

413  
2 ej°



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

**ESTUDIO COMPARATIVO DE IONOMEROS DE  
VIDRIO REFORZADOS CON METAL**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**CIRUJANO DENTISTA**  
P R E S E N T A N :  
**CLAUDIA PATRICIA SERRANO GONZALEZ**  
**JOSE SANCHEZ TENORIO**

DIRECTOR DE TESIS: D.C.O. FEDERICO HUMBERTO BARCELO SANTANA  
ASESOR: C.D. MARCELO YOLLI SATO SATO

MEXICO, D. F.

1996



*VB*  
*Barcelo*



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.

# AGRADECIMIENTOS

*A ti Mamá,*

*Por darme tu apoyo y todo ese cariño que sólo hasta ahora he podido comprender, por esa vida de sacrificio y dedicación que me han dado las armas con que me enfrentaré a la vida.*

*Te quiero.*

*A ti Papá,*

*Por ese ejemplo de lucha y superación constante que nos ha llevado hasta aquí, porque gracias a tí he llegado a donde estoy, tu esfuerzo y trabajo constante me han dado el soporte para lograrlo.*

*Te quiero.*

*Gracias a ambos por su cariño, apoyo y fé en mí,  
por ustedes soy quien soy.*

*A tí Pepe,*

*Porque me has dado el apoyo, la confianza y los jalones de orejas cuando lo necesitaba; porque siempre que volteo estás a mi lado, llevándome de la mano para no perderme; porque fuiste compañero y maestro, mi amigo y mi pareja; porque has sufrido mis fracasos y gozado mis logros.*

*Pero sobre todo, por ser quien eres y por estar conmigo.*

*¡Te Amo!*

*A Armando, Beto, Jaime y Mario:*

*Con ustedes aprendí el verdadero valor de la amistad. Nunca pensé tenerle tanto cariño a unos amigos, pero ustedes durante éstos años han sido más bien como mis hermanos.*

*Gracias por su apoyo, confianza y respeto; pero sobre todo, por tratarme como una amiga, una integrante más del grupo y no solo la novia de un amigo.*

*A los Doctores:*

*Federico Humberto Barceló Santana y  
Marcelo Yofli Sato Sato*

*Por su gran ayuda y sabia asesoría, ya que con sus conocimientos y experiencia hicieron posible la realización de ésta obra.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México.*

*A la Facultad de Odontología.*

*A todos mis profesores, que me transmitieron sus conocimientos.*

*A mis pacientes, que tuvieron confianza en mí.*

*A todas las personas que me dieron su apoyo cuando lo necesité:*

*¡Gracias!*

*Claudia Patricia Serrano González*

# DEDICATORIAS

*A mi hija Grecia:*

*Pedacito de mi ser, que con una sola sonrisa borras la mayor de mis tristezas y el peor de mis cansancios.*

*Éste logro es para tí, esperando poderte dar lo mejor en ésta vida y deseando que gracias a ésto, tus logros puedan ser mayores que los míos.*

*Te adoro.*

*A Pepe:*

*Éste logro ha sido una muestra más de lo que unidos podemos hacer. No habrá obstáculos ni imposibles mientras juntos sigamos soñando, deseando y luchando.*

*T.Q.U.C.H.C.*

*A mis padres:*

*Les dedico éste logro, el primero de los que  
vienen.*

*A mi hermano:*

*Lucha fuerte por tus ideas, sigue  
adelante con paso firme hacia tus metas;  
que tu esfuerzo se verá recompensado con  
una gran satisfacción.*

*A tí Guille:*

*Lástima que no pudiste gozar  
junto a mí éste triunfo, aunque sé  
que siempre estarás aquí conmigo.*

*Claudia Patricia Serrano González*

# *Agradecimientos*

*A DIOS:*

*Por todo lo que me ha dado.*

*A mis Padres:*

*Por su esfuerzo, sacrificio y esta  
vida de superación constante.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de  
México, y en especial a la Facultad de  
Odontología:*

*Por haberme dado la oportunidad de ser  
un profesionalista y así conformar uno de los  
pilares más sólidos y necesarios en mi vida.*

*Al Dr. Marcelo Nolli Sato Sato:*

*Por haber despertado en mi el espíritu de la investigación y enseñarme que con dedicación y estudio se pueden lograr las cosas. Gracias por compartir conmigo sus conocimientos.*

*Al Dr. Federico Humberto Barceló Santana*

*Por su apoyo, dedicación y ayuda desinteresada que dió en la realización del presente trabajo; ya que sin su valiosa colaboración, no hubiera sido posible la realización del mismo.*

*A todos mis Maestros:*

*Que día a día me dieron formación profesional con paciencia, esmero, dedicación y sobre todo con sabiduría.*

*A mis Amigos Beto, Armando, Jaime y Mario:*

*Por su amistad y todos los momentos que compartimos. Nunca voy a olvidarlos.*

*A todo el Personal Administrativo y Enfermeras:*

*Que de una u otra forma pusieron su granito de arena para la conclusión de mi carrera.*

*A todos mis Pacientes:*

*Pues sin ellos no hubiese sido posible este logro. Gracias a cada uno de ellos por confiar y creer en mi, así como por haberme dejado aprender y enseñarme tanto.*

*José Sánchez Tenorio.*

# *Dedicatorias*

*Por la formación personal y profesional que me han dado:*

*A mis Padres, con eterno agradecimiento, cariño y respeto.*

*A mi Mamá:*

*Sra. Dolores Tenorio Tapia,*

*Por todos tus desvelos, apoyo, ánimo y esperanza que depositaste en mi. Este logro es tuyo y por ti. Por tus sacrificios y todo lo que me has enseñado. Por darme la parte sentimental que poseo.*

*Te amo.*

*A mi Papá:*

*Sr. José Sánchez Paredes,*

*Por toda tu ayuda, consejos y apoyo, así como por inculcarme siempre el camino del estudio. Sin ti no hubiera llegado hasta aquí; por el orgullo que me has enseñado de no dejarme caer a la primera y siempre luchar.*

*Te amo.*

*Ustedes dos son la base de mi vida y siempre estarán en mi mente.*

*A Patricia:*

*Mi fiel compañera y amiga.*

*Por dar tanto de ti y estar siempre conmigo. No hay palabras para agradecerte tanto.*

*Te amo.*

*A mi hija Grecia Magdalena:*

*Por tu amor hacia mi y por significar tanto en mi vida. Te amo y eres el motivo de mi lucha.*

*A mis hermanos:*

*Porque de alguna forma me ayudaron y siempre estuvieron en mi pensamiento. Nunca olviden que con amor, esfuerzo, constancia y dedicación pueden lograr lo que quieran.*

*L. Q. M.*

*José Sánchez Tenorio.*

# ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>                   | <b>5</b>  |
| <b>2. IONÓMERO DE VIDRIO</b>             | <b>9</b>  |
| <b>2.1. GENERALIDADES</b>                | <b>9</b>  |
| 2.1.1. HISTORIA                          | 9         |
| 2.1.2. DESCRIPCIÓN                       | 11        |
| 2.1.3. COMPOSICIÓN                       | 13        |
| <b>2.2. CLASIFICACIÓN</b>                | <b>18</b> |
| <b>2.3. CARACTERÍSTICAS DEL IONÓMERO</b> | <b>19</b> |
| 2.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS               | 19        |
| 2.3.1.1. PROPIEDADES TÉRMICAS            | 20        |
| 2.3.1.2. EQUILIBRIO HÍDRICO              | 20        |
| 2.3.1.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN     | 22        |
| 2.3.1.4. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN       | 25        |
| 2.3.1.5. SOLUBILIDAD                     | 25        |
| 2.3.2. PROPIEDADES BIOLÓGICAS            | 26        |
| 2.3.2.1. PROPIEDADES CARIOSTÁTICAS       | 26        |
| 2.3.2.2. COMPATIBILIDAD PULPAR           | 28        |
| 2.3.3. PROPIEDADES QUÍMICAS              | 29        |
| 2.3.3.1. REACCIÓN DE FRAGUADO            | 29        |
| 2.3.3.2. ADHESIÓN A ESMALTE Y DENTINA    | 30        |
| 2.3.3.3. P H                             | 31        |
| <b>2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS</b>       | <b>33</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3. MEZCLAS IONÓMERO DE VIDRIO/METAL</b>                | <b>36</b> |
| 3.1. USOS DE ÉSTA MEZCLA .....                            | 38        |
| 3.2. TIPOS .....  | 40        |
| 3.2.1. MEZCLAS .....                                      | 41        |
| 3.2.2. CERMETS .....                                      | 43        |
| 3.3. PROPIEDADES Y DIFERENCIAS .....                      | 46        |
| <b>4. INVESTIGACIÓN</b>                                   | <b>52</b> |
| 4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                     | 52        |
| 4.2. JUSTIFICACIÓN .....                                  | 53        |
| 4.3. HIPÓTESIS .....                                      | 54        |
| 4.4. OBJETIVO GENERAL .....                               | 55        |
| 4.5. OBJETIVO ESPECÍFICO .....                            | 56        |
| 4.6. MATERIAL Y MÉTODOS .....                             | 57        |
| 4.6.1. PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....        | 65        |
| 4.6.2. PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FUERZA TANGENCIAL ..... | 70        |
| 4.6.3. PRUEBA DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN .....          | 73        |
| <b>5. RESULTADOS</b>                                      | <b>78</b> |
| 5.1. RESULTADOS DE RESISTENCIA COMPRESIVA .....           | 79        |
| 5.2. RESULTADOS DE RESISTENCIA TANGENCIAL .....           | 83        |
| 5.3. RESULTADOS DE RESISTENCIA ABRASIVA .....             | 89        |
| 5.3.1. POR PESO .....                                     | 89        |
| 5.3.2. POR LONGITUD .....                                 | 93        |

|                        |            |
|------------------------|------------|
| 5.4. DISCUSIÓN .....   | 97         |
| <u>6. CONCLUSIONES</u> | <u>101</u> |
| <u>7. BIBLIOGRAFÍA</u> | <u>103</u> |

# INTRODUCCIÓN

# 1.INTRODUCCIÓN

El ionómero de vidrio representa un avance importante en la práctica odontológica, ya que por sus propiedades físicas, químicas, biológicas y mecánicas, éste material tiene variados usos clínicos y reúne características ideales como material de restauración, protección pulpar o como medio cementante.

La importancia más relevante del ionómero de vidrio radica en su adhesión química al tejido dentario, así como la liberación de fluoruros. Tales propiedades impiden el desarrollo de caries recurrente, lo que es ideal para restauraciones de difícil acceso al cepillado.

Como todo material nuevo, ha sido sometido a una serie de investigaciones, para resaltar sus propiedades y subrayar sus desventajas, mismas que han servido para modificar la fórmula original, la forma de fabricación y su manipulación.

El conjunto de cada una de las particularidades de éste cemento es el motivo por el cual se pretende analizar y resaltar las ventajas y desventajas de éste, así

como su correcta aplicación clínica, las variantes que se pueden emplear y las limitaciones de las mismas.

