



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

---

---

ESTUDIO COMPARATIVO DE RESISTENCIA  
A LA COMPRESIÓN Y CAMBIO DIMENSIONAL  
EN TRES ALEACIONES PARA AMALGAMA  
CON ALTO CONTENIDO DE COBRE,  
TRITURADAS A TRES DIFERENTES TIEMPOS

T E S I N A

Que para obtener el Título de:

CIRUJANO DENTISTA

*Presenta:*

MARÍA CARIDAD SÁNCHEZ LUNA

Director:

C.D. J. PAULINA RAMÍREZ ORTEGA



FACULTAD DE  
ODONTOLOGÍA  
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

MÉXICO, D.F.

JUNIO 1996



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

# INDICE

CAPITULO		Página
	INTRODUCCIÓN.	2
I	GENERALIDADES.	4
II	CLASIFICACIÓN Y COMPOSICIÓN. a) Clasificación Cronológica. b) Composición de aleaciones convencionales. c) Composición de aleaciones alto contenido de cobre. -Fase dispersa. -Composición única	6
III	FUNCIÓN DE LOS METALES COMPONENTES DE LA ALEACIÓN PARA AMALGAMA.	10
IV	PROCESO DE FABRICACIÓN. a) Aleación Convencional. b) Aleación esférica para amalgama.	13
V	TAMAÑO Y FORMA DE LA PARTÍCULA.	15
VI	DIFERENCIA ENTRE LAS ALEACIONES ESFÉRICAS Y LAS ALEACIONES DE LIMADURA.	17
VII	REACCIÓN QUÍMICA Y ESTRUCTURA RESULTANTE. a) Aleación convencional. b) Aleaciones con alto contenido de cobre.	18
VIII	ESPECIFICACIÓN No. 1 DE LA A.D.A. PARA ALEACIONES PARA AMALGAMA.	24
IX	INFLUENCIA DE LOS FACTORES DE MANIPULACIÓN.	26
	JUSTIFICACIÓN.	28
	OBJETIVOS.	29
	HIPÓTESIS.	30
	MATERIAL Y MÉTODOS.	31
	RESULTADOS.	38
	CONCLUSIONES.	42
	BIBLIOGRAFÍA.	44

## INTRODUCCIÓN.

Se atribuye a M. Traveau haber utilizado el primer compuesto de amalgama dental plata mercurio en 1826, en París, Francia. En 1908, en un artículo publicado en el Dental Cosmos, Green Vardiman Black, dá a conocer los resultados obtenidos de sus investigaciones en los que determina la calidad y cantidad exactas de los materiales necesarios para elaborar una aleación de amalgama dental, fórmula que hasta la fecha reconoce la Asociación Dental Americana (A.D.A., Norma 1).

Respecto a su composición, la Asociación Dental Americana exige que las aleaciones para amalgama esten formadas predominantemente por tres partes de plata y una de estaño, establecida por G. V. Black.

En 1960 se introducen numerosas aleaciones con alto contenido de cobre (de 13% hasta 30%); estas aleaciones alcanzan gran aceptación y extenso uso en Odontología debido a que mejoran las propiedades físicas y el comportamiento clínico, por lo que en la actualidad es menos frecuente utilizar las aleaciones propuestas por Black con plata- estaño-cobre (aleaciones consideradas de bajo contenido de cobre, menos del 6%).

Básicamente, la elección de este material está dada por su alta fuerza compresiva, resistencia a la carga oclusal, resistencia de borde y plasticidad. Es muy importante que el profesional conozca los principios fundamentales de la manipulación y su

efecto sobre las propiedades físicas, porque se puede hacer una restauración deficiente con la mejor amalgama si el odontólogo no realiza de manera apropiada todos los procedimientos, dentro de los cuales la trituration juega un papel muy importante.

Por lo tanto, el propósito de este estudio es el comparar la resistencia a la compresión así como el cambio dimensional en tres aleaciones de amalgama con alto contenido de cobre (DURALLOY, ORALLOY y ARTALLOY ), trituradas en diferentes tiempos, sobretrituration, trituration recomendada por el fabricante y menor tiempo de trituration. Las pruebas de resistencia a la compresión y cambio dimensional se efectuarán de acuerdo a lo establecido, según la especificación número 1 de la Asociación Dental Americana.

## GENERALIDADES.

La amalgama plata-estaño-mercurio, ha sido el material más usado de todos para la restauración de la estructura dentaria perdida, especialmente en zonas de carga masticatoria ya que posee excelentes propiedades físicas, pero debido a que es una aleación metálica no es estética.

La palabra amalgama significa: unión de cosas de naturaleza distinta; teniendo así que, la amalgama dental esta constituida por la unión de varios metales (aleación) con mercurio. La aleación para amalgama se compone esencialmente de plata, estaño y cobre; por lo tanto, la amalgama dental es el resultado de una mezcla de mercurio con la aleación mencionada.

Como el mercurio es líquido a temperatura ambiente reacciona fácilmente con los metales como la plata, estaño y cobre, para posteriormente formar un material cristalizado a este proceso se le conoce como AMALGAMACIÓN. Esta mezcla de la aleación para amalgama con el mercurio preparada por el odontólogo recibe el nombre técnico de TRITURACIÓN. El resultado es una masa plástica que permite que sea condensada dentro de una cavidad preparada en un diente.

Sin embargo, se debe tener presente, que el éxito clínico de una restauración con amalgama radica en la atención meticulosa de los detalles; por lo que conviene dividir los factores que rigen la calidad de una restauración de amalgama en dos grupos:

1) los que pueden ser regulados por el odontólogo y 2) los que se hallan bajo el control del fabricante.

Los factores regulados por el dentista son: 1) la selección de la aleación, 2) la proporción de mercurio y de aleación, 3) los procedimientos de trituración, 4) la técnica de condensación, 5) la integridad marginal y las características anatómicas, y 6) el terminado final.

El fabricante controla: 1) La composición de la aleación, 2) el tratamiento térmico de la misma, 3) tamaño, forma y método para producir las partículas de la aleación, 4) el tratamiento superficial de éstas, y 5) la forma en la cual se surte la aleación.

## CLASIFICACIÓN Y COMPOSICIÓN.

### CLASIFICACIÓN CRONOLÓGICA.

Como se mencionó anteriormente, este material restaurador viene usándose por más de un siglo. Los avances en la tecnología y un mejor conocimiento de las reacciones que se producen en la amalgama, han permitido mejoras que hacen de ella un excelente material restaurador de bajo costo.

La clasificación de las aleaciones de amalgama es en base a las variaciones en la composición de la fórmula a través del tiempo siendo ésta la siguiente:

- PRIMERA GENERACIÓN. Fórmula atribuida al doctor G. V. Black. Esta fórmula se compone de plata y estaño en relación 3:1.

- SEGUNDA GENERACIÓN. Corresponde a una fórmula cuaternaria: plata, estaño, cobre y zinc. Fórmula de Black modificada; esta fórmula ha sido muy popular y en la actualidad se sigue fabricando.

- TERCERA GENERACIÓN. Fórmula denominada fase dispersa.

En esta fórmula se adiciona a la aleación convencional (plata, estaño, cobre y zinc), una fase con eutéctico plata-cobre en forma esférica. La composición es de 2/3 partes de aleación convencional y 1/3 parte de fase esférica plata-cobre.



- CUARTA GENERACIÓN. Fórmula ternaria de plata, estaño y cobre en forma esférica. Aparece así la presentación esférica con alto contenido de cobre.

- QUINTA GENERACIÓN. Fórmula de plata, estaño y cobre adicionada de indio.

- SEXTA GENERACIÓN. La adición de un metal noble como el paladio, a los demás componentes; el cual mejora notablemente las propiedades físicas de la amalgama.

## COMPOSICIÓN.

### ALEACIONES CONVENCIONALES.

La especificación número 1 de la A.D.A. para la aleación de amalgama incluye un requisito de composición. Los valores que se exigen en la revisión de 1970, se enlistan en la tabla 1.

### ALEACIÓN PARA AMALGAMA

COMPONENTES	LIMITES DE LA ESPECIFICACIÓN No.1	RANGO DE ALGUNAS ALEACIONES
PLATA	65% (mín)	67% - 74%
ESTAÑO	29% (máx)	25% - 28%
COBRE	6% (máx)	0% - 15%
ZINC	2% (máx)	0% - 2%
MERCURIO	3% (máx)	

TABLA 1

En esta tabla se observa que la cantidad mínima de plata que se permite es de 65% mientras que el contenido de estaño está limitado a un máximo de 29%, en la aleación convencional la cantidad máxima de cobre que se permite es de 6%, y de acuerdo con esta tabla, se permite un máximo de 3% de mercurio. Es necesario denoninar a las que

contienen zinc en un exceso de 0.01% como aleaciones "con zinc". Las que lo incluyen en cantidades iguales o menores a 0.01% reciben el nombre de aleaciones "sin zinc".

### **ALEACIONES RICAS EN COBRE.**

La composición de las aleaciones ricas en cobre depende del tipo de aleación de que se trate:

a) **ALEACIONES DE FASE DISPERSA.** Estas aleaciones contienen 2/3 partes por peso de la composición convencional de las partículas talladas al torno, más 1/3 parte por peso de esferas de aleación eutéctica de plata-cobre (70% de plata y 30%). La composición total es, aproximadamente, plata 69%, estaño 17% y cobre 13%.

b) **ALEACIONES DE COMPOSICIÓN ÚNICA.** De estas existen diferentes tipos:

1. Aleación ternaria en forma esférica, plata 60%, estaño 25% y cobre 15% ó plata 40%, estaño 30% y cobre 30%.

2. Aleación similar a la anterior, pero que contenga partículas en forma esferoidal; es decir, que las partículas no sean perfectamente esféricas.

3. Aleaciones cuaternarias en forma esferoidal, que contienen plata 59%, estaño 24%, cobre 13% e indio 4%.

## FUNCIÓN DE LOS METALES COMPONENTES DE LA ALEACIÓN PARA AMALGAMA.

**PLATA.** La plata es un metal maleable y dúctil, de color blanco, el mejor conductor del calor y de la electricidad y más resistente y duro que el oro pero es más blando que el cobre, funde a 960.5°C.

