del más reciente lote analizado, así como de todos los precedentes, con el objeto de detectar en cualquier momento tendencias defectivas que puedan convertirse en riesgosas o inclusive críticas en un momento dado.

Las ventajas de este sistema serán la prevención inmediata y oportuna para que el Departamento de Adquisiciones tome conjuntamente con el proveedor involucrado las medidas necesarias para evitar las desviaciones con respecto a los límites especificados que se han establecido como una norma de calidad de aceptación tomando condiciones extremas para un funcionamiento adecuado del material en su aplicación final.

CODIGO
MATERIAL

REGISTRO DE RESULTADOS DE PRODUCTO TERMINADO (ESMALTE).
CICLO DE HORNEO:

No. Lote	Fecha	C. O. E.	Dureza	Color	Brillo	*Apariencia	**Pruebas de Resistencia
Cantidad	Inic.Proceso						
	Term.Proceso						

* Defectos de superficie más comunes: Puntos de alfiler, cáscara de naranja, escurrimiento, descascaramiento, cráteres, burbujas, recogimiento, etc.

** Resistencia a: Detergentes alcalinos
Abrasión.

Las pruebas (**) deberán realizarse a un lote sí y dos no, y así sucesivamente.

II. Control de Proceso:

Consideramos benéfica la intervención del Departamento de Control de Calidad como auxiliar en el Control del Proceso de Fabricación; fijando los límites de control más adecuados que ayuden a mantener una calidad uniforme, contando con personal suficiente y entrenado convenientemente que tenga acceso directo y constante a la información técnica necesaria, así como el uso de técnicas estadísticas de control que permitan la corrección inmediata de tendencias de una producción defectuosa.

Fijaremos nuestra atención principalmente en el Análisis de la Calidad del Proceso haciendo revisiones periódicas sobre la Efectividad de la Calidad. Lo anterior incluye mediciones que describen el comportamiento del proceso durante su actuación, tanto como auditorías que ajustan la calidad del producto según los costos y los procedimientos de operación establecidos. La calidad del proceso se determina mediante estudios de la capacidad del equipo de producción y del proceso, extendiendo nuestro control al equipo de medición de la calidad por medio de análisis de reproducibilidad de resultados; es necesario conocer también el grado de conformidad con los límites proyectados, identificando, cuando sea necesario, las causas de variación por medio de los datos obtenidos en pruebas de la

boratorio, por análisis de material reprocesado o de desperdicio y quejas de los clientes a manera de retroinformación.

El análisis de la capacidad del equipo y proceso nos permiten establecer el tipo de variabilidad existente sobre mediciones actuales en condiciones de control. De este modo si conocemos la amplitud de la variabilidad del equipo en estudio, llámese horno de fritado, o del proceso, como es la molienda de las materias primas que componen una frita cerámica, podremos anticipar la calidad de nuestras condiciones de operación, de manera que cuando detectamos que la amplitud de la variabilidad es inferior a las tolerancias, la producción se mantendrá dentro de las especificaciones de calidad; en el caso contrario, es decir, cuando la amplitud sea mayor, debemos revisar el equipo o bien modificar convenientemente el proceso. La capacidad del proceso se define como su rendimiento de calidad bajo condiciones normales de operación controladas adecuadamente.

Matemáticamente el resultado de la capacidad de un proceso es una distribución de frecuencias bien organizada de los datos correspondientes al proceso mismo:

$$\text{Capacidad del Proceso} = 6\sigma = 6 \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}}$$

Donde: $\sigma \rightarrow$ Desviación estándar de la muestra

$X_1, X_2, \dots, X_n \rightarrow$ Mediciones individuales

$\bar{X} \rightarrow$ Media aritmética de las mediciones individuales

$n \rightarrow$ Número de mediciones individuales.

Existen naturalmente diversas formas de calcular la capacidad del proceso, por lo que no pretendemos sino establecer bases que permitan al lector interesado, acudir a la literatura mencionada al final de este trabajo, con objeto de puntualizar la aplicación específica de estos instrumentos de control estadístico, que facilitan el establecimiento de límites de control para el equipo que tenga una estrecha capacidad de operación comparativamente con la zona de tolerancia de las especificaciones, como es el caso concreto de algunas de las propiedades físicas de las fritas cerámicas principalmente, contribuyendo también a un mejor aprovechamiento del equipo actual de producción.