Con el fin de incrementar las ventajas de los ionómeros de vidrio y disminuir sus desventajas, varios investigadores han creado varios ionómeros de vidrio con diferentes características pero con la composición básica de los viejos ionómeros, los cuales son muy buenas opciones a los materiales ya existentes.

Entre esas modificaciones, se han adicionado partículas metálicas al ionómero para reconstrucción y se han obtenido mejores resultados en la resistencia. Esto amplía las posibilidades de uso para el ionómero de vidrio, pudiéndolo usar para reconstrucciones extensas o como sustituto dentinario.

Esta nueva forma de ionómero de vidrio no está lo suficientemente difundido entre los odontólogos, que siguen limitando el uso del ionómero de vidrio pudiendo sacar provecho del nuevo material, que da propiedades superiores a muchos otros materiales.

El propósito de éste estudio es comprobar si verdaderamente se mejoran las propiedades físicas del ionómero de vidrio al agregarle plata a su composición.

El ionómero de vidrio reforzado puede ser una buena opción al momento de elegir un material para reconstrucción; ya que contiene las propiedades de la plata y las del ionómero de vidrio en uno solo.

# IONÓMERO DE VIDRIO

## **2. IONÓMERO DE VIDRIO**

Primeramente, debemos estudiar las características generales del ionómero de vidrio convencional, para poder familiarizarnos con las características de éste; sus ventajas, desventajas y propiedades más importantes, para después compararlas con los nuevos materiales, teniendo una base sobre la cual comparar las características adquiridas.

### **2.1. GENERALIDADES**

#### **2.1.1. HISTORIA**

En los años 50's el material de restauración estético era únicamente el silicato, del cual no se conocía a ciencia cierta su estructura ni su reacción, pero gracias a los estudios realizados sobre éste cemento, se dio pie a la aparición del cemento de ionómero de vidrio<sup>1</sup>.

A finales de los 60's y principios de los 70's existió un mayor desarrollo de los materiales. Además se presentó un reconocimiento general de que<sup>1</sup>:

- ◆ Las propiedades físicas adecuadas de materiales no eran suficientes por ellas mismas

- ◆ Un material de restauración debería ser más que un obturador inerte.
- ◆ La biocompatibilidad y la adhesión eran importantes y
- ◆ Los nuevos materiales y técnicas deberían desarrollarse con éstas características.

Se necesitaba combinar las mejoras propiedades de los cementos de silicato, de policarboxilato y las resinas. Sin embargo, combinar éstas propiedades en un sólo cemento resultaba improbable, sin embargo, varios de éstos objetivos han sido alcanzados en los cementos de ionómero de vidrio.<sup>2</sup>

La invención del cemento de ionómero de vidrio en 1969 fue el resultado de un programa de trabajo en el Laboratory of the Government Chemist para eliminar algunas de las deficiencias de los cementos de silicato, de aquí que los cementos de ionómero de vidrio sean considerados como una derivación de aquellos. Fueron desarrollados por Alan Wilson y Brian Kent y se anunciaron por vez primera en 1971.<sup>3</sup>

Otra aportación importante para el desarrollo del ionómero de vidrio, fue realizada por Dennis Smith la cual dio lugar al descubrimiento de los poliácidos que se utilizaron para reemplazar el ácido fosfórico de los cementos de silicato<sup>5</sup>.

Se han usado en Europa desde 1975, como material restaurador; en Estados Unidos dos años después. Fue manufacturado por De Trey (División de Dentsplay Ltd Weybridge UK) con el nombre comercial de ASPA, que es la abreviatura de Aluminio-Silicate-PoliAcrilate (poliacrilato de aluminosilicato), se trataba de un material opaco y antiestético, cuyas propiedades físicas estaban entre las de los silicatos y los composites.<sup>4</sup>

El primer ionómero de vidrio restaurador, estéticamente aceptable fue comercializado por la G-C International en Japón como Fuji II, que además presentaba una mejora en las propiedades físicas sobre los materiales precedentes.<sup>5</sup>

### **2.1.2.DESCRIPCIÓN**

Estos cementos consisten en un vidrio de aluminio y sílice con un alto contenido de fluoruro que interactúa con un ácido polialquenoico; son cementos con base agua. El cemento resultante consiste en partículas de vidrio no reaccionado rodeadas y sostenidas por una matriz que emerge de la disolución de la superficie de las partículas de vidrio en el ácido.<sup>4</sup>

Primero y rápidamente se forman cadenas de poliacrilato y calcio, uniéndose éstas entre sí; dando origen a la matriz inicial, que mantendrá a las partículas juntas. Tan pronto como los iones calcio están envueltos, los iones aluminio empiezan a formar cadenas de aluminio y poliacrilato; siendo éstas menos solubles y mucho más fuertes, formando la matriz final. Esta matriz es relativamente insoluble a líquidos orales; pero como el fluoruro no es parte del sistema matriz, la capacidad de desprenderse dentro de la estructura circundante del diente se mantiene.<sup>4</sup>

Aproximadamente el 24% del cemento endurecido o fraguado es agua y al menos hasta que la formación de las cadenas de aluminio y poliacrilato estén bien adelantadas, puede ser que se absorba más agua por las cadenas de calcio y poliacrilato.<sup>4</sup>

Si por el contrario, el cemento permanece expuesto al medio ambiente bucal sin una debida protección, éste perderá o absorberá agua; este problema de la pérdida o absorción de agua (equilibrio hídrico), es sin lugar a dudas el más importante y el menos conocido de éste grupo de cementos.<sup>4</sup>

De cualquier manera, las concentraciones de agua ya sea por absorción o pérdida; son un problema de magnitud considerable durante la primera hora y

aunque continúa durante las 24 horas siguientes, después de éste lapso su importancia es mínima.<sup>4</sup>

La reacción de fraguado de los cementos de ionómero de vidrio puede describirse como un enlace iónico transversal entre las cadenas poliácidas, dando una fuerte unión poliácido/matriz salina.<sup>4</sup>

La fijación del ionómero de vidrio es por medio de una quelación química que es el resultado de la reacción entre un ácido (el poliacrílico) y una base (vidrio aluminosilicato)<sup>4</sup>

### **2.1.3.COMPOSICIÓN**

Los cementos de ionómero de vidrio constan de dos partes: un componente en polvo y un segundo componente en líquido.

El ionómero de vidrio común está compuesto por varios constituyentes: el vidrio, el poliácido, el ácido tartárico y el agua. En algunas formas de polvo/líquido, el polvo es el vidrio y el líquido contiene el poliácido y el ácido tartárico, en otras fórmulas el polvo es una mezcla de vidrio y poliácido deshidratado y el líquido es una solución de ácido tartárico; en algunas mezclas tienen en el polvo el vidrio, el poliacrílico y el ácido tartárico deshidratados y el

líquido es agua bidestilada. Todo esto se debe a que el ácido poliacrílico es muy viscoso, y tiende a ponerse todavía más con el tiempo, lo cual dificulta su manipulación. Sin embargo, ésta viscosidad debida a su peso molecular, es la que le da mayor velocidad de fraguado y mayor resistencia a la deshidratación o absorción de agua<sup>4</sup>.

Hay una considerable diferencia entre polvos y líquidos de diferentes fabricantes, y por lo tanto los productos nunca deben ser intercambiados.<sup>4</sup> Es importante seguir las indicaciones del fabricante en cuanto a las medidas polvo/líquido para que las propiedades del ionómero se conserven.

Los componentes comunes del ionómero de vidrio se enlistan en la Tabla 1

**Polvo.-** Es un vidrio de aluminio silicato preparado con fundentes fluorados finamente pulverizados, su preparación se lleva a cabo calentando partículas de cuarzo, aluminio, fluoruros metálicos y fosfatos metálicos, hasta que se funden en una masa de consistencia líquida, la cual se enfría bruscamente, con lo que se obtiene una masa dura de color blanco lechoso, el cual es triturado para obtener un polvo de partículas muy finas. El tamaño máximo de sus partículas es del orden de 20 a 50 $\mu$ m.<sup>6</sup>

Los componentes del polvo son cristales de aluminosilicato, capaces de liberar fluoruros, y el líquido es una solución acuosa de ácido poliacrílico. En algunos productos, el ácido poliacrílico ha sido deshidratado e incorporado al polvo, en cuyo caso el líquido puede ser agua o una solución acuosa de ácido tartárico.<sup>4</sup>

El fluoruro se usa inicialmente como un fundente en la fabricación de partículas de vidrio y ha demostrado ser una parte esencial de la reacción del fraguado y representa aproximadamente el 20% del vidrio final. Estas partículas se hacen accesibles desde la matriz más rápidamente que desde las partículas originales de vidrio.<sup>7</sup>

Los rellenos que se utilizan en los ionómeros de vidrio actuales son descendientes de los cementos primitivos de silicato, éstos cementos fueron a su vez uno de los primeros que se utilizaron en odontología como materiales de restauración de color semejante al diente<sup>5</sup>

| COMPOSICIÓN       |            |
|-------------------|------------|
| POLVO             | PORCENTAJE |
| SiO <sub>2</sub>  | 29.0%      |
| AlO <sub>3</sub>  | 16.6%      |
| AlF               | 34.3%      |
| CaF <sub>2</sub>  | 7.2%       |
| NaF               | 3.0%       |
| AlPO <sub>4</sub> | 9.9%       |

Tabla 1

| COMPOSICIÓN        |            |
|--------------------|------------|
| LIQUIDO            | PORCENTAJE |
| Ácido tartárico    | 5.0%       |
| Ácido poliacrílico | 47.5%      |
| Agua               | 47.5%      |

Tabla I (continuación)

**Líquido:** Ácido poliacrílico y en algunas presentaciones ácido polialquenoico, por esto también se le conoce como polialquenoatos. Al principio los líquidos eran soluciones acuosas de ácido poliacrílico, en una concentración de 50% pero el líquido era muy viscoso y tendía a gelificar con el tiempo, por lo que en la actualidad el ácido poliacrílico del líquido se presenta en forma de copolímeros con ácido itacónico, maleico y tricarbónico. Estos ácidos tienden a aumentar la reactividad del líquido, disminuir la viscosidad y reducir la tendencia a la gelificación, como resultado de la unión intermolecular del hidrógeno que origina uniones cruzadas de las cadenas de polímeros. El ácido itacónico mejora el fraguado del cemento y el ácido tartárico disminuye la viscosidad del líquido y aumenta la resistencia a la gelación si ésta se hace presente.<sup>4</sup>

El líquido tiene la capacidad de formar enlaces hidrógeno con el colágeno y los componentes inorgánicos de la estructura dental, particularmente con el calcio, produciéndose quelación, por lo que proporciona un enlace químico entre el material de restauración y la estructura dental<sup>4</sup>

El agua es un componente importante del líquido del cemento ya que provee el medio de reacción e hidrata los productos de ésta, la cantidad de agua en el líquido es muy importante; si es demasiada, hace frágil al cemento y si es muy poca, dificulta la reacción y la hidratación posterior. Estos cementos se conocen como hidrofraguables.<sup>4</sup>

El ácido polialquenoico que en algunos productos sustituye al ácido poliacrílico, ha demostrado dar mejor adhesión por tener más radicales libres; por lo que da mejores propiedades de adhesión química.<sup>4</sup>

En algunas presentaciones, el líquido es agua bidestilada, el ácido lo contiene el polvo con el fin de que al exponerse al medio ambiente no se concentre el ácido en el líquido por evaporación; sin embargo, las investigaciones hechas por el laboratorio M.D. concluyen que es más fácil que se evapore el agua y esto resulta contraproducente<sup>8</sup>.