La plata en las aleaciones para amalgama representa mas de 2/3 partes de la composición de la aleación; este contenido es necesario para dar resistencia a la restauración y un rápido endurecimiento al ser mezclado con el mercurio.

Si la aleación para amalgama contiene más de 70% de plata puede tener una resistencia ligeramente superior, pero este contenido tan alto de plata en la aleación no es aconsejable ya que tiene mayor expansión durante la cristalización como consecuencia de la reacción entre la plata y el mercurio.

**ESTAÑO.** En Odontología, como en la industria, el estaño tiene numerosas y útiles aplicaciones.

El estaño es un metal blanco, con lustre que no se pierde ni pigmenta cuando esta al aire en condiciones normales. Es un metal blando de bajo punto de fusión (232° C).

El estaño representa aproximadamente 1/4 parte de la composición de la aleación para

amalgama, la función de este metal al mezclarse con el mercurio es la de contrarrestar la expansión producida en la fase gama 1. El exceso de estaño (más de 29%), produce una contracción excesiva y tiende a reducir la resistencia de la masa de amalgama, también prolonga el tiempo de endurecimiento y reduce la resistencia a la corrosión.

**COBRE.** El cobre como metal puro no se puede utilizar en boca debido a su tendencia a decolorarse o pigmentarse por la formación de óxidos y sales de cobre.

El cobre es un metal dúctil y maleable de alta conductibilidad térmica y eléctrica y de color rojo característico.

En las aleaciones convencionales para amalgama dental el contenido de cobre es de 6% (como máximo) su función es la de mejorar las características de resistencia mecánica, dureza y de endurecimiento de la amalgama.

Las aleaciones con alto contenido de cobre (de 9% hasta 30%); son mejores ya que superan las propiedades físicas de la amalgama debido a que estas aleaciones están libres de fase gama 2 que se presenta en las aleaciones convencionales; esta fase gama 2 no es deseable, ya que debilita a la amalgama.

**ZINC.** El zinc es un metal blanco azulado, de definida estructura cristalina y que tiende a pigmentarse cuando esta expuesto al aire húmedo, su punto de fusión es de 419° C , es relativamente blando y frágil y tiene baja resistencia.

El zinc en la aleación para amalgama se encuentra en un 2% como máximo. Este metal no es indispensable para la aleación, por lo tanto, puede no estar presente.

La función del zinc, si esta presente en la aleación para amalgama, es la de evitar la oxidación de los demás componentes, es decir que actúa como un barredor de oxígeno. Cuando las aleaciones contienen zinc, es preciso tomar precauciones especiales, puesto que la contaminación con humedad produce una expansión excesiva durante la cristalización.

**MERCURIO.** El mercurio es un metal líquido a temperatura ambiente. En Odontología se emplea en estado puro, pues constituye la parte principal de todos los tipos de amalgama de plata, ya que se combina fácilmente con varios metales como plata, cobre, estaño, y zinc.

Al mezclar la aleación para amalgama con el mercurio resulta una masa plástica que se puede colocar y terminar en los dientes por que endurece hasta lograr una estructura que soporta adecuadamente las fuerzas masticatorias.

## PROCESO DE FABRICACIÓN.

### ALEACIÓN CONVENCIONAL.

Las aleaciones convencionales se preparan fundiendo juntos los metales puros (plata, estaño, cobre, c/s zinc) en la proporción adecuada para obtener un lingote. Este lingote se enfría súbitamente para conseguir una estructura centralizada que contiene granos no homogéneos de la aleación plata-estaño. Por esta razón el lingote, posteriormente se somete a un tratamiento térmico para obtener una distribución homogénea del compuesto Ag-Sn. Esta operación se conoce con el nombre de HOMOGENEIZACIÓN, y se realiza calentando el lingote en el horno durante, un período suficiente como para permitir la difusión atómica y que las fases alcancen equilibrio. El tiempo del tratamiento térmico varía con la temperatura utilizada y el tamaño del lingote; sin embargo, es frecuente un lapso de 24 horas a una temperatura de aproximadamente 400°C. Al concluir el ciclo de calentamiento (homogeneización) se deja enfriar en forma relativamente lenta para permitir la formación de una mayor cantidad de fase gama o compuesto Ag-Sn.

Después del tratamiento de homogeneización, el lingote de aleación se corta con un instrumento adecuado como un torno y se obtienen pequeñas partículas en forma de limadura; la limadura recién obtenida, se coloca en otra máquina que reduce y uniforma el tamaño de las partículas; posteriormente se pasa a través de una malla fina de acuerdo al tamaño que se desea obtener la partícula.

Es preciso aliviar las microtensiones incluídas en las partículas durante el corte y su paso por el molino de bolas. El proceso para aliviar estas tensiones, comprende un ciclo de temple a temperatura moderada, durante varias horas, a casi 100°C, este proceso se conoce como "envejecimiento". Con este tratamiento, la aleación será entonces estable en reactividad y propiedades cuando se almacena durante un período indefinido. Estas tensiones se pueden liberar también cuando la aleación se almacena durante tiempo prolongado.

Cuando no se da el tratamiento de envejecimiento a la aleación, la velocidad de amalgamación se altera y puede ocurrir cambios dimensionales durante el endurecimiento o cristalización de la amalgama.

#### ALEACIÓN ESFÉRICA PARA AMALGAMA.

Las aleaciones de partícula esférica, se producen al fundir juntos los elementos que van a constituir la aleación; el metal líquido se atomiza en pequeñas gotas esféricas. Si las gotitas solidifican antes de chocar contra una superficie, conservan su forma esférica. Después estas partículas esféricas reciben un tratamiento térmico que hace más ásperos los granos y disminuye la velocidad de reacción al mezclarse con el mercurio.



## TAMAÑO Y FORMA DE LA PARTÍCULA.

De acuerdo al proceso de fabricación de las aleaciones tenemos que hay cuatro tipos morfológicos básicos de partículas y son:

1. **PARTÍCULA EN LIMADURA.** (lathe-cut) se obtiene mediante el vaciado del metal fundido dentro del molde y después cortado;
2. **PARTÍCULAS DE TIPO ESFÉRICO.** Producida por la atomización del metal fundido (forma de gota);
3. **PARTÍCULAS DE TIPO DISPERSANTE.** Es una mezcla de partículas esféricas y de limadura. Esta aleación no es solo una mezcla física; sino también una mezcla de partículas químicamente diferentes. La limadura es una mezcla de Ag-Sn; la porción esférica contiene plata pura y cobre puro (punto eutéctico) y
4. **PARTÍCULAS ESFEROIDALES.** Estas se producen mediante la atomización de metal fundido, utilizando agua en lugar de aire, el resultado son partículas esferoidales (en forma de pera).

Generalmente las fórmulas con limaduras son aleaciones convencionales con bajo contenido de cobre; y las fórmulas con alto contenido de cobre presentan partículas esféricas o de tipo dispersante.

Los tamaños de partícula de fórmula esférica se ubica entre 15 y 35 micrones y es el fabricante quien controla la dimensión máxima de la partícula.

La fórmula deberá tener una distribución proporcional de diferente tamaño de partícula alrededor de un tamaño promedio. Aparentemente las partículas mas pequeñas pueden llenar el espacio que queda entre las de mayor tamaño lo que conduce a una mas uniforme distribución de la aleación a través de la amalgama cristalizada.

## DIFERENCIA ENTRE LAS ALEACIONES ESFÉRICAS Y LAS ALEACIONES DE CORTE EN TORNO.

Existen características que distinguen a las partículas esféricas de las partículas en limaduras y son las siguientes:

1. Las aleaciones esféricas requieren menos mercurio que las aleaciones convencionales obtenidas por corte en torno, ya que las aleaciones esféricas presentan una superficie de menor volumen que las producidas por corte en torno.
2. Las amalgamas producidas con partículas obtenidas por corte en torno, o partículas mezcladas de una combinación de polvos esféricos y cortados en torno (aleación de fase dispersa) tienden a resistir mejor la condensación que otras elaboradas por completo con partículas esféricas.
3. La resistencia traccional de la amalgama obtenida con aleación de partículas esféricas es superior que la amalgama convencional.
4. Las amalgamas obtenidas con partículas esféricas tienen una fuerza compresiva inicial significativamente mayor que la obtenida con una aleación convencional debido a que la reacción entre el mercurio y la aleación es más rápida. Este endurecimiento más veloz que se produce en la amalgama esférica permite un más pronto tallado y terminación de la restauración de amalgama.

## REACCIÓN QUÍMICA Y ESTRUCTURA RESULTANTE.

Cuando el odontólogo adquiere la aleación para amalgama, es su responsabilidad amalgamarla en forma adecuada con el mercurio y manipular la masa de amalgama de manera que se obtenga el máximo de sus propiedades en la restauración terminada.

La amalgamación se presenta cuando el mercurio toca la superficie de las partículas de la aleación de plata y estaño; el objetivo de esta mezcla es hacer que el mercurio "moje" la superficie de las partículas de aleación y obtener una masa plástica.

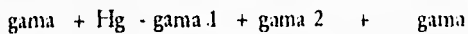
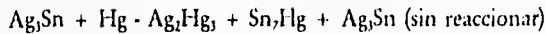
La aleación para amalgama no es soluble en el mercurio en forma significativa pero el mercurio es muy soluble en las partículas de aleación y tiende a difundirse dentro de ellas después de mojarlas.

### ALEACIONES DE BAJO CONTENIDO DE COBRE.

Cuando el mercurio se difunde en la aleación, el compuesto Ag-Sn (fase gama) se convierte en un compuesto intermetálico de  $Ag_2Hg$ , de estructura cúbica centrada en el cuerpo, y el compuesto hexagonal de estaño y mercurio ( $Sn_3Hg$ ); estas fases reciben el nombre de gama 1 y gama 2 respectivamente. Como la solubilidad de la plata en el mercurio es mucho menor que la del estaño, la fase gama 1 se precipita primero y la fase gama 2 lo hace después. Los cristales de gama 1 y gama 2 crecen a medida que el mercurio restante disuelve las partículas de la aleación.

La proporción de mercurio y aleación es de casi 1:1. La reacción entre el mercurio y la aleación plata-estaño es principalmente una reacción de superficie sobre las partículas de aleación y que nunca se completa en la restauración de amalgama dental. En consecuencia, la amalgama típica con bajo contenido de cobre es un compuesto donde las partículas sin consumir se encuentran enclavadas en la fase gama 1 y gama 2.