Por medio de las técnicas usadas para analizar las desviaciones de los procesos de fabricación, podemos reducir las ausas que la producen, ya que frecuentemente llegan a afectar directamente a los costos. Cuando esto sucede, se identifican dichas variables aplicando técnicas de estadísticas que controlan

los factores que originan las desviaciones, mediante la ejecución de auditorías que estiman: La calidad de los componentes del personal involucrado, revisar los procedimientos de control y evaluar las características más importantes del material en proceso.

III. Control del Producto Terminado:

La efectividad real de cualquier sistema de Control de Calidad se evalúa plenamente cuando se tienen los resultados de análisis y control del producto terminado. La experiencia ha demostrado que no basta con la utilización de técnicas estadísticas de control, los certificados de calidad ni el control de instrumentos de medición y métodos de análisis modernos, para que la calidad del producto terminado sea "La mejor para las necesidades del consumidor". Es necesario, como se ha insistido anteriormente, que prevalezca una dinámica de grupo auténtica de todo el personal de la empresa por fabricar productos especializados de "Buena Calidad". Así, encontramos que las notables diferencias entre los costos programados con respecto a los costos reales son afectados sensiblemente por las fallas internas de control de recibo, proceso y producto terminado, que nos proporcionan la evidencia más directa de sistemas de control inadecuados a las necesidades actuales de la organización.

Definamos el control de calidad del producto terminado como el efectuado en su origen de producción, así como durante su aplicación en servicio, de tal manera que cualquier desviación de su calidad esperada con respecto a las especificaciones, pueda corregirse antes de que se produzcan materiales defectivos, manteniendo al producto en el servicio para el cual fue diseñado.

Un procedimiento inadecuado de control de producto terminado debe incluir:

- 1) Recepción en el área directa de manufactura de las requisiciones correspondientes de producción.
- 2) Se analizan los requisitos de la orden de producción para iniciar la fabricación con objeto de evitar cualquier con fusión que pueda ocasionar posteriormente correcciones innecesarias.
- 3) Control del material durante el proceso y en producto terminado mediante el establecimiento de límites de control que se calculan en la forma siguiente para cada una de las características del material: Viscosidad de la frita o esmalte fundido; tamaño de partícula de los pigmentos; finura de las fritas molidas; brillo y dureza de los esmaltes; coeficientes de espansión lineal de fritas y esmaltes, etc.

La desviación normal (σ) de la característica medida, se calcula con objeto de elaborar la Hoja de Control que se considera la herramienta fundamental del control de calidad. Este valor (σ) indica la dispersión de la característica medida con respecto a un valor medio. Teniendo suficientes datos, libres de cualquier variación debida a causas asignables, se calcula la (σ) para elaborar la Hoja de Control. En caso de que el proceso se vea modificado, aún ligeramente, se deberán hacer más cálculos de (σ) con objeto de comprobar su valor.

El cálculo de (σ) es como sigue:

- 1) Se determina la media (\bar{X}) de la característica medida.
- 2) Se calcula la desviación normal de (σ) para cada

subgrupo de mediciones:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n}}$$

donde:

X_1, X_2, \dots, X_n son las mediciones de la característica en cuestión, de cada muestra.

\bar{X} es la medida promedio de las muestras.

n es el número de elementos de cada grupo de muestras.

- 3) Se calcula la desviación promedio (σ), mediante el uso del número N de subgrupos:

La Hoja de Control se elabora trazando las mediciones promedio de las muestras, contra el tiempo y los límites de control superior e inferior se trazan a una distancia igual a:

$$A_1\sigma = 3\sigma\bar{X}$$

arriba y abajo de la línea de medición media. El valor $3\sigma\bar{X}$ es un límite arbitrario aceptado en la industria. En consecuencia los límites de control establecen que de 1000 mediciones, sólo 3 de ellas correspondan a material defectuoso. Los límites de las especificaciones siempre son más amplios que los de control. Si las mediciones de las características anotadas caen dentro de los límites de control, no se requerirán modificaciones o ajustes al proceso. Si se encuentran 5 ó 7 puntos a un lado del valor medio, deberá comprobarse la efectividad del proceso, y si algunos puntos se localizan fuera de los límites de control, será indispensable averiguar las causas de falla y corregirlas de inmediato. Cuando todas las mediciones encontradas en un lapso de tiempo muy grande, y no se presentan como asignables de variación, la frecuencia según la cual ocurre cada medición, obteniéndose una Curva Normal como la de la gráfica N° 3. El significado de la desviación es tal que el 68.27% de los datos obtenidos se localizan entre $\pm \sigma$; el 95.45% entre $\pm 2\sigma$; y el 99.73% entre $\pm 3\sigma$.