## **2.2. CLASIFICACIÓN**

La Asociación Dental Americana (A.D.A.), en su norma N° 66 clasifica a los ionómeros de vidrio en dos tipos<sup>9</sup>:

### **1. Tipo I.- Agente Cementante**

- ◆ Para cementado de coronas, puentes e incrustaciones.
- ◆ Fraguado rápido con pronta resistencia a la absorción de agua.
- ◆ Espesor final de la película de 2,5µm o menos.
- ◆ Radiopaco.

### **2. Tipo II.- Material de Restauración**

- ◆ Cuando la estética no es tan importante pero que requiera fraguado rápido y altas propiedades físicas.
- ◆ Fraguado rápido con pronta resistencia a la absorción de agua y por lo tanto puede ser pulida inmediatamente después de la colocación.
- ◆ Radiopaco.

De los dos tipos anteriores se desprenden las siguientes variantes:

- a) Sellador de fosetas y fisuras
- b) Bases o fondos intermedios
- c) Restaurador reforzado con metal.

## **2.3.CARACTERÍSTICAS DEL IONÓMERO**

### **2.3.1.PROPIEDADES FÍSICAS**

Los cementos de ionómero de vidrio cumplen con un gran número de propiedades físicas deseables para ser considerado como un cemento ideal<sup>8</sup>:

- 1) Buena adhesión al diente.
- 2) Coeficiente lineal de expansión térmica similar a la dentina.
- 3) Baja solubilidad si se maneja adecuadamente.
- 4) Resistencia a la compresión aceptable.
- 5) Biocompatible.
- 6) Anticariogénico.

En la actualidad se han realizado diferentes trabajos y pruebas con el fin de incrementar y mejorar éstas propiedades físicas, lo cual nos hace pensar que se ampliará aún más la aplicación clínica de éste grupo de material de manera considerable.

### **2.3.1.1. PROPIEDADES TÉRMICAS**

El ionómero de vidrio es buen aislante térmico y es compatible con la dentina y esmalte con respecto a su expansión térmica. Además, resisten las fuerzas tangenciales y radiales del calor y del frío.<sup>4</sup>

Una de sus más sobresalientes características es su coeficiente de expansión térmico lineal que es similar al de la dentina; están sujetos a una mínima contracción durante el fraguado y generan muy poca cantidad de calor.<sup>4</sup>

El ionómero de vidrio es un buen aislante térmico. La expansión térmica del cemento es comparable a la del cemento de silicato, lo que significa que es compatible con la dentina y el esmalte en ese sentido.<sup>4</sup>

### **2.3.1.2. EQUILIBRIO HÍDRICO**

Aproximadamente el 24% del cemento fraguado es agua, y al menos hasta que la formación de las cadenas de aluminio y poliacrilato esté bien adelantada, puede absorber más agua por las cadenas de calcio y poliacrilato solubles al agua. Alternativamente, si al cemento se le deja permanecer expuesto al aire, el agua se perderá.<sup>4</sup>

Este **equilibrio hídrico** (perdida-absorción de agua), es el problema más importante de éstos cementos. La reacción química iniciada por la aplicación

del ácido poliacrílico a las superficies de las partículas de vidrio es muy prolongada. El fraguado inicial se puede alcanzar a los cuatro minutos, en que ya es posible quitar la matriz y recortar la restauración recién colocada, sin embargo, la completa maduración y resistencia a la pérdida de agua no se conseguirán hasta al menos dos semanas para las variedades de fraguado rápido y hasta de seis meses para los cementos estéticos de fraguado lento. La diferencia principal de éstos cementos radica en la mayor resistencia a la absorción de agua contra la estética.<sup>4</sup>

En el proceso de fabricación del fraguado rápido se elimina de la superficie de las partículas de vidrio el exceso de iones de calcio, de forma que el intercambio de iones de aluminio se inicie más pronto. Las propiedades físicas finales no se reducen, pero la translucidez se pierde. Sin embargo, ésta resistencia a la absorción de agua no bloquea el agua interna y permanecen sujetos a deshidratación, por lo que no deberán exponerse al aire más de lo necesario o podrían agrietarse.<sup>4</sup>

Si se deshidrata durante las 24 horas siguientes a la preparación de la mezcla, la restauración se agrieta y se rompería. Si absorbe agua dentro de los primeros 10 a 30 minutos, la matriz se volvería de un blanco tiza y tras su colocación experimentaría una rápida erosión.<sup>4</sup>

Es importante el mantenimiento del equilibrio hídrico durante 24 horas, y esto se puede lograr mediante un barniz o capa protectora, que puede ser resina fotocurable líquida, la cual sella el ionómero para que no se deshidrate ni absorba agua.<sup>4</sup>

En ocasiones, el fabricante proporciona un barniz para éste sellado, sin embargo, como está vehiculizado por un producto que es muy volátil, es probable que aparezcan porosidades cuando este vehículo se evapore. La resina, en cambio, permanece durante más tiempo, el suficiente para lograr la maduración química y estabilidad hídrica; además no deja superficie porosa, de manera que aísla y sella adecuadamente.<sup>4</sup>

Éste sellado es importante, porque tanto la absorción como la pérdida de agua durante las primeras 24 horas degradarán las propiedades físicas y la apariencia. Así, es recomendable retrasar el acabado final al menos un día, ya que la deshidratación por el chorro de aire producirá cuarteaduras.<sup>4</sup>

### **2.3.1.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Cuando una carga está constituida por dos fuerzas en igual dirección (actuando sobre una misma recta) y en sentido contrario tendiendo a disminuir la longitud del cuerpo (comprimirlo), se inducen dentro de él tensiones que se denominan compresivas. Simultáneamente, se produce una deformación en

compresión y si se estudia la tensión máxima que puede llegar a inducir, se hablará de resistencia compresiva. La resistencia se define como la máxima tensión que soportará la estructura antes de su fractura.<sup>10</sup>

Actualmente, la resistencia a la compresión del cemento de ionómero de vidrio está dentro de un rango aceptable, lo cual le permite soportar una carga oclusal moderada, siempre que esté rodeado por tejido dental sano.<sup>11</sup>

La A.D.A.<sup>9</sup>, en su especificación # 66 exige que la resistencia compresiva del ionómero tipo I sea mínimo de 65 MPa\* y la del tipo II 125 MPa

No está recomendado utilizarlo en la reconstrucción de cúspides o crestas marginales, y particularmente en pacientes con una predisposición a tensiones oclusales excesivas.<sup>11</sup>

Sin embargo, la resistencia a la compresión que presenta el ionómero de vidrio es probablemente la más alta encontrada en cualquier cemento de tipo inorgánico. Un estudio realizado en Inglaterra por *Crisp, Lewis y Wilson* demostró que dicha resistencia aumenta con el tiempo. Este aumento paulatino en la resistencia probablemente sea el resultado de un aumento en el número de las ligaduras. En el cemento Fuji II, la resistencia a la compresión a las 24 horas es de 1780 kg./cm<sup>2</sup>.<sup>(4)</sup>

\*Nota: 1 MPa es igual a 10.2 kg. fuerza por cm al cuadrado

Un aumento en el peso molecular del ácido sin modificar su concentración ni su proporción aumenta también la resistencia a la compresión y tensión.<sup>4</sup>

Por otro lado, un aumento en la concentración del ácido poliacrílico del líquido aumenta también su resistencia a la compresión. Éste aumento es proporcionalmente lineal a medida que se incrementa la concentración del poliácido. Un aumento simultáneo en la concentración del poliácido y del peso molecular del líquido produce cementos débiles.<sup>12</sup>

La resistencia a la compresión de los dos tipos de ionómero se explica en la Tabla 2:

| <b>IONÓMERO</b> | <b>TIEMPO</b> | <b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b> |
|-----------------|---------------|------------------------------------|
| Tipo I          | 24 Hrs.       | 1420 kg./cm <sup>2</sup> .         |
|                 | 7 días        | 1580 kg./cm <sup>2</sup>           |
| Tipo II         | 24 Hrs.       | 1780 kg./cm <sup>2</sup>           |
|                 | 7 días        | 2040 kg./cm <sup>2</sup>           |

**Tabla 2**

#### **2.3.1.4. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN**

Los estudios sugieren que un cemento de ionómero de vidrio bien colocado soportará abrasiones intensas mejor que la estructura dental remanente siempre que la proporción polvo-líquido sea lo bastante alta.<sup>4</sup> La presencia de partículas de plata incrementará la resistencia a la abrasión, siendo similar o mejor a la de la amalgama.

#### **2.3.1.5. SOLUBILIDAD**

La solubilidad del cemento de ionómero de vidrio es muy parecida a la del cemento de silicofosfato.<sup>8</sup>

Esta solubilidad, en agua, es alta durante las primeras 24 horas, es relacionada tal vez por la rápida liberación de sustancias solubles, como sodio y fluoruros en cantidades relativamente altas.<sup>8</sup>

Pero definitivamente con los cuidados necesarios en su manejo, éste cemento es uno de los más resistentes a la solubilidad y a la desintegración dentro de la cavidad oral una vez que se estabiliza su reacción.<sup>8</sup>

## 2.3.2. PROPIEDADES BIOLÓGICAS

### 2.3.2.1. PROPIEDADES CARIOSTÁTICAS

El fluoruro es una parte esencial de la reacción de fraguado. Representa aproximadamente el 20% del vidrio final en forma de gotitas diminutas, que se hacen accesibles desde la matriz más rápidamente que desde las partículas originales de vidrio.<sup>4</sup>

Ante la continua liberación de fluoruro, la placa tiende a acumularse menos en la superficie de la restauración, y puesto que no hay microfiltración del margen, la tolerancia del tejido y la estabilidad del color son muy buenas.<sup>4</sup>

Tiene una propiedad de rechazo al cálculo y placa, de modo que aunque los dientes adyacentes tengan gran cantidad de cálculo y placa adheridos, sobre el ionómero no la hay.<sup>4</sup>

Varias investigaciones han demostrado que la liberación de fluoruro tiene un efecto directo e indirecto en la célula bacterial del *S. Mutans*, produciendo inhibición de producción ácida y metabolismo electrolítico in vitro.<sup>13</sup>

La liberación de fluoruro del ionómero produce un efecto cariostático alrededor de la restauración. Al poseer el ionómero una unión polar al esmalte

y a la dentina, el intercambio iónico del fluoruro con los iones de hidroxiapatita del esmalte se encuentra favorecido.<sup>4</sup>

El fluoruro contenido en el polvo del cemento debe incorporarse en forma cristalina (fluorita) para que sea extraída eficientemente por el ácido poliacrílico del líquido.<sup>12</sup>

Un estudio realizado por *Maldonado, Swartz y Phillips*<sup>14</sup>, demostró que el fluoruro liberado por el cemento era mayor al del liberado por el silicato.