Estas reacciones se pueden escribir así:



M A T R I Z                      NÚCLEO

En resumen tenemos que:

- a) Durante y después de la mezcla la fase gama se disuelve en el mercurio.
- b) La reacción ocurre para producir la formación y el crecimiento de los cristales en dos fases:

1. El compuesto  $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$ , con estructura cubica llamada fase gama 1.
2. Un compuesto estaño-mercurio, con una estructura hexagonal, llamada fase gama 2.

- c) La estructura del metal cristalizado es una estructura nucleada con un núcleo de gama no reaccionado y una matriz de compuestos de gama 1 y gama 2.

d) Después de la cristalización pueden ocurrir más reacciones adicionales por procesos de difusión.

e) La interfase entre la fase gama y la matriz es importante, la proporción elevada de la fase gama sin consumir no refuerza a la amalgama (Ag<sub>3</sub>Sn) son muy quebradizas.

Las aleaciones con bajo contenido de cobre, presentan la fase gama 2 en forma permanente (Sn,Hg) la cual ocasiona un debilitamiento de la restauración que puede conducir a la fractura marginal, alto escurrimiento, oxidación y corrosión.

## REACCIÓN QUÍMICA DE ALEACIONES CON ALTO CONTENIDO DE COBRE.

La característica principal de estas aleaciones es que la estructura cristalizada esta esencialmente libre del componente gama 2 ya que la presencia de cobre en un porcentaje de 9% a 30% en la aleación induce a la desaparición de la fase gama 2; por esta razón estas aleaciones son las más indicadas por sus propiedades físicas mejoradas, sus características de corrosión y una mejor integridad marginal.

Existen dos tipos diferentes de polvos de aleación ricos en cobre. El primero es un polvo de aleación combinado (tipo dispersante), y el segundo es otro de aleación de composición única; ambos contienen más del 6% en peso de cobre.

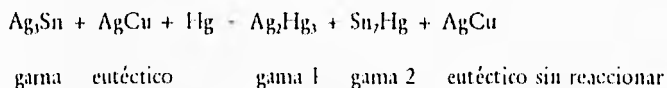
## ALEACIÓN DE FASE DISPERSA.

Innes y Youdelis en 1963 mezclaron partículas esféricas de aleación eutéctica plata y cobre (71.9% por Ag por peso y 28.1% de cobre) y de aleación para amalgama con bajo contenido de cobre cortada en torno. Fué el primer cambio importante en la composición de una aleación para amalgama dental desde los trabajos de Black. Estas aleaciones se llaman aleaciones combinadas ya que constan de dos tipos de partículas; la amalgama producida es más resistente que la elaborada con polvo de bajo contenido de cobre y cortado en torno, por la resistencia de las partículas de plata y cobre, estas últimas funcionan como relleno para reforzar la matriz de amalgama.

El contenido total de cobre en las aleaciones de fase dispersa varía desde 9% hasta 20% por peso. La presencia del cobre y del eutéctico AgCu en las aleaciones de fase dispersa, induce la desaparición de la fase gama 2 recién formada tomando al estaño de esta fase eta  $Cu_6Sn_5$ , además, el mayor contenido de Ag proveniente del eutéctico favorece un aumento de la fase gama 1.

Cuando el mercurio se mezcla con la aleación de fase dispersa se presentan dos reacciones:

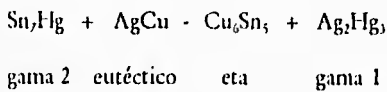
### 1a. Reacción.



(FUGAZ)

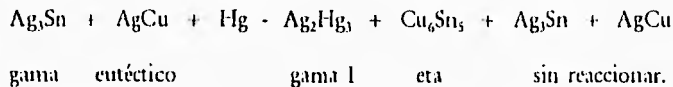
Esta primera reacción que se presenta en las aleaciones de fase dispersa es igual a la que se presenta en las aleaciones convencionales; en donde el mercurio reacciona con la fase gama ( $Ag_3Sn$ ) para formar fase gama 1 en esta primera reacción el eutéctico no participa.

2a Reacción.



En esta segunda reacción encontramos que la fase gama 2 ( $Sn_7Hg$ ) se presenta pero de manera fugaz, ya que el estaño de la fase gama 2 se combina con el cobre del eutéctico ( $AgCu$ ) descomponiendo la fase gama 2 y formando así la fase eta ( $Cu_6Sn_5$ ). Para poder lograr esta reacción es necesario contar con una concentración neta de cobre de por lo menos 12% en el polvo de la aleación.

La reacción del polvo de aleación de fase dispersa con el mercurio puede resumirse de la siguiente forma:



M A T R I Z                      N Ú C L E O

El  $Cu_6Sn_5$ , se presenta con un halo que rodea a las partículas de  $AgCu$ . El material final fraguado consiste en un núcleo de gama ( $Ag_3Sn$ ) y eutéctico ( $AgCu$ ), rodeado de un halo



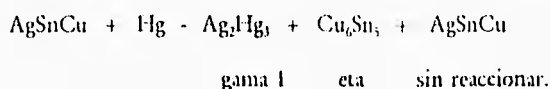
de  $\text{Cu}_6\text{Sn}_3$  y una matriz de gama 1; esta matriz tiene la función de unir entre sí a las partículas de la aleación no consumidas.

### ALEACIONES DE COMPOSICIÓN ÚNICA.

El éxito de las amalgamas de fase dispersa motivó la producción de otro tipo de aleación rica en cobre, cada partícula de esta aleación posee la misma composición química, los elementos principales de las partículas generalmente son plata, cobre y estaño. El contenido de cobre en estas aleaciones de composición única varía desde 13% hasta 30% por peso.

Cuando se trituran con el mercurio, la plata y el estaño se disuelven con el mercurio, muy poco cobre se disuelve con el mercurio. Los cristales de gama 1 crecen y forman una matriz que unifican las partículas de la aleación parcialmente disueltas. Los cristales de  $\text{Cu}_6\text{Sn}_3$  (fase eta) aparecen como redes columnares en las superficies de las partículas de aleación, así como dispersos en la matriz reforzando la unión entre las partículas de aleación y los granos de gama 1; se considera que estas conexiones mejoran la resistencia de la amalgama a la deformación .

La reacción de una aleación de composición única con el mercurio es:



Gracias a este mecanismo, con la eliminación de la fase gama 2, en las nuevas formulas, la restauración de amalgama, poseerá mejores propiedades físicas, teniendo así un mejor comportamiento clínico.

## **ESPECIFICACIÓN NUMERO 1 DE LA A.D.A. PARA ALEACIONES PARA AMALGAMA DENTAL.**

La especificación número 1 de la Asociación Dental Americana establece los requisitos mínimos exigidos para la amalgama de plata, en términos de propiedades físicas. En igual forma establece los requisitos en cuanto a su composición; fijando los porcentajes máximos y mínimos para cada metal .

### **PROPIEDADES FÍSICAS.**

Los requerimientos de la norma exigen 3 pruebas:

- 1- Resistencia a la compresión a una hora después de la trituración.
- 2- Esgurrimiento o termofluencia.
- 3- Cambio dimensional entre los 5 minutos y las 24 horas.

## RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

El valor mínimo de la resistencia a la compresión de una amalgama, de acuerdo con la norma, es de 80 MPa al término de 1 hora; este es el valor mínimo de resistencia que debe reunir la restauración, que permite soportar las fuerzas de masticación sin fracturarse o deformarse. También es un indicativo de la velocidad de endurecimiento temprano, al cabo de 1 hora dicho valor aumenta progresivamente con el transcurso del tiempo.

## CAMBIO DIMENSIONAL.

La amalgama durante la reacción de sus componentes sufre cambios dimensionales: expansión o contracción.

Los valores de cambio dimensional se establecen dentro de los límites de  $\pm 20$  micrones/cm, medidas tomadas entre 5 minutos y 24 horas luego de comenzar la trituración. Valores por encima de este límite indicaran fórmulas que sufrirán gran expansión, valores inferiores son indicativos de una alta contracción.

## INFLUENCIA DE LOS FACTORES DE MANIPULACIÓN.

El éxito o el fracaso de la restauración con amalgama depende en gran medida de factores relacionados con la manipulación de la masa de amalgama. La mezcla y la condensación dentro de la cavidad preparada en el diente son responsabilidad del odontólogo.

Los factores que afectan el comportamiento de la restauración de amalgama son los siguientes:

### 1. Selección de la aleación

- a) Tamaño de partícula
- b) Forma de la partícula
- c) Con o sin zinc

### 2. Proporciones de aleación y mercurio.

- a) Exactitud en dosificación
- b) Uso de cápsulas predosificadas

### 3. Métodos de mezcla

- a) Mortero y pistilo accionados en forma manual
- b) Amalgamación mecánica.

4. Factores en la mezcla (trabajo de trituración)

- a) Tiempo de mezcla
- b) Velocidad de la mezcla
- c) Fuerza aplicada-diseño de la cápsula y pistilo
- d) Amasado
- e) Eliminación del mercurio excedente antes de la condensación.

5. Condensación de la amalgama.

- a) Condensación manual o mecánica
- b) Demora en la condensación
- c) Eliminación del mercurio durante la condensación
- d) Contaminación de la amalgama con la humedad.

6. Factores relacionados con la terminación

- a) Tallado
- b) Bruñido
- c) Pulido.

## JUSTIFICACIÓN.

No cabe duda que la manipulación de la amalgama por el odontólogo es un factor importante en el comportamiento de las propiedades físicas. Sin embargo, y desgraciadamente la mayoría de los cirujanos dentistas, no tienen el cuidado de leer el instructivo que el fabricante provee en su producto, pasando por desapercibido las recomendaciones de manipulación como puede ser la proporción de aleación/mercurio, tiempo y velocidad de mezcla, etc. que el fabricante sugiere para cada una de las aleaciones para amalgama dental sin considerar los efectos que puede tener el mal manejo de este material y por consiguiente el fracaso clínico. La finalidad de este trabajo, es llevar a cabo un estudio experimental, el cual consistirá en modificar el tiempo de trituración, tomando como modelo de comparación el tiempo recomendado por el fabricante; los resultados obtenidos de este trabajo nos servirán para comparar las propiedades físicas, como es la resistencia a la compresión y cambio dimensional en tres aleaciones para amalgama con alto contenido de cobre, y de esta manera interpretar su comportamiento clínico en boca.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL.