- 4) Aprobación final del producto.

5) Envase y traslado al área de almacén de producto terminado.

Los incisos 1), 2) y 3), son responsabilidad directa de Producción; los incisos 4) y 5) son responsabilidad inherente a Control de Calidad.

Agregaremos a los anteriores procedimientos una serie de normas de operación convenientes:

- a¹) Conciencia de calidad del personal de Producción.
- b¹) Conveniente manejo de materiales.
- c¹) Planeación del sistema de procedimientos de inspección, prueba y análisis.
- d¹) Empleo de gráficas de control por mediciones y atributos.
- e¹) Tablas de muestreo del proceso.
- f¹) Estudio del desgaste del equipo de producción (molinos de bolas de porcelana, hornos de fusión y calcinación, transportadores, etc.)
- g¹) Implantación y uso de tablas de muestreo de aceptación.
- h¹) Auditorías periódicas de calidad, y no solamente cuando existen problemas urgentes que resolver.

i¹) Sostener un índice de calidad constante.

j¹) Procedimientos administrativos que definan las responsabilidades de decisión sobre los lotes de producto terminado fuera de especificaciones.

k¹) Registros de resultados de pruebas de rutina efectuadas.

l¹) Análisis de las reclamaciones por parte de los clientes.

m¹) Informes regulares del rendimiento de la calidad o de los rechazos por fallas.

n¹) Control de calidad de sistemas de envase, almacenamiento y embarque.

o¹) Control extensivo al lugar de la aplicación final o de servicio.

CONDICIONES Y REQUERIMIENTOS ADMINISTRATIVOS:

A. Objetivos y Planeación del Departamento de Control de Calidad:

En el inciso anterior de este capítulo, señalamos la metodología de operación del nuevo sistema de Control de Calidad propuesto, desde el punto de vista técnico, ahora establecemos

los procedimientos administrativos que mantendrán funcionalmente activo al nuevo sistema, esto claro está, sin que se limiten las actividades de la supervisión a un simple cumplimiento del mismo; sino por el contrario, su propia responsabilidad y profesionalismo mantendrán su criterio abierto a innovaciones, que sobre la aplicación directa de los principios de control señalados, optimizarán continuamente la calidad del producto terminado.

Un objetivo inmediato, será la elaboración de los procedimientos administrativos que definan las operaciones y funciones de Control de Calidad, por parte de la Gerencia de Control de Calidad, de la empresa. Estos procedimientos describen las responsabilidades propias de cada puesto, su finalidad y alcance, sin que esto se entienda como una barrera para el desarrollo personal de los individuos, sino más bien como lineamientos de actividades, que permitan una organización apropiada. Es recomendable la rotación programada de las personas en los diferentes puestos de control, con objeto de evitar actitudes pasivas o rutinarias, que ocasionan muchos errores provocados por el exceso de confianza o falta de interés en el conocimiento de diferentes materiales, pruebas de control efectuadas, análisis de propiedades y medición de las características de los productos, etc. Estos procedimientos deben

incluir también normas de trabajo que puntualicen obligaciones del personal, tales como: Atención y ejecución pronta de las tareas encomendadas, aplicando los métodos de muestreo adecuados; consulta de las especificaciones correspondientes y los métodos de prueba y análisis indicados en las mismas; orden y limpieza en la forma de trabajar; elaboración adecuada de los reportes requeridos anotando los resultados de pruebas y análisis en los registros establecidos para tal efecto; cuidado y conservación del equipo de prueba, así como de las áreas de trabajo, y en general una actitud de cooperación tal, que comprometa al individuo a actuar con la conciencia de que su trabajo es un factor importante dentro del mecanismo de una empresa que fabrica productos de calidad.