Se concluyó que la cantidad de fluoruro liberado depende de la cantidad de flúor en el polvo y de la posibilidad de disolución del cemento. El efecto cariostático que presenta el ionómero de vidrio se comprueba debido al incremento de fluoruro en el esmalte, al contacto con el cemento.<sup>12</sup>

Al poseer el cemento de ionómero de vidrio una unión polar al esmalte y a la dentina, el intercambio iónico de fluoruro con los iones de hidroxiapatita del esmalte se encuentran favorecidos aumentando la resistencia del diente al ataque carioso. En cambio, un material de obturación que no tenga interacción molecular con el sustrato no permitirá que el fenómeno de diadoquismo se lleve

a cabo totalmente, ya que existirá un espacio en la interfase diente - material restaurador. <sup>12</sup>

Se sabe que la liberación de fluoruro de los ionómeros de vidrio viejos y su efecto antimicrobial pueden ser incrementados significativamente por la aplicación de fluoruro sobre el material. <sup>15</sup>

Esta propiedad de recargo de fluoruro podría ser benéfico para crear un potencial anticariogénico a largo plazo de los cementos de ionómero de vidrio por activación de la remineralización del esmalte y dentina reblandecidos. <sup>15</sup>

### **2.3.2.2. COMPATIBILIDAD PULPAR**

Hay un alto grado de compatibilidad pulpar entre el cemento y la pulpa en condiciones normales, y la dentina es, en sí, una protección muy eficaz contra las variaciones en los niveles de pH. La generación de presión hidráulica puede complicar la respuesta si se han abierto los túbulos dentinarios para eliminar la capa de lodo dentinario.

Las razones para el alto nivel de compatibilidad pulpar no están del todo claras, sin embargo, se ha sugerido que el gran tamaño de la larga cadena molecular reduce la posibilidad de que el ácido penetre en los túbulos

dentenarios. Por lo demás, la misma dentina es un sistema de tapón útil frente al ataque ácido.<sup>4</sup>

Si hay más de 0.5 mm de dentina remanente encima de la pulpa, entonces parece que no hay irritación pulpar; si hay alguna posibilidad de acceso a la pulpa, entonces debe colocarse una pequeña cantidad de hidróxido de calcio de fraguado rápido en el área inmediata donde se sospeche la exposición; procurando que el área que se cubra sea la mínima necesaria para que no interfiera con la unión química entre el ionómero y la dentina. Así, entre más dentina quede libre, mayor retención tiene el cemento.<sup>4</sup>

### **2.3.3. PROPIEDADES QUÍMICAS**

#### ***2.3.3.1. REACCIÓN DE FRAGUADO***

La reacción de fraguado es básicamente similar a la que se produce en el cemento de silicato, pero difieren en algunos detalles. Al mezclar el vidrio en polvo ácido, iones de calcio y aluminio de su estructura son desplazados en forma de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{Al}^{+++}$ , junto con el ion fluoruro. La composición del vidrio ha sido seleccionada de manera que éste proceso se produzca con bastante rapidez y por ello es denominado frecuentemente vidrio liberador de iones, debido a ésta propiedad. Los iones calcio reaccionan rápidamente en el líquido, formando puentes de sal entre los grupos carboxilo con carga negativa. Las cadenas de policarboxilato se entrecruzan químicamente como resultado de

éste proceso y la pronta formación de un gel marca el fraguado inicial del cemento. Los iones de aluminio reaccionan con más lentitud principalmente porque son trivalentes y tienen mayor dificultad para formar los puentes de sal, pero lentamente aumentan la magnitud del entrecruzamiento y producen un mayor endurecimiento hasta que se alcanza el fraguado final<sup>6</sup>.

### ***2.3.3.2. ADHESIÓN A ESMALTE Y DENTINA***

La adhesión química entre el ionómero y el esmalte o dentina puede conseguirse perfectamente, ya que se forma una capa de intercambio iónico (visible en el microscopio electrónico de barrido) y representa la unión química entre ambos. Además, se puede acondicionar la cavidad con una breve aplicación de ácido poliacrílico al 10%. Es un ácido relativamente suave, que puede disolver la capa de barro dentinario en 15 segundos, aunque si se deja por más de 20 segundos es probable que empiece a desmineralizar la dentina y esmalte remanentes y abran los túbulos dentinarios. Si se usa adecuadamente existen dos ventajas adicionales: en primer lugar, ya que es el mismo ácido el que se emplea en el ionómero, cualquier residuo dejado involuntariamente no interferirá en el fraguado; en segundo lugar, puede activar los iones de calcio en la dentina y hacerlos más adecuados para el intercambio iónico con el ionómero.<sup>4</sup>

Ésta adhesión ayuda a que no sea necesario algún diseño específico de la cavidad, aunque en ocasiones, cuando el ionómero se va a utilizar únicamente como base debajo de otra restauración (como amalgama) no es necesaria ésta preparación o acondicionamiento dentinario.<sup>4</sup>

El colágeno dentinario posee cadenas de iones que se componen de grupos carboxilo y nitrato. Éstos iones se comportan como zonas proveedoras para la adhesión e interacciones bipolares. El material “moja” apropiadamente la superficie dentinaria, y se debe a la disponibilidad de los grupos carboxilo. El ionómero debe ser colocado contra la estructura dentaria antes de que la reacción de fraguado haya progresado mucho, esto es, mientras todavía existen suficientes grupos carboxilo disponibles.<sup>4</sup>

#### **2.3.3.3. PH**

El pH varía entre el 0.5 y el 1.0 debido a que sus componentes son ácidos. Hecha la mezcla, el pH al momento de colocarlo en el diente es de 2.8 y aumenta a solo 5.2 al cabo de 28 días. Esto quiere decir que el grado de acidez disminuye gradualmente.<sup>11</sup>

Éstos cementos irritan la pulpa principalmente cuando se colocan inmediatamente después de tallar la cavidad y cuando se colocan en cavidades muy profundas. La reacción pulpar puede ser irreversible y más intensa que la

provocada por el cemento de fosfato de zinc; por lo tanto es prudente colocar hidróxido de calcio debajo de cualquier restauración o agente cementante de ionómero de vidrio.<sup>11</sup>

Un estudio in vitro llevado a cabo en Suecia, referente a la toxicidad del cemento, demostró que el pH inicial es ácido, pero tiene como cualidad el ser un ácido débil que se neutraliza rápidamente, por lo que la irritación pulpar casi es nula, ya que su toxicidad disminuye a medida que el cemento fragua. Tal vez este tipo de reacción se deba al intercambio de iones de calcio durante las primeras horas.<sup>12</sup>

## 2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Casi todas las propiedades deseables de éste cemento derivan del contenido del polvo, mientras que las indeseables provienen del líquido.<sup>11</sup> Estos cementos presentan **ventajas** principales, como adhesión al tejido dentinario, lo cual no elimina únicamente la necesidad de la preparación cavitaria, sino que también da un mejor sellado y resistencia a la filtración. Efecto anticariogénico por su alto contenido de fluoruro que va desprendiéndose lentamente del material, reduciendo por lo tanto la incidencia de caries recurrente. Cuando se usa en áreas erosionadas sensitivas o sensibles, los ionómeros de vidrio proveen un efecto desensibilizador, basándose en su protección mecánica y su liberación de fluoruro. La otra ventaja es que posee un coeficiente de expansión técnica similar a la de la estructura dental, por lo tanto nos da un buen sellado marginal, y la adhesión específica por quelación.<sup>4</sup>

Por otra parte estos cementos presentan un número importante de **desventajas**; debido a su elevada acidez, si se le coloca muy cerca de la pulpa, provocan un daño pulpar considerable. Si se les permite desecarse se deteriorarán rápidamente; sin embargo, son muy solubles en los fluidos orales. Por otro lado, como no son susceptibles de pulido, se teñirán rápidamente y tendrán un desgaste importante debido a su bajo nivel de dureza. El resultado de esto es que la vida media de éstos cementos sea apenas de unos 4 años.<sup>4</sup>

Las ventajas y desventajas de los cemento de ionómero de vidrio se pueden comparar en la Tabla 3.

| <b>VENTAJAS</b>   | <b>DESVENTAJAS</b>  |
|---|---|
| ♦ Estética.   | ♦ Su técnica operatoria es laboriosa.   |
| ♦ Biocompatibilidad.  | ♦ No resiste el choque masticatorio.  |
| ♦ Adhesión al tejido dentinario,.   | ♦ Son muy solubles en los fluidos bucales.                                    |
| ♦ Efecto anticariogénico  | ♦ Alto costo.   |
| ♦ Coeficiente lineal de expansión térmica similar a la de los tejidos de la estructura dental,    | ♦ Estos cementos presentan una elevada acidez si se coloca cerca de la pulpa. |
| ♦ Efecto desensibilizador   | ♦ No son susceptibles de pulido.  |
| ♦ Es una base excelente en restauraciones profundas en que el material definitivo será la resina. | ♦ Si se le permite desecarse se deterioran rápidamente.                       |

**Tabla 3**

**MEZCLAS  
IONÓMERO/METAL**

### 3. MEZCLAS IONÓMERO DE VIDRIO/METAL

Como ya sabemos, los cementos de ionómero de vidrio se ven limitados en su aplicación en la cavidad oral debido a la poca resistencia a la fractura. Además, el cemento de ionómero de vidrio es quebradizo, le falta fuerza y muestra una pobre resistencia al usarlo en superficies oclusales.<sup>16</sup>

Estas deficiencias en los cementos han llevado al desarrollo de cementos de ionómero de vidrio reforzado con metal. Adicionando polvo de aleación metálica al polvo del cemento de ionómero de vidrio para reconstrucción, y mezclando esta combinación de polvo con el líquido de ácido poliacrílico, se intenta hacer este cemento de ionómero de vidrio reforzado con metal más duro y más resistente. Otras mejoras a las propiedades físicas asociadas a esta combinación han sido reportadas.<sup>16</sup>

En 1957, M. Massler publicó un artículo acerca de la utilización de un material de restauración para recubrimiento pulpar a base de polvo de aleación para amalgama con cemento de fosfato de zinc. El año siguiente, J. Kurali publicó un artículo sobre la utilización de una mezcla similar para restaurar

dientes gravemente destruidos. En 1962, Malher y G. Armen publicaron las propiedades físicas de este tipo de mezclas de cemento-metal. En su estudio demostraron que al añadir una aleación para amalgama al cemento de fosfato de zinc se mejoraba la resistencia transversal, la solubilidad y la desintegración del material resultante, si se le comparaba con el cemento simple.<sup>17</sup>

Recientemente, se ha procedido a mezclar el cemento de ionómero de vidrio con polvo para amalgama<sup>18</sup>, obteniendo así las mezclas de ionómero de vidrio reforzado con metal.