Comparar las propiedades físicas ( resistencia a la compresión y cambio dimensional ) de tres aleaciones para amalgama con alto contenido de cobre (DURALLOY, ARTALLOY y ORALLOY), trituradas en tres diferentes tiempos: sobretritución, trituración recomendada por cada fabricante y trituración deficiente.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- a) Determinar y analizar los resultados obtenidos de la RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN de tres aleaciones para amalgama con alto contenido de cobre trituradas en tres diferentes tiempos.
  
- b) Determinar y analizar los resultados obtenidos de CAMBIO DIMENSIONAL de tres aleaciones para amalgama con alto contenido de cobre trituradas en tres diferentes tiempos.

## HIPÓTESIS.

Si no se realizan apropiadamente los procedimientos de manipulación, como es el tiempo de trituración recomendado por el fabricante, la resistencia a la compresión y cambio dimensional resultaran alterados, teniendo así que:

- 1) El incremento en el tiempo de trituración aumentará la resistencia a la compresión en las aleaciones para amalgama con alto contenido de cobre.
- 2) El deficiente tiempo de trituración disminuirá la resistencia a la compresión en las aleaciones para amalgama con alto contenido de cobre.
- 3) A mayor tiempo de trituración, mayor probabilidad de que se presente la fase gama 2; por lo tanto habrá mayor contracción de la amalgama durante el endurecimiento.
- 4) A menor tiempo de trituración, mayor probabilidad de que se presente la fase gama 1; por lo tanto habrá mayor expansión de la amalgama durante el endurecimiento.



## MATERIALES Y MÉTODOS.

1. Amalgamador Mixomat.
2. Tornillo Micrométrico.
3. Máquina Universal de Pruebas.
4. Cabina con Control de Temperaturas.
5. Hacedores de muestras según la especificación número 1 de la A.D.A.
6. Aparato con carga específica para hacer las muestras de amalgama.
7. Cronómetro.
8. Se utilizaron tres marcas comerciales de aleaciones para amalgama con alto contenido de cobre, estas se enlistan en la tabla 2.

MARCA	FABRICANTE	No. DE LOTE	PRESENTACIÓN
ARTALLOY	DEGUSSA MÉXICO S.A.	6071162/22	CÁPSULA PREDOSIFICADA (2 porciones)
DURALLOY	DEGUSSA MÉXICO S.A.	NO PRESENTA	CÁPSULA PREDOSIFICADA (2 porciones)
ORALLOY	COLTENE	DC.403	CÁPSULA PREDOSIFICADA (2 porciones)

TABLA 2

Duralloy es una aleación de fase dispersa, consta de 80% de partículas de esferas y 20% de partículas de limadura, su composición es de 50% de plata, 30% de estaño y 20% de cobre. Artalloy al igual que Duralloy, es una aleación de fase dispersa con 80% de partículas en esferas y 20% de partículas en limadura, la diferencia entre estas dos aleaciones es su composición, ya que Artalloy esta compuesta de 80% de plata, 13% de cobre y 7% de estaño. La tercera aleación con alto contenido de cobre es Oralloy, esta es una aleación de partículas esferoides.

La proporción de aleación para amalgama y mercurio es de 1:1 para las tres marcas.

## **METODOLOGÍA.**

Las tres aleaciones con alto contenido de cobre se trituraron en un amalgamador Mixomat, en lo relativo al tiempo de trituración se usó como prueba control, el recomendado por el fabricante; así mismo, se aumentó al doble del tiempo de trituración recomendado por el fabricante el cual representa la sobretrituración y se disminuyó a la mitad del tiempo de trituración recomendado por el fabricante que representa la menor trituración en cada una de las aleaciones respectivamente.

El procedimiento que se siguió para la realización de las pruebas de resistencia a la compresión y cambio dimensional es el que sugiere la especificación número 1 de la A.D.A. para aleación para amalgama dental.

**3.4 PROPIEDADES FÍSICAS.** Los requisitos para escurrimiento, resistencia a la compresión y cambio dimensional durante el endurecimiento están especificadas en la tabla 3.

## PROPIEDADES FÍSICAS.

ESCURRIMIENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ( 1 hora )	CAMBIO DIMENSIONAL (5 min y 24 horas)
MÁXIMO (%) 5.0	MÍNIMO Mega pascales 80	RANGO (%) 0 ± 0.20

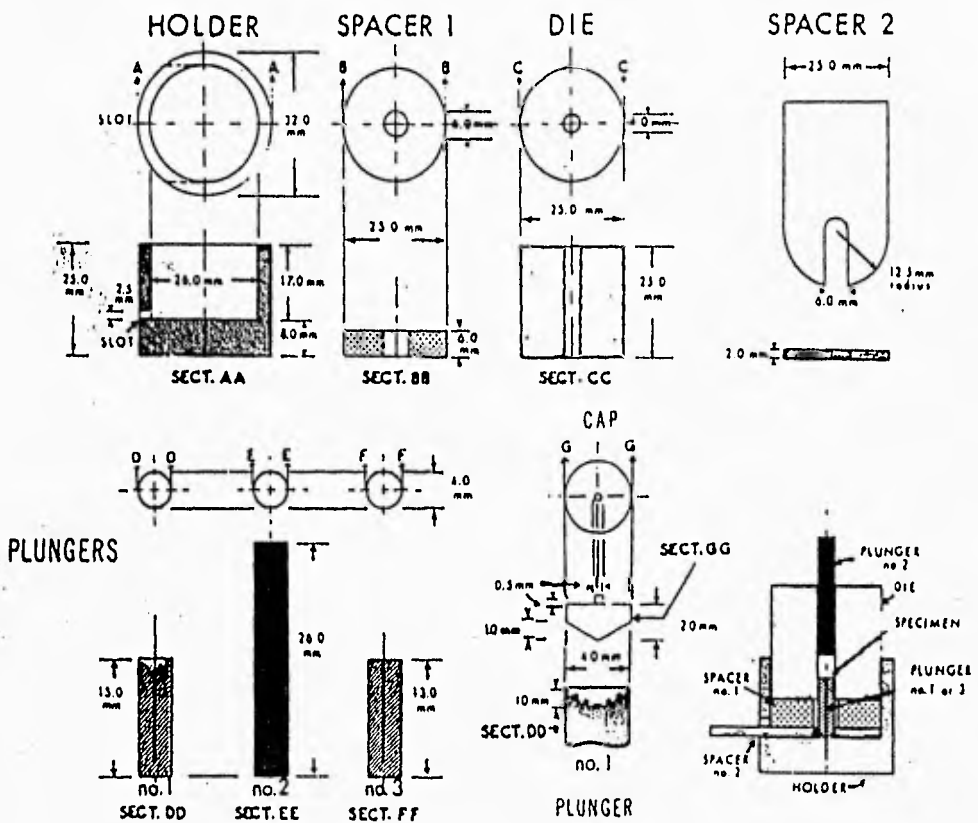
TABLA 3

**3.5 INSTRUCCIONES DEL FABRICANTE.** Las instrucciones para el empleo de la amalgama deberán estar incluidas en cada paquete. Los siguientes detalles deben incluirse en estas instrucciones:

**3.5.1 PROPORCIONES.** El porcentaje de la aleación de mercurio deberá expresarse en las indicaciones de la mezcla. El porcentaje de masa se expresará como una porción simple aleación/mercurio en donde la aleación se dá como uno, así 1/1 o 1/1.4, y así sucesivamente. Un porcentaje considerado por el fabricante como óptimo se especificará así.

**3.5.2 TRITURACIÓN.** Se especificará un método mecánico para triturar la amalgama. Las instrucciones incluirán el modelo del amalgamador mecánico y la velocidad en ciclos por segundo; y los tiempos requeridos para las mezcla de las diversas cantidades de aleación especificadas en las instrucciones incluyendo el tiempo requerido para la mezcla.

4.3.3 PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES. Los especímenes se prepararon por un medio completamente mecánico. Al preparar los especímenes para determinar la resistencia a la compresión, y cambio dimensional, se usó el contenedor, los separadores no. 1 y 2, el dado y el embolo no.3 que fueron montados como lo muestra la figura 1.



Mold for dental amalgam specimens. Holder, spacers, and cap shall be made of cold rolled steel or no. 303 stainless steel. Die and plungers shall be made of hardened tool steel or 440 C stainless steel. The cap and no. 1 plunger are used when the dimensional change specimens are measured in an interferometer. Working surfaces of die and plungers shall be honed surfaces. Limits of clearance for die and plungers shall be 12 to 25 $\mu$ m.

La amalgama triturada fué vaciada en la parte superior de la cavidad del dado e insertado inmediatamente en el molde con varios golpes de un condensador de amalgama ligeramente menor de 4 mm de diametro, después el embolo no.2 se introduce y se siguió el tiempo programado en la tabla 4.

**PROGRAMA PARA LA PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES.**

Fin de la trituración	00 segundos
Colocación de la masa triturada en el molde y aplicación de 14 megapascuales de presión	30
Soltar la carga y quitar el espaciador número 2 a	45
Sustituir la carga a	50
Soltar la carga a	90
Cepillar el mercurio y expeler el espécimen	120

**TABLA 4**

**4.3.5 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.** Cinco especímenes fueron preparados como se ordena en 4.3.3 usando los émbolos no. 2 y 3. Los especímenes se almacenaron a  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ . Sesenta minutos después de la trituración, se determinó la resistencia a la compresión de los especímenes en una máquina Frank adecuada para la prueba, el promedio relativo de movimiento de las prensas o accesorios durante la prueba fué de

0.25 mm/min. La fuerza fué aplicada axialmente.

Los valores de resistencia a la compresión fueron reportados como el promedio de cinco especímenes y se redondeo al megapascal (MPa) mas cercano a 1.0.

**4.3.7 CAMBIO DIMENSIONAL.** El espécimen fué preparado como se ordena en 4.3.3. Inmediatamente después de formarse, el espécimen fue colocado en un instrumento de medición (tornillo micrométrico) con una precisión de 0.5 micras. La medida inicial se hizo a los cinco minutos después de la trituración. La medida final se hizo después de 24 horas. Durante esta prueba la temperatura del espécimen se mantuvo a  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ . El cambio promedio en longitud de los tres especímenes se redondeo al 0.01% más cercano.