B. Organización:

El Ingeniero de Control de Calidad asignado a la línea de cualquier producto, en particular, realiza la planeación del sistema de calidad, consultando a la Gerencia de Producción de dicha línea, a la Jefatura de Control de Producción y al Departamento de Contabilidad de Costos y Operaciones.

Cada uno de los operarios de Producción es responsable de comprobar hasta donde le sea posible, todas las características de calidad a su alcance (Control de Origen) principalmente

en "Estaciones Estratégicas de Control", como son la carga y descarga de molinos, revisión de las condiciones directamente visibles de operación, etc. Por su parte, el Ingeniero de Proceso se asegura del cumplimiento del mencionado Plan de Calidad del proceso y producto, y en caso de que observe difícil la implantación del sistema, solicitará las indicaciones correctivas que encaucen nuevamente la calidad del producto hacia las condiciones requeridas.

Hacemos notar que el Control del Producto está vinculado íntimamente a otras actividades administrativas como el manejo y adiestramiento del personal.

C. Integración del Nuevo Sistema a la Organización:

El plan desarrollado puede introducirse en la empresa señalada, ya que se ajusta convenientemente a sus procedimientos y terminología, a los requisitos particulares de la misma. Es decir, no se trata de un programa simplemente trasladado a otro existente, o tomado íntegramente de la literatura consultada, sino más bien, es el resultado de un estudio analítico de técnicas modernas de control que juzgamos conveniente aplicar a nuestro caso particular, así como de experiencias personales vividas por los sustentantes.

De manera que el proceso de integración debe manejarse según las siguientes etapas:

1) La Gerencia General comunicará a las Gerencias de Producción, Dirección Técnica, Gerencia de Control de Calidad y Ventas, el contenido esencial del nuevo Sistema de Control de Calidad, proporcionando a cada uno de los involucrados un ejemplar que detalla los lineamientos del mismo. En ese momento, se deberán discutir y ajustar, si es necesario, las actividades que tratan de implantarse. Dado que todo el estudio ha sido realizado por Control de Calidad, el Gerente del Departamento es la persona más adecuada para conducir la presentación de la misma. Una vez aceptado por las Gerencias mencionadas, se procederá a rediseñar el organigrama de control de calidad, así como asignar los puestos claves al personal más adecuado y dinámico con que se cuente, pensando si es necesario, en la contratación de personal adicional de características tales que se pueda ser incorporado rápidamente al sistema.

2) El Gerente de Control de Calidad expondrá por medio de instructivos y comunicación verbal, a todos y cada uno en particular de los Ingenieros de Control de Calidad, Supervisores de Sección, el contenido e indicaciones de implantación del nuevo sistema, relevando la importancia del conocimiento a fondo de cada uno de los puntos a realizar por todo el personal involucrado.

3) Se adiestrará convenientemente al personal obrero, enfocando la atención a la inducción de una nueva conciencia de calidad a todos los niveles. Esta labor de supervisión será efectuada muy de cerca a los adiestrados, asegurando su asimilación. Paralelamente se reorganizarán las actividades de los ayudantes de laboratorio, responsables directos de la ejecución de: muestreos, pruebas y análisis de laboratorio y operaciones directas de control. La información proporcionada por este personal deberá ser revisada y a su vez concentrada por el Ingeniero de Laboratorio - Supervisor de Sección, que mantendrán actualizado el control realizado de acuerdo a las técnicas propuestas.

4) Se comenzará por aplicar el nuevo Control de Calidad estableciendo como objetivo inmediato la solución de algunos de los problemas de calidad existentes en el momento; ésta será seguramente la prueba más contundente de la efectividad del programa diseñado.

5) Posteriormente, se procederá a implantar definitivamente el sistema experimentado y ajustado a toda la línea de materias primas así como materiales en proceso y producto terminado.