*El Mallakh* (1987)<sup>19</sup> mostró que la adición de polvo esférico de aleación de plata al cemento de ionómero de vidrio tipo II puro en el sistema actual **Miracle Mix** mejoraba la resistencia a la compresión, resistencia tangencial y resistencia al escurrimiento. *Nakajima* (1989) encontró un incremento en la resistencia tangencial dinámica cuando polvo de aleación de plata era adicionado al cemento de ionómero de vidrio tipo II. La mayor resistencia a la torsión observada en **Miracle Mix** indicaba que la adición de partículas cambiaba el modo de fractura.<sup>16</sup>

Diferentes polvos metálicos se han intentado incluir a la mezcla, como son la aleación para la amalgama de plata, plata pura, oro, titanio, acero inoxidable

y paladio.<sup>20</sup> El oro y la plata demostraron formar una unión superior y conveniente con el polvo de vidrio

Se ha reportado que la mezcla de ionómero con metal representa una gran mejoría en la resistencia a la fractura y abrasión, comparables a la amalgama, así que pueden ser utilizados para reconstruir grandes lesiones bajo carga oclusal, lo que con el ionómero solo era casi imposible.

### **3.1.USOS DE ÉSTA MEZCLA**

Este tipo de cementos está indicado cuando las consideraciones estéticas no sean indispensables, brindando altas propiedades físicas, como un fraguado más rápido, equilibrio hídrico resistente y radiopacidad; las cuales son favorables para la reconstrucción de muñones, como base y reconstrucciones clase I y II de dientes temporales y permanentes, restauraciones en túnel, abordaje oclusal, reparación de márgenes defectuosos en prótesis de coronas, restauraciones de obturaciones preexistentes que aún se consideren útiles, etc., sin embargo, en la actualidad no es considerado como un cemento restaurador universal.

El uso clínico principal del ionómero cermet es como sustituto dentinario, aunque se ha usado para muchas otras cosas, incluyendo hasta sellador de áreas

de bifurcación en molares con involucración periodontal, preferentemente, antes del uso del material, se debe acondicionar la dentina para mejorar la adhesión<sup>21</sup>.

Además de la adhesión iónica a la dentina, tiene una gran adhesión a los metales, por lo que se puede utilizar para restauraciones de obturaciones metálicas preexistentes que aún sean útiles sin miedo a la microfiltración.

Se han dado más usos al ionómero de vidrio reforzado, que es el de sellador de fosetas y fisuras y el de restauración interina o provisional en dientes de la primera dentición o dientes permanentes que han desarrollado caries temprana desde su aparición en boca, donde la restauración detiene la infección cariosa hasta que su futura erupción permita la colocación de una restauración a largo plazo. Una ventaja de esto es que el material puede ser rebajado y dejado en la cavidad como reemplazo dentinario para su posterior restauración con resina, amalgama o incrustación, sin necesidad de eliminarlo y cambiarlo por otro material.<sup>22</sup>

Puede utilizarse como restauración definitiva o como reconstrucción para elaborar un muñón.

Tiene la gran ventaja de que se puede “*parchar*”, en el caso de que hubiera algún defecto de reconstrucción, solo se elimina una capa de la superficie ya fraguada y se agrega el material adicional. La zona del “*parche*” no se nota y queda tan adherido como si hubiera sido aplicada de una sola intención.

No deben utilizarse éstos materiales en dientes anteriores, ya que la plata puede oxidarse y los óxidos de plata podrían ennegrecer la restauración, lo cual causaría un problema estético si llegara a verse a través del tejido dental circundante.

También se ha utilizado como material para obturación retrógrada<sup>23</sup> obteniendo resultados tan buenos como con la amalgama, con la ventaja de la adhesión a la dentina.

### **3.2.TIPOS**

Básicamente hay dos tipos de cementos de ionómero de vidrio reforzados con metal:

- ◆ Los cementos **mezclados**, donde el polvo del ionómero y el polvo del metal se mezclan y...
- ◆ Los **cermets**; que tienen una unión química entre el metal-vidrio por sinterización.

### 3.2.1.MEZCLAS

Existen dos tipos de mezclas: las mezclas comerciales y las experimentales. En el presente estudio utilizaremos una mezcla comercial (Miracle Mix, G-C Internacional) y una experimental que consiste en mezclar limadura de plata para amalgama en vez de plata pura.

#### Miracle Mix

Es un ionómero convencional constituido por una mezcla de un ion filtrable de polvo de vidrio de aluminosilicato de liberación iónica con una solución acuosa de ácido poliacrílico y polvo esférico de aleación de plata para amalgama adicionada al polvo<sup>24</sup>

Esta mezcla es el resultado de estudios para mejorar las propiedades físicas del ionómero y hacerlas comparables en resistencia a la abrasión y a la compresión con las de la amalgama, descubriendo que si se le agregaban partículas de plata se mejoraba la resistencia.

La mezcla se efectúa en una loseta de vidrio con una espátula rígida hasta conseguir una consistencia espesa, se condensa manualmente o utilizando una matriz. Este material fragua rápidamente y puede ser recortado después de 3 minutos.

## **Mezcla Experimental:**

### **Ionómero/Limadura para Amalgama.**

Se trata simplemente de mezclar el polvo de ionómero tipo II con la limadura de plata y posteriormente hacer la mezcla con el líquido del ionómero. Es una mezcla experimental que se ha utilizado en varias investigaciones para probar y comparar sus propiedades físicas con las del Miracle Mix, el Ketac-Silver, la amalgama y el cemento de ionómero de vidrio solo. Se han utilizado partículas de aleación esféricas y laminadas, así como diferentes proporciones polvo-líquido y mezclas con ionómeros reforzados y convencionales. Se ha investigado el efecto de la adición de aleación de plata en la resistencia compresiva, la cual se encuentra determinada por el tamaño de la partícula y la cantidad de partículas de aleación. Además, ambos parámetros son interactivos con la fórmula del ionómero tipo II usado para la preparación de la mezcla.<sup>25</sup>

Un estudio comparativo de varias amalgamas comerciales realizado por el Dr. *Barceló et al*<sup>26</sup> permitió conocer la limadura más apropiada para este experimento.

### 3.2.2. CERMETS

Al investigar los efectos de la incorporación de limadura de plata o partículas de plata al cemento de ionómero de vidrio, se encontraron que aunque las propiedades físicas de la mezcla mejoraban con la adición de metal, la resistencia a la abrasión era pobre, probablemente debido a la baja fuerza de unión entre la fibra metálica y el ionómero de vidrio.

Este problema se solucionó sinterizando el polvo metálico al polvo de vidrio. La fuerte adhesión del compuesto metal-vidrio resultaron en la formación del "cermet", en el cual, a diferencia de las mezclas simples de metal y polvo de vidrio, el metal se vuelve parte del polvo de vidrio, y la fuerza de la adhesión era comparable al de la porcelana fundida al oro.<sup>21</sup>

Los cementos Cermet (cerámica-metal) difieren de mezclas simples de aleación metálica y polvo de vidrio puesto que el polvo metálico está firmemente adherido por sinterización a alta temperatura. El compuesto sinterizado de metal-vidrio es molido hasta llegar a un polvo fino y mantiene sus características porque el polvo metálico permanece firmemente adherido al vidrio. Se ha afirmado que la incorporación de este relleno metalizado con plata sinterizado al vidrio podría mejorar la durabilidad y la resistencia a la abrasión.<sup>16</sup>

Los cementos cermet de plata han sido desarrollados para uso clínico en el cual se usa polvo de plata pura de un tamaño de partícula de aproximadamente 3,5  $\mu\text{m}$  . Su contenido de plata por peso es aproximadamente un 50% en el polvo y un 40% en el material fraguado. Se han hecho mejoras en el color por medio de la incorporación de un 5% de su peso de dióxido de titanio en el polvo.<sup>21</sup>

Todas estas mejoras resultaron en una mejor densidad, menos porosidad y mezclado más fácil.

Han sido investigados clínicamente dos ionómeros cermet principalmente: el Ketac-Silver y el Ketac-Gold.

### **Ketac-Silver**

El Ketac-Silver es un cemento de ionómero de vidrio de fraguado hídrico, compuesto de un vidrio de aluminosilicato de liberación iónica fusionado a finas partículas de plata y ácido poliacrílico combinado con una solución acuosa de ácido tartárico diluido<sup>24</sup>. Es el resultado de investigaciones realizadas con respecto a éstos nuevos materiales y sus limitaciones.

El Ketac-Silver viene en cápsulas predosificadas para mezclado automático, que puede ser inyectado en el diente directamente de la cápsula.

Este material tiene una mejor resistencia a la abrasión que los ionómeros de vidrio regulares y en pruebas de abrasión oclusal simuladas, mostró resistencia comparable a la amalgama <sup>27</sup>También se han encontrado mayor resistencia a la abrasión que el cemento de ionómero de vidrio regular, pero la superficie todavía muestra ligera microfractura por resequedad.

### **Ketac-Gold**

El Ketac-Gold es fabricado en forma similar al Ketac-Silver y su comportamiento es tan bueno como el de éste, pero además no presenta problemas de oscurecimiento debido a la oxidación. La diferencia es que el metal utilizado es oro en vez de plata.

### 3.3.PROPIEDADES Y DIFERENCIAS

Se realizaron estudios previos con respecto a la resistencia del cemento de ionómero de vidrio reforzado con metal contra la del ionómero de vidrio convencional, para ver si de verdad se mejoraban las propiedades al adicionar partículas metálicas, y los resultados fueron divergentes. En algunos estudios, no había una diferencia significativa, mientras que en otros si había mejoría.

En un estudio realizado por *K.H. Chung*,<sup>16</sup> los materiales probados fueron similares a los que usaremos en nuestra investigación, y los resultados fueron los siguientes:

| MATERIAL                                       | RESISTENCIA TANGENCIAL MPa | DUREZA BARCOL BHN | CONCENTRACIÓN DE FLUORURO ppm | FUERZA DE ADHESIÓN MPa |
|--|----------------------------|-------------------|-------------------------------|------------------------|
| Fuji tipo II                                   | 9.2 (1.2)                  | 20.1 (3.2)        | 1.0 (0.02)                    | 5.1 (1.1)              |
| Experimental I<br>Fuji II + plata pura         | 11.5 (0.6)                 | 58.4 (6.3)        | 0.77 (0.23)                   | 5.2 (1.7)              |
| Experimental II<br>Fuji II + Limadura de plata | 15.1 (0.4)                 | 65.8 (7.8)        | 0.45 (0.11)                   | 6.4 (1.5)              |
| Ketac-Silver                                   | 12.8 (0.5)                 | 48.4 (6.2)        | 0.13 (0.03)                   | 4.3 (1.2)              |
| Miracle Mix                                    | 12.4 (0.5)                 | 52.6 (5.6)        | 0.28 (0.04)                   | 4.9 (1.0)              |

Tabla 4

Los datos de los materiales reforzados con metal mostraron valores más altos que los del ionómero de vidrio convencional. Aparentemente, la

incorporación de partículas de plata aún sin la sinterización del Ketac-Silver, tenían una influencia en el reforzamiento.