## RESULTADOS.

### ARTALLOY

#### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

MUESTRA	SOBRE TRITURACIÓN	TRITURACIÓN RECOMENDADA	MENOR TRITURACIÓN
1	184.7 MPa	171.8 MPa	
2	175.7 MPa	164.8 MPa	126.9 MPa
3	181.6 MPa	160.9 MPa	123.4 MPa
4	176.5 MPa	166.4 MPa	112.8 MPa
5	184.3 MPa	168.5 MPa	128.9 MPa
PROMEDIO	180.5 MPa	166.5 MPa	123.0 MPa

Ver gráfica 1

### DURALLOY

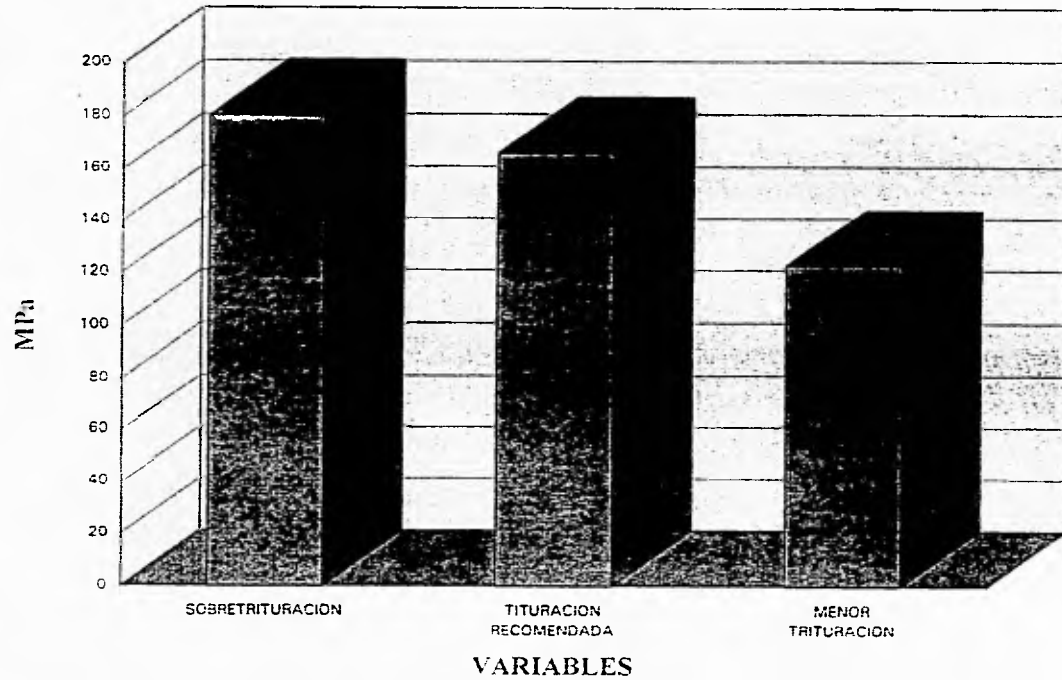
#### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

MUESTRA	SOBRE TRITURACIÓN	TRITURACIÓN RECOMENDADA	MENOR TRITURACIÓN
1	187.1 MPa	183.5 MPa	175.3 MPa
2	187.5 MPa	185.1 MPa	165.6 MPa
3	187.8 MPa	186.3 MPa	169.5 MPa
4	189.0 MPa	186.3 MPa	159.3 MPa
5	189.0 MPa	180.8 MPa	183.5 MPa
PROMEDIO	188.0 MPa	184.4 MPa	169.6 MPa

Ver gráfica 2

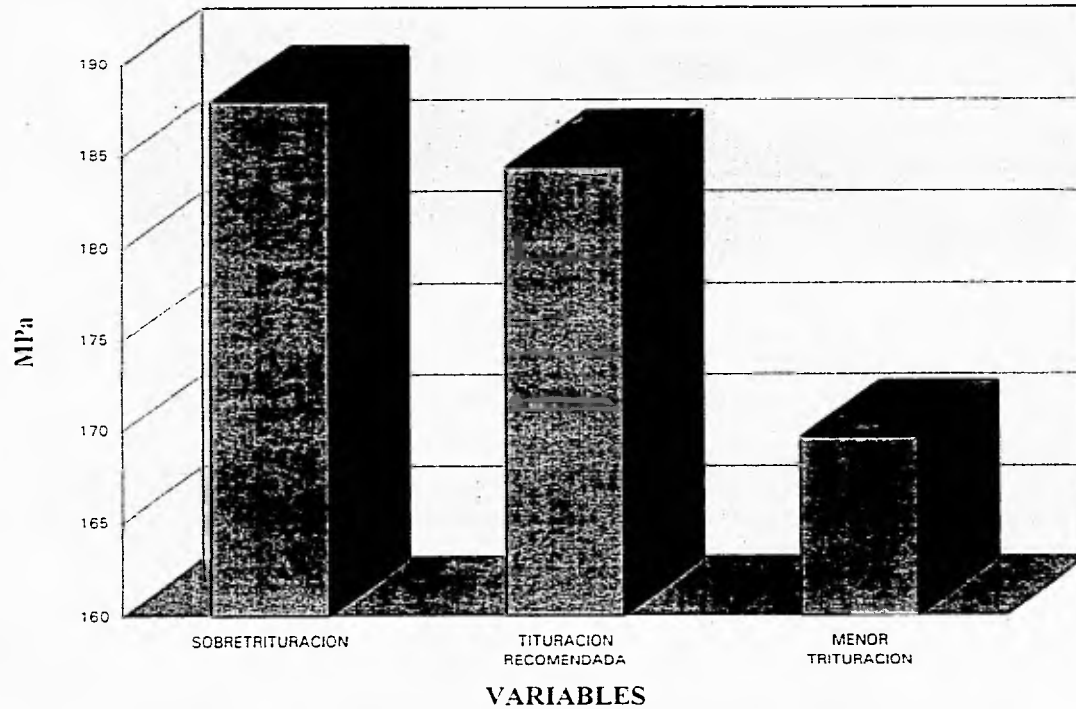


RESISTENCIA A LA COMPRESION EN MPa.  
ARTALLOY



GRAFICA 1

**RESISTENCIA A LA COMPRESION EN MPa.  
DURALLOY**



**GRAFICA 2**

**ORALLOY**  
**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

MUESTRA	SOBRE TRITURACIÓN	TRITURACIÓN RECOMENDADA	MENOR TRITURACIÓN
1	188.2 MPa	188.2 MPa	185.9 MPa
2	188.2 MPa	187.8 MPa	177.3 MPa
3	188.2 MPa	187.5 MPa	179.6 MPa
4	188.2 MPa	179.6 MPa	174.2 MPa
5	188.2 MPa	182.8 MPa	182.0 MPa
<b>PROMEDIO</b>	<b>188.2 MPa</b>	<b>185.1 MPa</b>	<b>179.8 MPa</b>

Ver grafica 3

PROMEDIO DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MPa.**

ALEACIÓN	SOBRE TRITURACIÓN	TRITURACIÓN RECOMENDADA	MENOR TRITURACIÓN
ARTALLOY	180.5	166.5	123.0
DURALLOY	188.0	184.4	169.6
ORALLOY	188.2	185.1	179.8