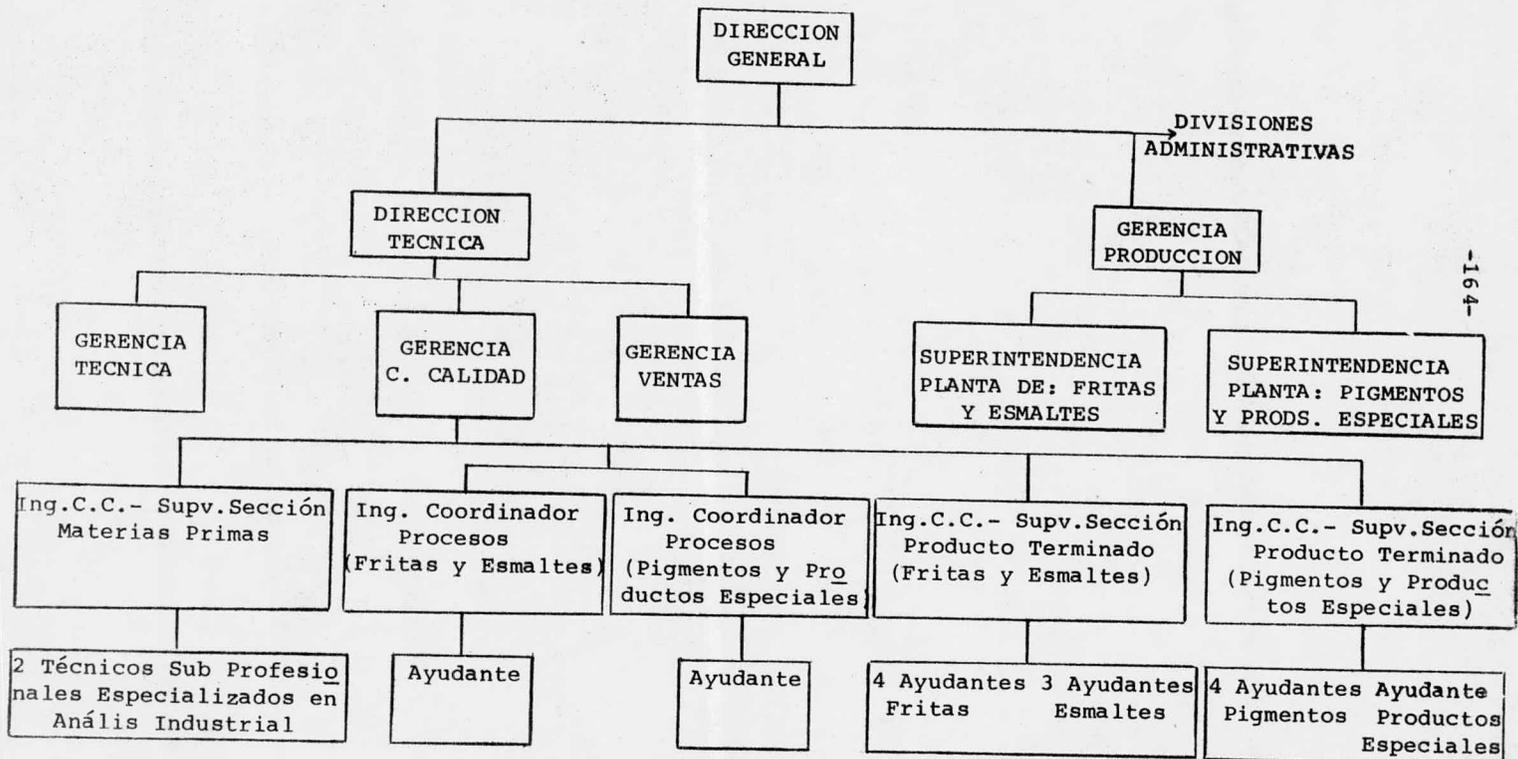
6) El Departamento de Contabilidad de Costos y Operacio-

nes permanecerá atento a las modificaciones inmediatas en los costos de fabricación afectados por la implantación del nuevo sistema; por lo tanto, deberá seguir paso a paso la evolución positiva, la efectividad económica que aparecerá paulatinamente a medida que la Empresa se va modificando a través del desarrollo adecuado del nuevo Control de Calidad.

D) Control de Actividades:

El diseño, manufactura y venta de cualquier producto terminado de buena calidad, requiere un alto grado de eficiencia de las siguientes características necesarias del personal de la empresa.

- 1) Su aptitud para crear productos de calidad.
- 2) Su experiencia sobre la mejor forma de crear la misma calidad, y,
- 3) Su destreza tanto física como mental esenciales para la calidad.