Un estudio de resistencia compresiva y tangencial realizado por Kerby y Knobloch<sup>24</sup> comparó las propiedades de varios materiales convencionales (Fuji II y Shofu) con dos reforzados (Miracle Mix y Ketac-Silver) y los resultados fueron los siguientes:

| CEMENTO      | RESISTENCIA COMPRESIVA<br>MP <sub>n</sub> |              | RESISTENCIA TANGENCIAL<br>MP <sub>n</sub> |            |
|--------------|---|--------------|---|------------|
|              | 1 hr.                                     | 24 hrs.      | 1 hr.                                     | 24hrs.     |
|              | Shofu                                     | 178.6 (5.1)  | 242.5 (15.4)                              | 14.0 (1.8) |
| Fuji II      | 173.8 (9.7)                               | 235.2 (15.8) | 14.1 (1.9)                                | 14.0 (1.7) |
| Miracle Mix  | 142.2 (14.8)                              | 211.1 (18.7) | 13.4 (1.0)                                | 13.5 (2.3) |
| Ketac-Silver | 123.1 (5.9)                               | 154.0 (13.8) | 11.2 (0.7)                                | 12.5 (2.5) |

Tabla 5

Un estudio posterior de Kerby y Bleiholder<sup>20</sup> compara las propiedades físicas de dos ionómeros reforzados (Ketac-Silver y Miracle Mix) contra uno experimental donde utiliza acero inoxidable en vez de plata. Los resultados obtenidos en éste estudio son los siguientes: después de una hora la resistencia compresiva y tangencial del material experimental eran mayores que la de los materiales comerciales de plata; entre los cuales no hubo diferencia significativa, como se muestra en la Tabla 6

| CEMENTO      | RESISTENCIA COMPRESIVA |              | RESISTENCIA TANGENCIAL |            |
|--------------|------------------------|--------------|------------------------|------------|
|              | MPa                    |              | MPa                    |            |
|              | 1 hr.                  | 24 hrs       | 1 hr.                  | 24hrs      |
| Experimental | 164.1 ± 6.7            | 268.3 ± 14.9 | 18.2 ± 1.7             | 22.7 ± 2.2 |
| Ketac-Silver | 117.2 ± 2.6            | 175.3 ± 13.4 | 12.7 ± 1.6             | 14.2 ± 2.0 |
| Miracle Mix  | 102.7 ± 8.6            | 168.7 ± 10.2 | 10.3 ± 2.5             | 10.9 ± 1.9 |

Tabla 6

En un estudio comparativo realizado por el Dr. *Barceló*<sup>28</sup> entre diferentes ionómeros de vidrio, el Miracle Mix no mostró mejoría con respecto a la resistencia compresiva contra los demás ionómeros; resultando que “los valores esperados de la mezcla de polvo de plata, aunque son altos, no superan a los valores reportados por las otras presentaciones”.

*Elizabeth C. Kao*<sup>29</sup> experimentó con la reconstrucción de núcleo o estructura con un cemento de ionómero de vidrio reforzado con metal y reforzada además con la colocación de pins, para ver si esto mejoraba la resistencia compresiva. Se colocaron pins en posición paralela al eje del espécimen y perpendicular a la fuerza (tensión) en un grupo; en otro grupo se colocaron en posición perpendicular al eje de la muestra y paralelo a las fuerzas y otro con los pins perpendiculares tanto al eje como a la fuerza. Este estudio demostró que la colocación de pins no reducía la resistencia a la fractura, al contrario, los pins orientados paralelos a la fuerza mejoraron significativamente

la resistencia a la fractura del material; aproximadamente al doble del grupo control.

En un estudio de *Beyls et al*<sup>25</sup> se comparó la resistencia compresiva después de una semana entre algunos ionómeros contra sus ionómeros reforzados respectivos (Ketac-Fill / Ketac-Silver, Fuji II / Miracle Mix), además se utilizaron materiales experimentales de polvo de ionómero Fuji II con varias cantidades de aleación de plata usando tanto partícula esférica como laminada. Para los ionómeros de vidrio convencionales el promedio de resistencia compresiva fue de  $159.9 \pm 4.5$  MPa. La resistencia compresiva del Ketac-Silver no difiere significativamente de la del Ketac-Fill. La resistencia compresiva en los ionómeros reforzados se encontraba determinada por el tamaño de la partícula y su cantidad. Los resultados indicaban que la aleación de partículas laminadas se prefiere a la de esféricas en un rango aproximado de 20% de peso. La resistencia del Ketac-Silver era mayor a la del Miracle Mix .

*McKinney et al*<sup>30</sup> encontró que el Ketac-Silver era más resistente a la abrasión que los cementos de ionómero de vidrio regulares, aunque la superficie mostraba alguna incidencia de falla por microfractura. Ellos dijeron que la resistencia a la abrasión mejorada podría ser causada por el efecto lubricante de la partícula de plata sinterizada. Además, el polvo esférico de aleación a un rango de 70% del peso mezclado simplemente con el cemento de

ionómero de vidrio regular mostraba propiedades físicas y mecánicas superiores.

La mayoría de las investigaciones concuerdan en que la liberación de fluoruro disminuye en los materiales reforzados con metal, probablemente debido a que la incorporación de metal aproximadamente a un 50% del peso del cemento disminuye, por lógica la cantidad de ionómero en cada molécula. Thornton *et al* postuló que la cantidad reducida de fluoruro liberado por el Ketac-Silver en comparación con otros ionómeros de vidrio reforzados con metal tal vez se deba a la formación de fluoruro de plata, aunque mantiene parte del fluoruro adherido al cemento. No obstante, la liberación de fluoruro es la suficiente para prevenir la desmineralización e impedir caries recurrente, mostrándose además remineralización de tejido dental desmineralizado.

Simmons<sup>31</sup> hizo un estudio de varios casos clínicos con respecto a la forma de mezclar el Miracle Mix y su viscosidad. Concluyó que las propiedades físicas del ionómero de vidrio se mejoraban cuando se le adicionaba el polvo de plata o aleación, y que las características clínicas eran mejores cuando ésta mezcla es rápidamente incorporada a mano y a una viscosidad más espesa.

# INVESTIGACIÓN

## **4. INVESTIGACIÓN**

### ***4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA***

El ionómero de vidrio se ve limitado en su uso por la poca resistencia a la abrasión, y a las fuerzas compresiva y tangencial. Las propiedades físicas del ionómero de vidrio se pretende que mejoren con la adición de metal, aunque la resistencia a la abrasión en éstas mezclas es pobre, probablemente debido a la baja fuerza de unión entre la fibra metálica y el ionómero de vidrio.

En los cermets, el polvo metálico está firmemente adherido al vidrio por sinterización a alta temperatura y probablemente esto podría mejorar la resistencia compresiva y tangencial y la resistencia a la abrasión.

## **4.2 JUSTIFICACIÓN**

El propósito de ésta investigación es comparar las propiedades físicas de dos cementos convencionales, y tres reforzados; tratando de comprobar si mejoran éstas propiedades con la adición de metal y la diferencia entre mezclas simples y cermets, para poder así recomendar su uso, y sacar el máximo provecho que esta mezcla nos pueda dar.

### **4.3 HIPÓTESIS**

En la mezcla polvo de ionómero-limadura de plata habrá erosión y mayor desgaste debido al desprendimiento de partículas metálicas de la superficie. Esto no debe ocurrir en el cemento sinterizado dado que las partículas metálicas están unidas químicamente al vidrio por sinterización.

La resistencia compresiva y tangencial del cemento reforzado con metal debe ser considerablemente mejor que la del convencional, probablemente no habiendo diferencia significativa entre la mezcla y el cermet.

#### **4.4 OBJETIVO GENERAL**

Comparar la resistencia a la abrasión y a las fuerzas compresiva y tangencial de dos cementos de ionómero de vidrio convencionales, un material fabricado por sinterización, una mezcla de ionómero de vidrio con metal comercial y una mezcla de ionómero de vidrio con metal experimental.

#### **4.5 OBJETIVO ESPECÍFICO**

Obtener cifras de resistencia compresiva, tangencial y abrasiva que nos ayuden a determinar la mejor opción en cementos de ionómero de vidrio con carga metálica.

## 4.6 MATERIAL Y MÉTODOS

Los materiales investigados se enlistan en la Tabla 7, los cuales incluyen sus códigos, y las proporciones polvo-líquido

| <b>CÓDIGO:</b> | <b>MATERIAL</b>  | <b>PROPORCIÓN</b>                       |
|----------------|--|---|
| F-II           | Fuji Ionomer Tipo II   | 1:1                                     |
| D-II           | Degussa tipo II  | 1:1                                     |
| D-Ag           | Experimental<br>Degussa Tipo II + aleación para amalgama<br>de alto contenido de cobre | 1:1<br>IONÓMERO 46.8%<br>ALEACIÓN 53.2% |
| MM             | Miracle Mix  | 2:1                                     |
| KS             | Ketac-Silver   | PREENCAPSULADO                          |

Tabla 7

### MATERIAL

1. Ionómero Fuji Tipo II (G-C Internacional) Lote: 920718A.
2. Ionómero Degussa tipo II Lote: 950302.
3. Ionómero reforzado Miracle Mix (G-C Internacional) Lote: 190322.
4. Ketac-Silver (ESPE) Lote: 534.
5. Limadura para Amalgama (Argent F.D.)

## EQUIPO E INSTRUMENTAL

1. Máquina Universal FRANK.
2. Loseta y espátula.
3. Hacedores de muestra de acuerdo al punto 6.5.1.2 de la Norma N° 66 de la A.D.A. para pruebas de resistencia compresiva del ionómero de vidrio. (Ver figura 1)
4. Hacedores de muestra de acuerdo al punto 4.3.7 de la Norma N° 27 de la A.D.A. para pruebas de resistencia tangencial (diametral) para resinas compuestas. (Ver figura 1)
5. Ambientador a  $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de por lo menos 30%.
6. Amalgamador para mezcla mecánica del Ketac-Silver.
7. Balanza Analítica OHAUS mod. GA200 con aproximación de .0001g.
8. Cronómetro.
9. Tornillo micrométrico marca Mitutoyo con aproximación de 0.01mm.
10. Tornamesa con base giratoria a 33 RPM.
11. Agua bidestilada.
12. Papel abrasivo grano 600.
13. Activador y aplicador del Ketac-Silver.
14. Prensa de tornillo.
15. Placas de vidrio.