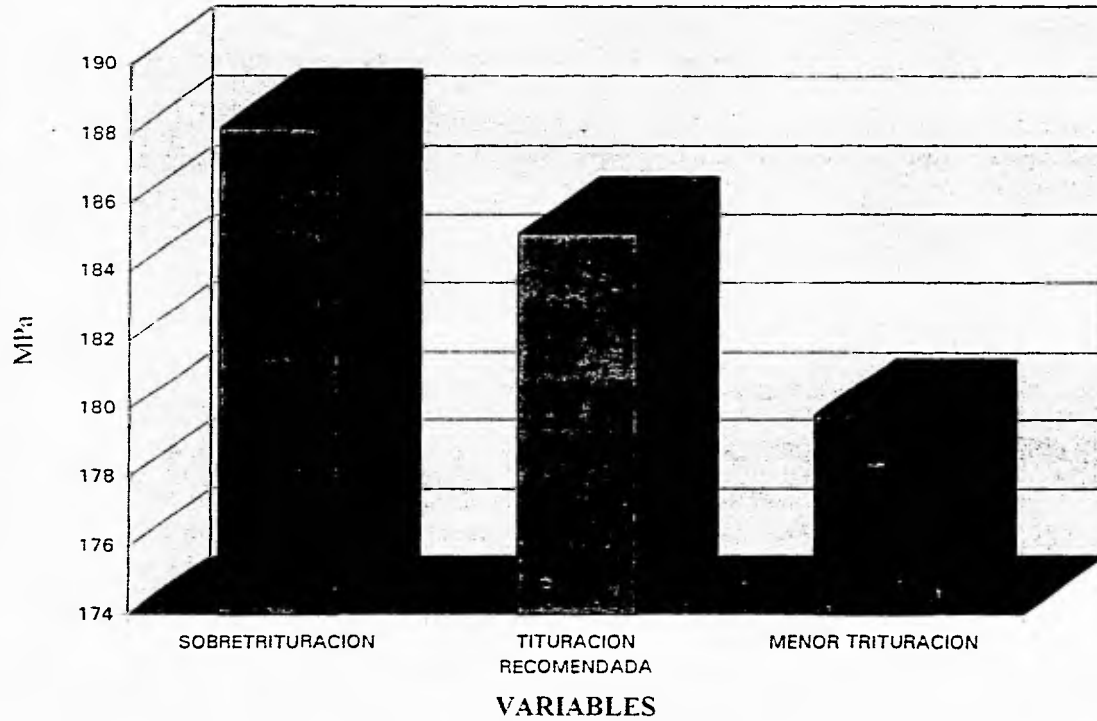
Ver graficas

4

5

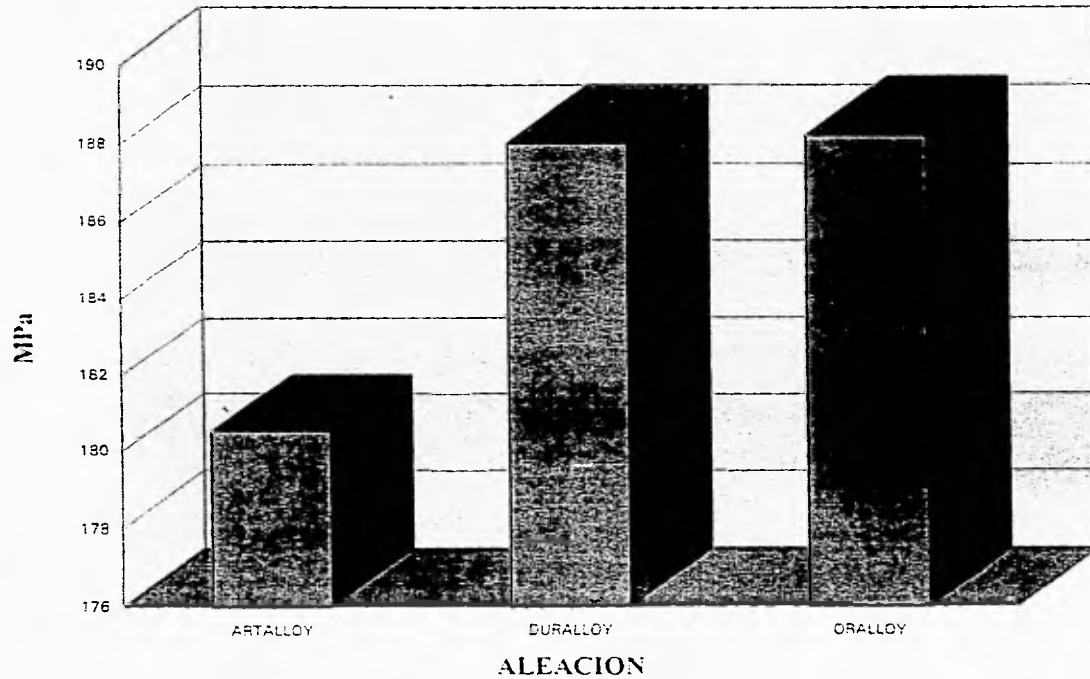
6

RESITENCIA A LA COMPRESION EN MPa.  
ORALLOY



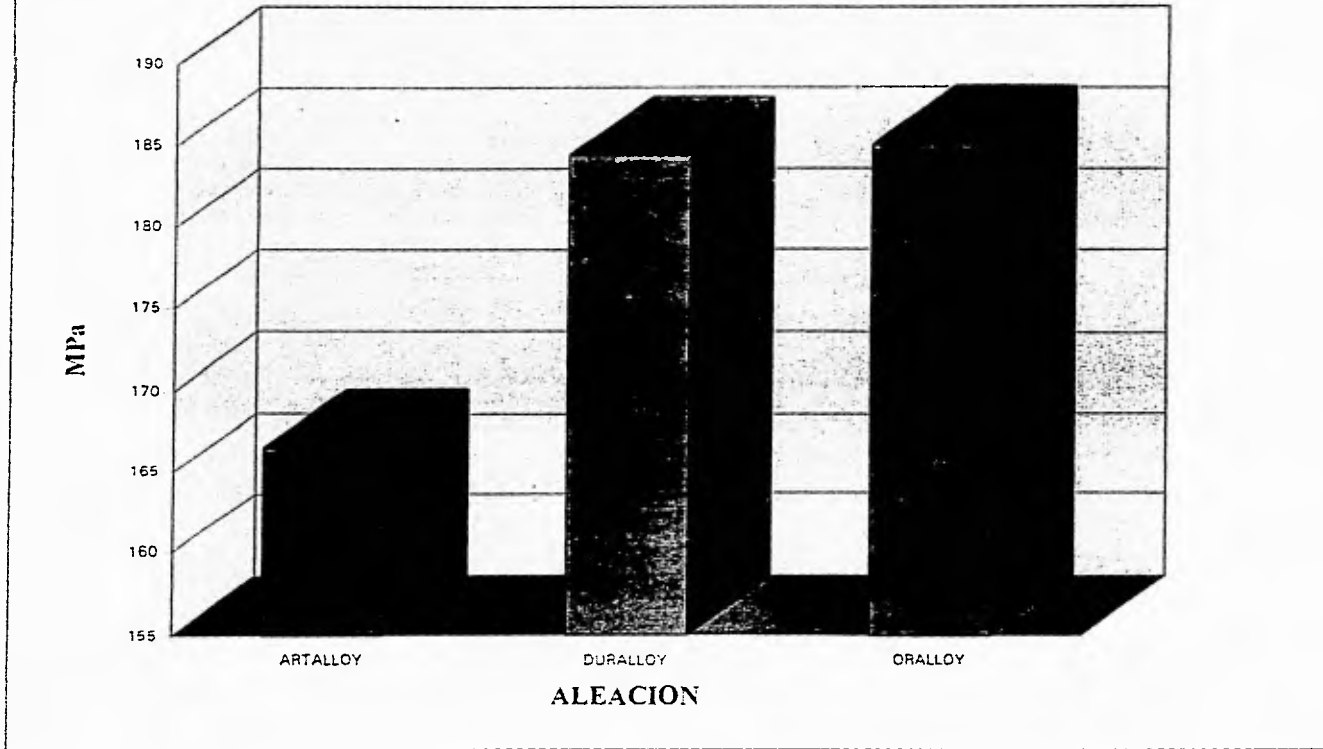
GRAFICA 3

**RESISTENCIA A LA COMPRESION EN MPa.  
SOBRETRITURACION**



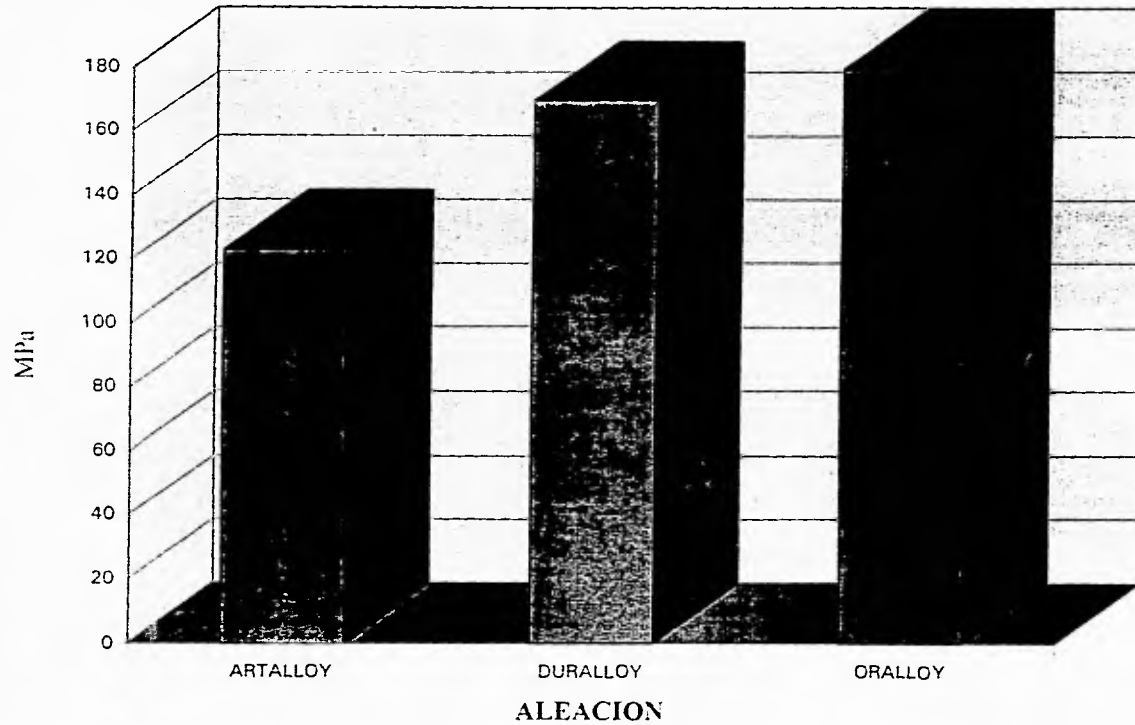
**GRAFICA 4**

**RESISTENCIA A LA COMPRESION EN MPa.  
TRITURACION RECOMENDADA**



**GRAFICA 5**

**RESITENCIA A LA COMPRESION EN MPa.  
MENOR TRITURACION**



**GRAFICA 6**

ARTALLOY

CAMBIO DIMENSIONAL.

MUESTRA	SOBRE TRITURACIÓN	TRITURACIÓN RECOMENDADA	MENOR TRITURACIÓN
1	0.13%	0.38%	0.55%
2	0.16%	0.28%	0.74%
3	0.17%	0.21%	0.44%
PROMEDIO	0.15%	0.29%	0.57%

Ver gráfica 7

DURALLOY

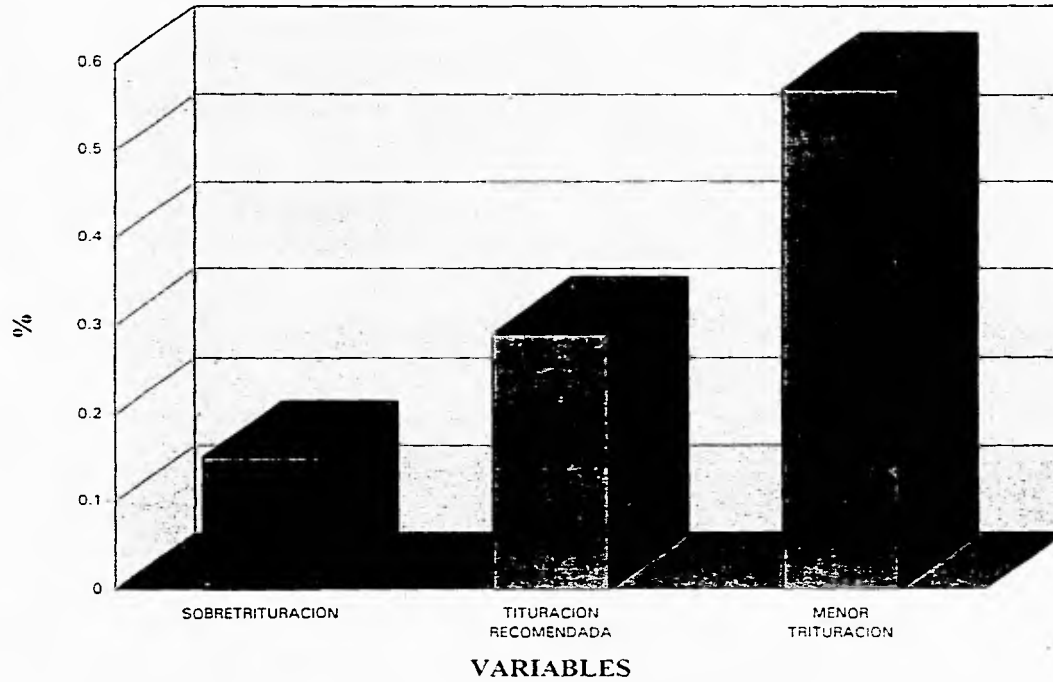
CAMBIO DIMENSIONAL.