CAPITULO VI.-

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A lo largo del desarrollo de la presente tesis, y principalmente en el Capítulo V, hemos presentado un sistema de Control de Calidad que se finca esencialmente en dos aspectos generales:

a) Diseño, planeación, estudio e implantación de varias técnicas de Control de Calidad aplicables al modelo de empresa seleccionada, sin puntualizar, a propósito, demasiado en los lineamientos establecidos, con la clara finalidad de...

b) Fomentar la proyección particular del personal encargado de la supervisión, para que sean ellos quienes decidan en cada caso, la mejor forma de introducir el sistema hasta sus últimas aplicaciones.

En otras palabras, señalamos objetivos operacionales que permitirán un sistemático y bien controlado crecimiento de la empresa con la consigna "Calidad" por delante. Consideramos además, que un sistema de este tipo suprime la centralización

de responsabilidades y decisiones en unas pocas personas claves en la organización. Es por esto que definimos los puestos de "Ingenieros de Control de Calidad - Supervisores de Sección" como tales, y no en la forma tradicional, y a nuestro juicio limitativo, de "Jefes de Control de Calidad", en vista de que los puestos mencionados corresponden a una serie de actividades que no son precisamente de mando, sino más bien, de control de funciones del personal a su cargo, persiguiendo siempre la conservación de una buena calidad constante.

Se mencionó varias ocasiones a lo largo del presente trabajo, que la Estadística es un instrumento de control sumamente útil. A continuación se muestra un resumen de las ventajas logradas al introducir el empleo de diversos sistemas de control estadístico, para nuestro caso particular.

A) CONTROL DE CALIDAD MATERIAS PRIMAS:

A-1 La ayuda que proporciona la Distribución de Frecuencias es como método analítico más que como instrumento para predecir sobre la manufactura de un producto.

Utilizando las Tablas de Muestreo, se tienen métodos más efectivos que la Inspección 100% o que muestreos arbitrarios; además, teniendo en cuenta que se basan en los principios de cálculo de probabilidades, son una manera más disciplinada de muestreo, que permite manejos más económico.

A-2 Se comenzarán a recibir materiales de mucho mejor calidad de parte de los proveedores.

A-3 La Oficina de Abastecimientos obtendrá mejor información sobre la calidad de las remesas surtidas.

A-4 Los proveedores desarrollarán mayor sentido de responsabilidad de la calidad de sus productos.

B) CONTROL DE CALIDAD EN PROCESO:

B-1 Se reducirán las causas que producen desviaciones de los procesos de fabricación, abatiendo con esto los costos de producción.

B-2 Se tendrá un mejor control de los factores que originan las desviaciones, mediante la ejecución de Auditorías de Calidad.

B-3 Las Gráficas de Control permitirán la evaluación económica del proceso.

C) CONTROL DE CALIDAD PRODUCTO TERMINADO:

C-1 Optimización del sistema de procedimientos de inspección, prueba y análisis, manteniendo un índice de calidad constante.

C-2 Los métodos estadísticos proporcionan información objetiva del rendimiento de la calidad.

BIBLIOGRAFIA

Singer F y Singer S. S.

Cerámica Industrial

Vol. II

Ediciones Urmo

Bilbao, España

H. Rawson

Inorganic Glass Forming Systems

Academic Press Inc.

New York

1967

Searle, A. y Grimshade R.

The Chemistry and Physics of Clays and Other Ceramic Materials

Third Edition

Interscience Publishers Inc.

New York

1959

Kowning, J. H.

Lead Frits and Fritted Glazes

Ohio State University Studies Engineering Series

Vol. VI

1937

Control Total de la Calidad Ingeniería y Administración

A. V. Feigenbaum

7a. Impresión

Compañía Editorial Continental, S. A. (CECSA)

Abril de 1975

México 22, D. F.

Cullen W. Parmelee

Ceramic Glazes

Third Edition

Cahners Publishing Company, Inc

Boston Massachusetts

BIBLIOGRAFIA

Temperature Equivalents for Orton Standard Pyrometric Cones
as Determined at the National Bureau of Standards.

The Edward Orton Jr. Ceramic Foundation
Columbus, Ohio. USA.
September, 1964.