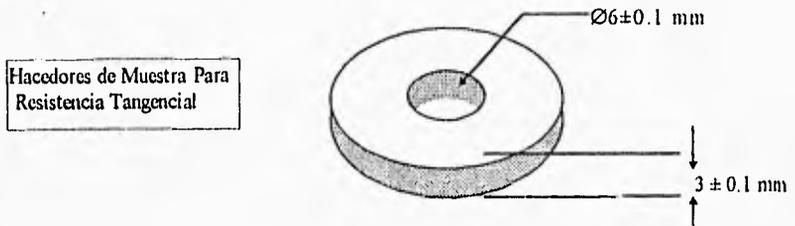
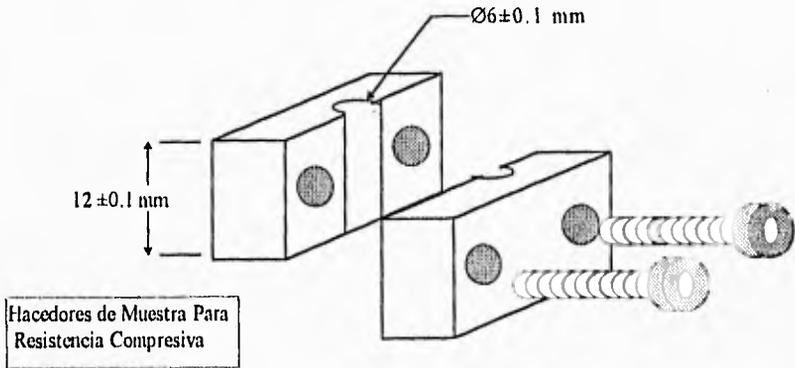
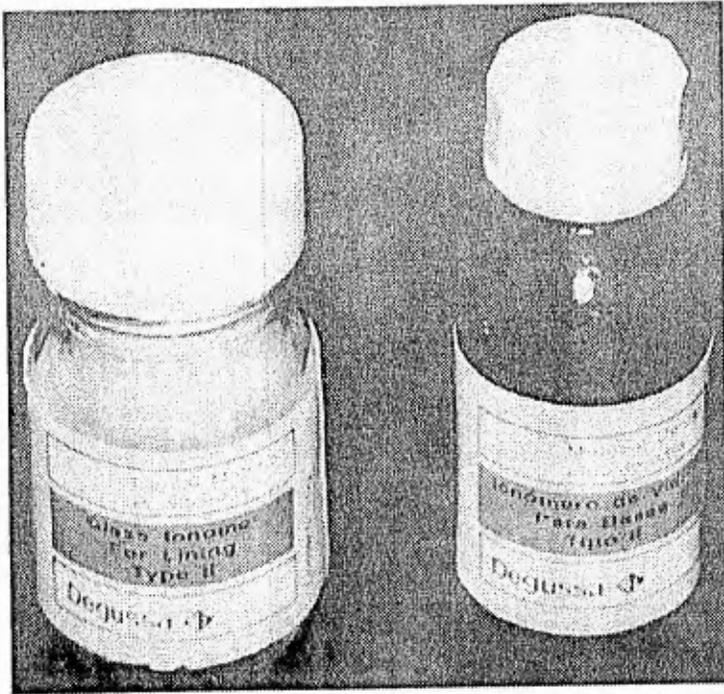


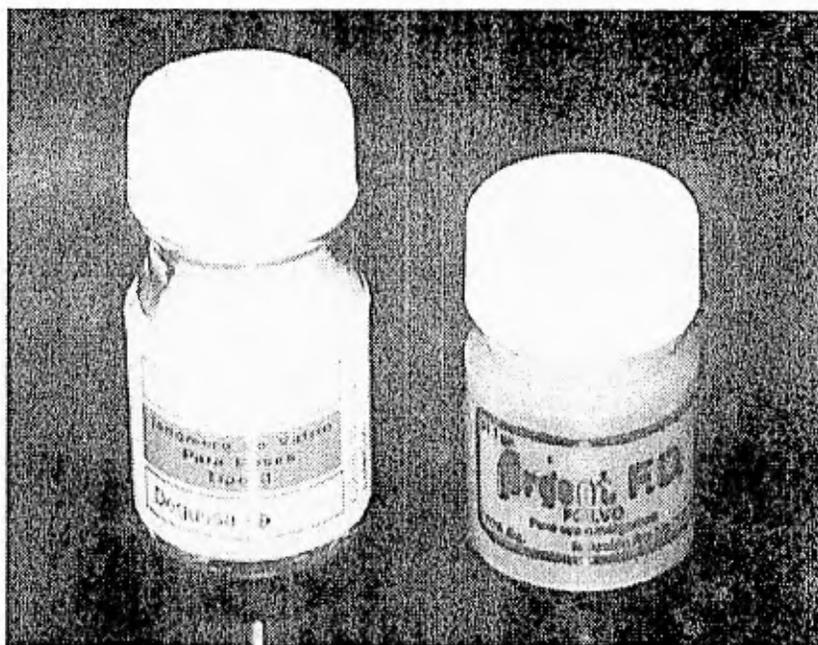
Figura 1



|   |  |                      |
|---|--|----------------------|
| <b>MATERIAL:</b> FUJI II                  | <b>CÓDIGO:</b> F-II                        | <b>LOTE:</b> 920718A |
| <b>TEMP AMBIENTE:</b> 22 ± 2°C            | <b>HUMEDAD RELATIVA:</b> 55 ± 5%           |                      |
| <b>TIEMPO DE ESPATULADO:</b> 30 SEG       | <b>TIEMPO DE TRABAJO:</b> 2 MIN            |                      |
| <b>PROPORCIÓN POLVO:</b> .1726g = 1 cuch. | <b>PROPORCIÓN LÍQUIDO:</b> .0780g = 1 gota |                      |



|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <b>MATERIAL:</b> DEGUSSA II              | <b>CÓDIGO:</b> D-II                        | <b>LOTE:</b> 950302 |
| <b>TEMP AMBIENTE:</b> 22 ± 2°C           | <b>HUMEDAD RELATIVA:</b> 55 ± 5%           |                     |
| <b>TIEMPO DE ESPATULADO:</b> 50 a 90 seg | <b>TIEMPO DE TRABAJO:</b> 3.5 min          |                     |
| <b>PROPORCIÓN POLVO:</b> .0865g = 1 cuch | <b>PROPORCIÓN LÍQUIDO:</b> .0300g = 1 gota |                     |



|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <b>MATERIAL: EXPERIMENTAL</b>  | <b>CÓDIGO: D-Ag</b>                        | <b>LOTE: 950302</b> |
| <b>TEMP AMBIENTE: 22 ± 2°C</b>   | <b>HUMEDAD RELATIVA: 55 ± 5%</b>           |                     |
| <b>TIEMPO DE ESPATULADO: 50-90 seg</b>   | <b>TIEMPO DE TRABAJO: 3.5 min</b>          |                     |
| <b>PROPORCIÓN POLVO: .1537g = 1 cuch</b>   | <b>PROPORCIÓN LIQUIDO: .0300g = 1 gota</b> |                     |
| <b>PROPORCIÓN IV-Ag: Polvo de ionómero: 10 g (46.8%), polvo de aleación de plata: 11.33g (53.2%)</b> |  |                     |
| <b>Nota: se utilizó la misma proporción de plata-ionómero que el Miracle Mix.</b>                    |  |                     |



|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
| <b>MATERIAL:</b> MIRACLE MIX  | <b>CÓDIGO:</b> MM                         | <b>LOTE:</b> 190322 |
| <b>TEMP AMBIENTE:</b> 22 ± 2°C  | <b>HUMEDAD RELATIVA:</b> 55 ± 5%          |                     |
| <b>TIEMPO DE ESPATULADO:</b> 10-20 seg  | <b>TIEMPO DE TRABAJO:</b> 10 seg          |                     |
| <b>PROPORCIÓN POLVO:</b> .5344g =2 cuch   | <b>PROPORCIÓN LÍQUIDO:</b> .0785g =1 gota |                     |
| <b>PROPORCIÓN IV-Ag:</b> Polvo de ionómero: 15 g (46.8%) , polvo de aleación de plata: 17 g (53.2%) |   |                     |
| Nota: El material ya trae su limadura predosificada.  |   |                     |



|  |   |                  |
|--|---|------------------|
| <b>MATERIAL:</b> KETAC-SILVER  | <b>CÓDIGO:</b> KS                                       | <b>LOTE:</b> 534 |
| <b>TEMP AMBIENTE:</b> 22 ± 2°C   | <b>HUMEDAD RELATIVA:</b> 55 ± 5%                        |                  |
| <b>TIEMPO DE MEZCLADO:</b> 8-10 seg<br>(amalgamador)   | <b>TIEMPO DE TRABAJO:</b> 2 min. (de inicio de mezcla.) |                  |
| <b>PROPORCIÓN POLVO:</b> preencapsulado  | <b>PROPORCIÓN LÍQUIDO:</b> preencapsulado               |                  |
| Nota: Se presta por 2 segundos en el activador, se mezcla en el amalgamador y se coloca en el aplicador. |   |                  |

## **MÉTODO:**

### **4.6.1 PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.**

#### Preparación de la muestra:

Se prepararán 5 especímenes para cada material, de 12 mm de alto por 6 mm de diámetro en moldes que previamente se cubren con una solución de cera al 3% en tolueno para facilitar su remoción. Todas las muestras se fabricarán por el mismo operador a  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $55 \pm 5\%$  de humedad relativa siguiendo las instrucciones del fabricante.

Empacar el cemento mezclado con un excedente superficial sobre el molde laminado ensamblado, dos minutos después del comienzo de la mezcla. A fin de que el cemento se endurezca y se evite el paso del aire, es conveniente llevar las proporciones adecuadas más largas de cemento mezclado al molde y aplicarse a un lado con un instrumento apropiado.

Llenar el molde hasta el tope y colocarlo en el fondo de la placa aplicando una presión ligera. Remover cualquier exceso de cemento extruído, colocar la tapa y presionarlos juntos manualmente. Poner el molde y placas en la prensa y

atomillarlo firmemente. No pasando más de 3 minutos del inicio de la mezcla, transferir todo el ensamble al ambientador a 37°C y 30% de humedad relativa.

Remover las placas a  $60 \pm 5$  min. de iniciada la mezcla y preparar la superficie de los extremos en ángulos rectos con respecto a su eje puliendo los extremos y removiendo los excesos de cemento. Mantener ambos extremos del espécimen húmedos durante el pulido.

Remover los especímenes del molde inmediatamente del pulido y checar si existen burbujas o bordes irregulares. Descartar cualquier espécimen defectuoso.