MUESTRA	SOBRE TRITURACIÓN	TRITURACIÓN RECOMENDADA	MENOR TRITURACIÓN
1	0.12%	0.20%	0.43%
2	0.09%	0.36%	0.57%
3	0.06%	0.25%	0.24%
PROMEDIO	0.09%	0.27%	0.41%

Ver gráfica 8



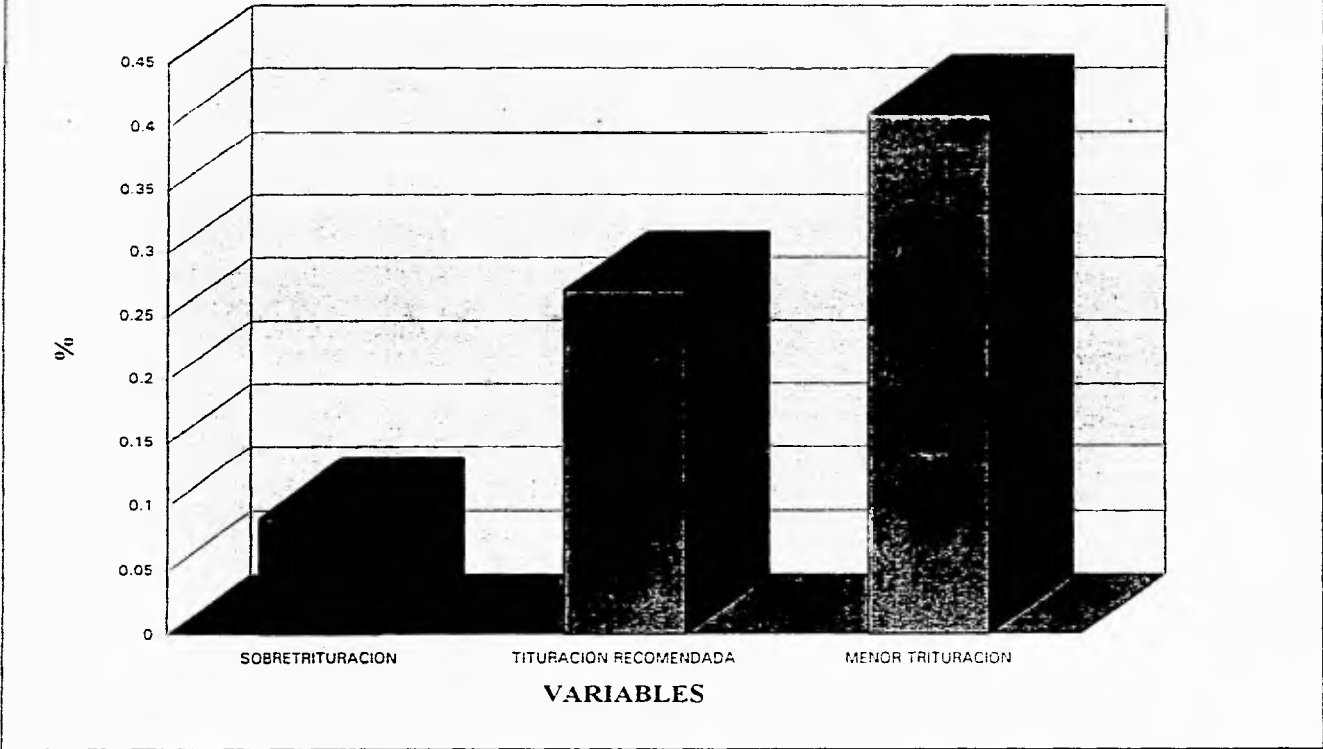
### CAMBIO DIMENSIONAL % ARTALLOY



GRAFICA 7

EXTRA  
SIN  
MAYOR  
CANTIDAD  
DE  
MATERIA  
PRIMA  
REQUERIDA

**CAMBIO DIMENSIONAL %  
DURALLOY**



**GRAFICA 8**

## ORALLOY

### CAMBIO DIMENSIONAL.

MUESTRA	SOBRE TRITURACIÓN	TRITURACIÓN RECOMENDADA	MENOR TRITURACIÓN
1	0.07%	0.22%	0.43%
2	0.16%	0.43%	0.21%
3	0.11%	0.16%	0.65%
PROMEDIO	0.11%	0.27%	0.43%

Ver gráfica 9

### PROMEDIO DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE

### CAMBIO DIMENSIONAL %

ALEACIÓN	SOBRE TRITURACIÓN	TRITURACIÓN RECOMENDADA	MENOR TRITURACIÓN
ARTALLOY	0.15	0.29	0.57
DURALLOY	0.09	0.27	0.41
ORALLOY	0.11	0.27	0.43

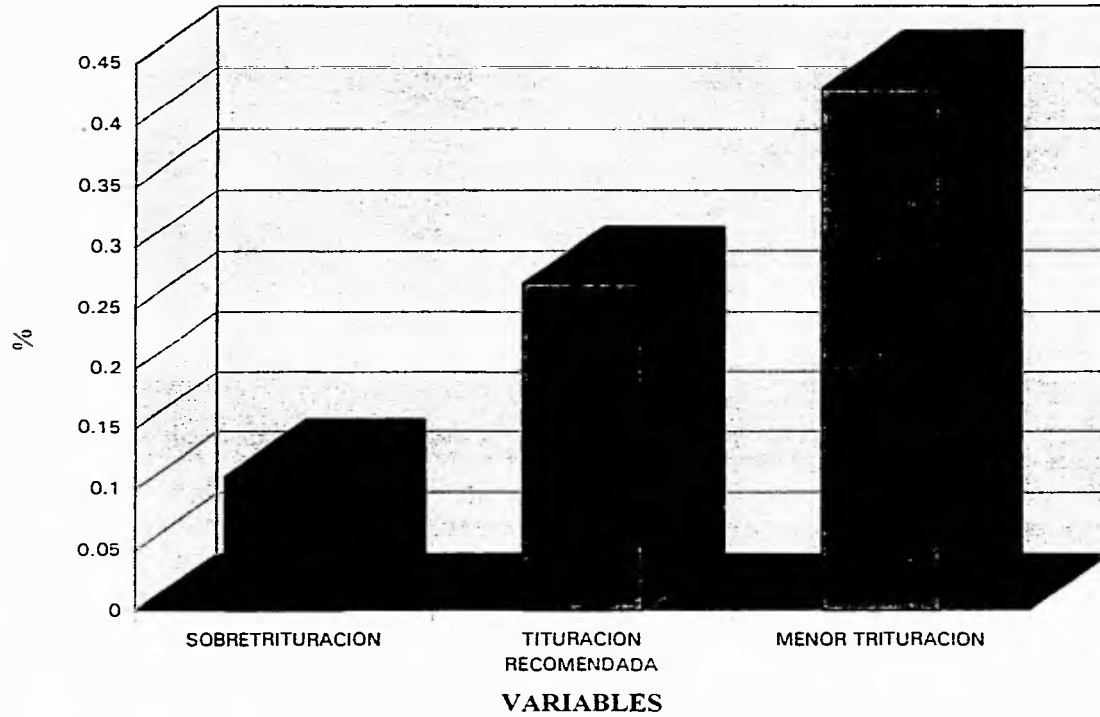
Ver gráficas

10

11

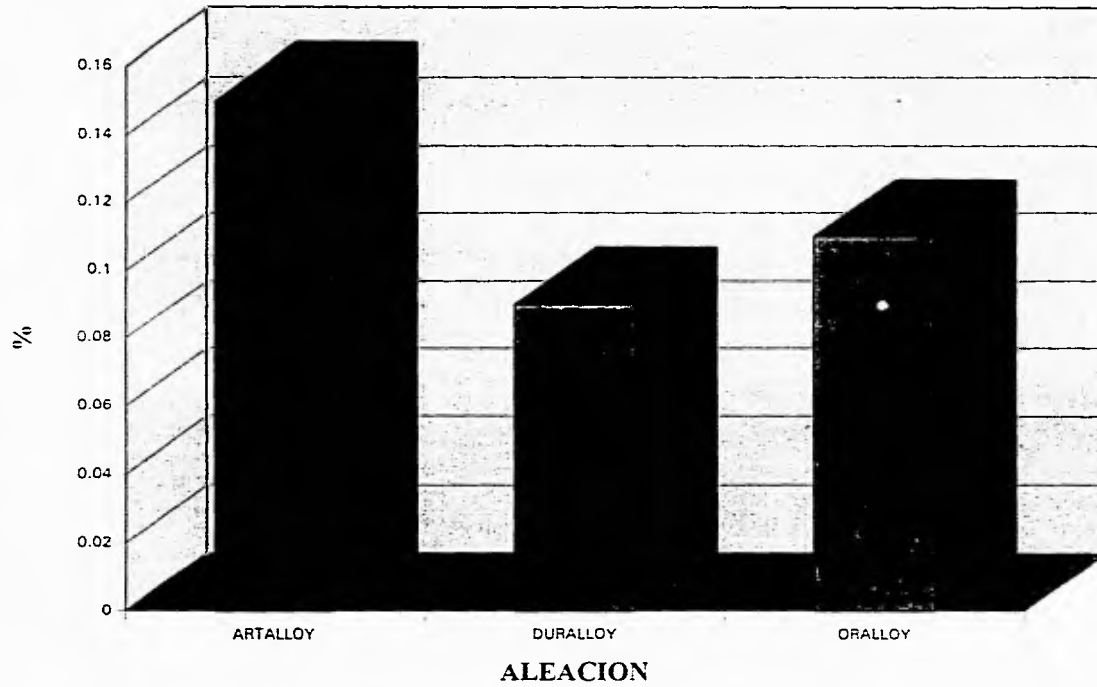
12

**CAMBIO DIMENSIONAL %  
ORALLOY**



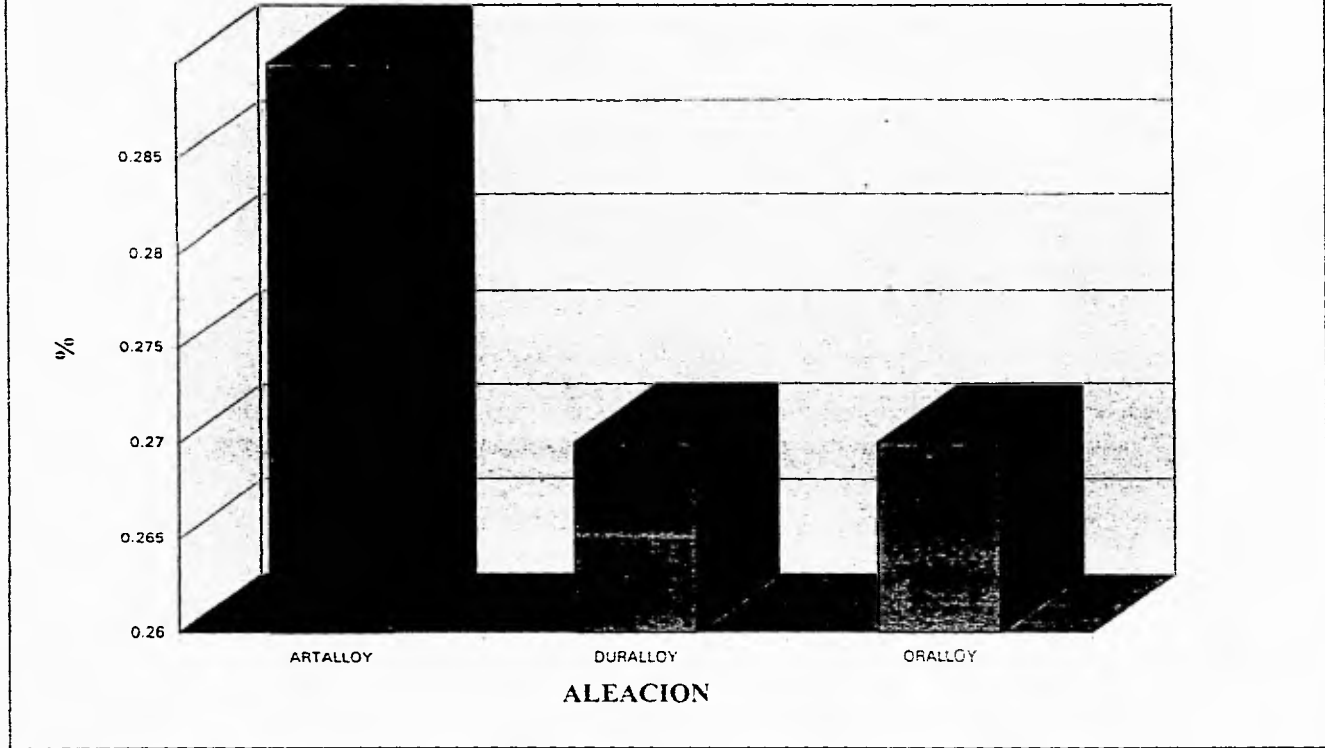
**GRAFICA 9**

**CAMBIO DIMENSIONAL %  
SOBRETRITURACION**



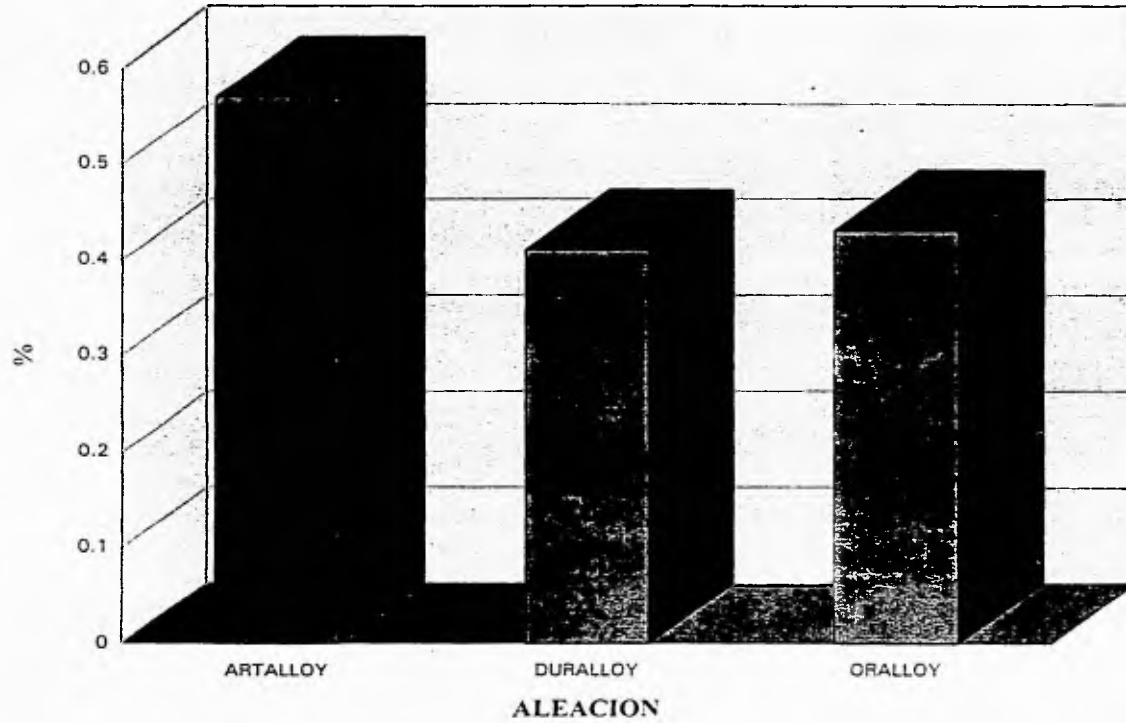
**GRAFICA 10**

**CAMBIO DIMENSIONAL %  
TRITURACION RECOMENDADA**



GRAFICA 11

**CAMBIO DIMENSIONAL %  
MENOR TRITURACION**



GRAFICA 12

## CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos en este estudio, se confirma que la variación en el tiempo de trituración influye en las propiedades físicas de la amalgama teniendo así:

1. Cuando hay una sobretrituración (18 seg), la resistencia a la compresión aumenta, siendo Oralloy la que mostró los valores más altos, seguida por Duralloy y finalmente Artalloy. Estas tres marcas de amalgama mostraron valores por arriba de lo que exige la especificación No. 1 de la A.D.A., lo que representa clínicamente que el paciente pueda comer en las primeras horas de colocada la amalgama sin riesgo de que se fracture ésta. Por otro lado la consistencia de las amalgamas sobretrituradas fué demasiado plástica siendo muy difícil su manipulación durante la condensación; este problema se presentó principalmente en Oralloy.

2. Se observó que cuando hay menor tiempo de trituración (5 seg) la resistencia a la compresión es inferior comparada con el tiempo de trituración recomendado por el fabricante y con la sobretrituración, sin embargo sigue estando por arriba de lo que exige la especificación No. 1 de la A.D.A., con respecto al cambio dimensional las tres marcas mostraron una gran expansión, Artalloy fué la que obtuvo los valores más altos, seguido por Oralloy y finalmente Duralloy, además, la consistencia de la amalgama poco triturada era granulosa, opaca y quedaban partículas de la aleación sin reaccionar con el mercurio.



3. Asimismo cuando se trituró de acuerdo al tiempo que recomienda el fabricante, la resistencia a la compresión mostró valores por arriba de lo que exige la especificación No. 1 de la A.D.A. en las tres marcas de amalgama. Si extrapolamos estos resultados a boca podemos estar seguros que el comportamiento clínico será óptimo, además de que la consistencia de la amalgama recién triturada era la adecuada resultando de fácil manipulación durante la condensación.

Con respecto a la prueba de cambio dimensional Duralloy presentó en los tres tiempos de trituración el menor cambio dimensional, Artalloy a su vez presentó el mayor cambio dimensional en los tres tiempos de trituración, Oralloy mostró valores intermedios, cabe hacer notar que aún empleando el tiempo de trituración sugerido por el fabricante, ninguna de las marcas cumple con lo establecido en la especificación No. 1 de la A.D.A.

Por lo anteriormente expuesto se sugiere que los Cirujanos Dentistas tengan siempre el cuidado de leer y seguir las instrucciones que el fabricante provee en su producto para que de esta manera se pueda asegurar un mejor comportamiento clínico de la restauración.

## BIBLIOGRAFÍA.

- A.D.A. Specifications No. 1 for Dental Amalgam.  
American Dental Association, Sept. 1977.
- COMBE E. C. Materiales Dentales.  
1a. Edición, 1990, Barcelona. p.p. 175-185.
- CRAIG R. G. Materiales Dentales.  
3a. Edición, 1985, México, D.F. p.p. 93-119.
- GUZMÁN B. H. Biomateriales Odontológicos de uso Clínico.  
1a. Edición, 1990, Colombia. p.p. 81-97.
- MURCHISON D. T. The effect of trituration time on the  
mechanical properties of four high-copper amalgam alloys.  
Dent. Mater. 5:74-76, March, 1989.
- PEYTON F. A. Materiales Dentales Restauradores.  
2da. Edición, 1974, Argentina. p.p. 358-395.
- PHILLIPS R. W. Ciencia de los Materiales Dentales de Skinner.  
9a. Edición, 1991, Filadelfia W. B. p.p. 313-359.
- REISBICK M. H. Materiales Dentales en Odontología.  
1a. Edición, 1985, México. p.p. 1-19.