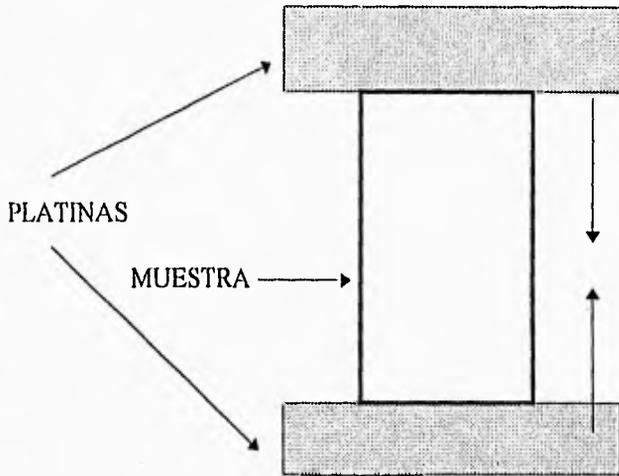
Sumergir los especímenes en agua destilada y mantenerlos a  $37 \pm 1$  °C por  $23 \pm 1$  hr.

Procedimiento de prueba:

Calcular el diámetro promedio tomando cuatro medidas, dos de cada extremo del espécimen.

Veinticuatro horas después del inicio de la mezcla determinar la resistencia compresiva de los especímenes usando la máquina universal a una velocidad de carga de 1.0 mm / min.

Colocar cada especimen con los extremos entre las platinas del aparato de forma que la carga se aplique sobre lo largo del especimen.(Ver figura 2)



**Figura 2**

Colocar un pequeño disco de papel filtro humedecido entre cada extremo del especimen y las platinas del aparato para evitar divergencias de resultados debidos a las asperezas de los extremos del especimen.

Registrar la carga aplicada cuando se fracture el espécimen y calcular la resistencia compresiva,  $k$  en megapascuales usando la fórmula:

$$k = \frac{4F}{\pi d^2}$$

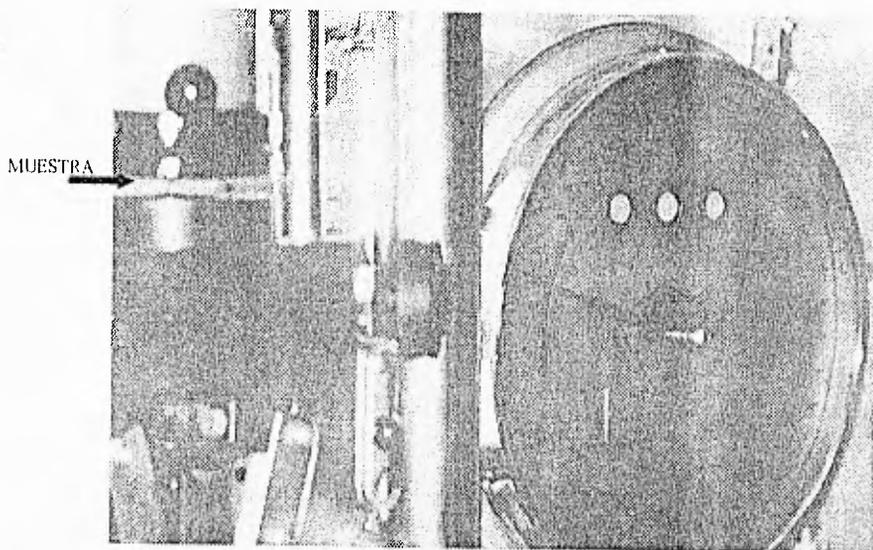
donde:

$F$  es la máxima carga aplicada en newtons;

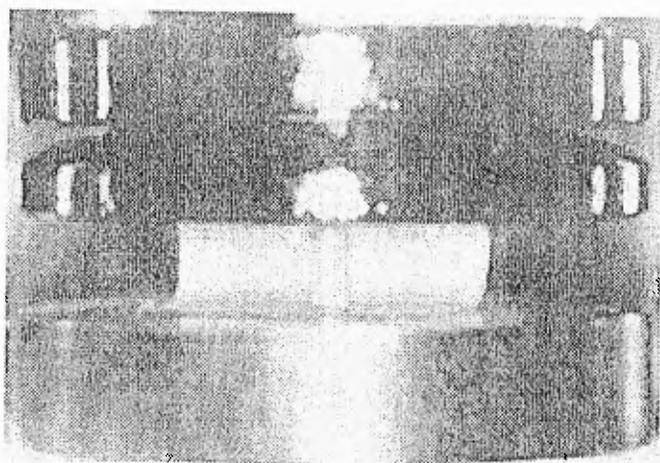
$d$  es la medida promedio del diámetro del espécimen, en milímetros.

Calcular el valor promedio de las cinco mediciones para cada material y registrarlo en una tabla. Ejem:

| MATERIAL: |          |             | CÓDIGO              |              |
|-----------|----------|-------------|---------------------|--------------|
| Muestra   | Diámetro | Carga en Kp | Carga en Newtons    | Carga en MPa |
| 1         |          |             |                     |              |
| 2         |          |             |                     |              |
| 3         |          |             |                     |              |
| 4         |          |             |                     |              |
| 5         |          |             |                     |              |
| Promedio: |          |             |                     |              |
|           |          |             | Desviación estándar |              |



Máquina Universal Frank



Fuerza Compresiva

#### **4.6.2 PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FUERZA TANGENCIAL.**

##### Preparación de la muestra:

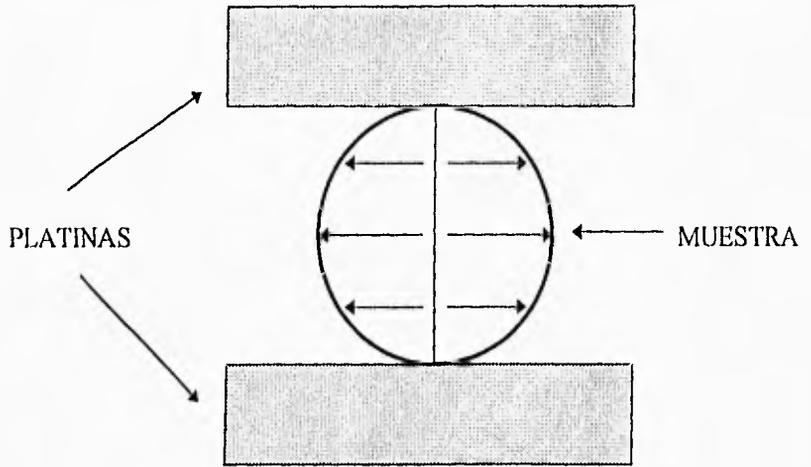
Las muestras se preparan del mismo modo que para la prueba de la resistencia compresiva, con la diferencia que las medidas del cilindro (muestra) son de 6 mm de diámetro por 3 mm de ancho.

##### Procedimiento de prueba:

Calcular el diámetro promedio tomando cuatro medidas, dos de cada extremo del espécimen.

Veinticuatro horas después del inicio de la mezcla determinar la resistencia a la fuerza tangencial de los especímenes usando la máquina universal a una velocidad de carga de 1.0 mm / min.

Colocar cada espécimen con el eje longitudinal de la muestra perpendicular al eje del aparato de forma que la carga se aplique sobre los lados del espécimen.(Ver figura 3)



**Figura 3**

De ésta forma, la carga de compresión es aplicada en el diámetro del cilindro. Las flechas en la figura indican la dirección de la tensión.

La resistencia se calcula con la siguiente fórmula<sup>32</sup>:

$$T_s = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L}$$

donde:

$T_s$  es la resistencia en MPa,

$P$  es la máxima carga soportada hasta el momento de la fractura (newtons);

$d$  es la medida promedio del diámetro del espécimen, en milímetros y

$L$  longitud del espécimen (mm).

Calcular el valor promedio de las cinco mediciones para cada material y registrarlo en una tabla. Ejem:

| MATERIAL: |          |          | CÓDIGO              |              |
|-----------|----------|----------|---------------------|--------------|
| Muestra   | Diámetro | Longitud | Carga en Kp         | Carga en MPa |
| 1         |          |          |                     |              |
| 2         |          |          |                     |              |
| 3         |          |          |                     |              |
| 4         |          |          |                     |              |
| 5         |          |          |                     |              |
| Promedio: |          |          |                     |              |
|           |          |          | Desviación estándar |              |

### **4.6.3 PRUEBA DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN.**

#### Preparación de la muestra:

Las muestras se preparan del mismo modo que para la prueba de la resistencia compresiva.

#### Procedimiento de prueba:

Veinticuatro horas después del inicio de la mezcla calcular la longitud promedio tomando una medida del espécimen con el tornillo micrométrico con aproximación de .001 mm.

Calcular el peso colocando las muestras en la balanza analítica con aproximación de .0001 g.

Determinar la resistencia a la abrasión de los especímenes usando una tornamesa a una velocidad de 33 revoluciones por minuto, colocando la muestra a un peso constante de 20g sobre el papel abrasivo grano 600 por 2.5 minutos.(Ver figura 4)

La resistencia a la abrasión se calculará por la diferencia de peso y longitud de muestra antes y después de la prueba.

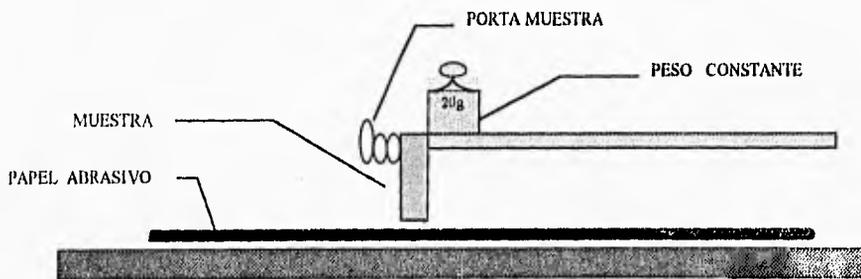
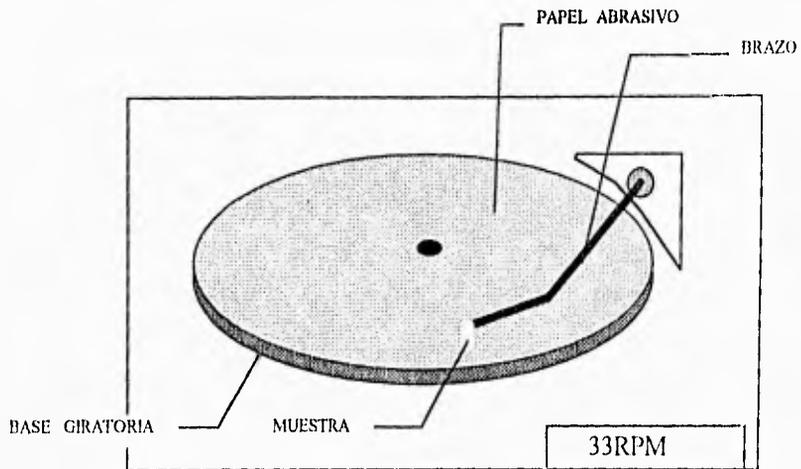


Figura 4

El porcentaje de pérdida de volumen por peso se calcula con la siguiente fórmula:

$$Pp = \frac{P^I - P^F}{P^I} \times 100$$

donde:

$Pp$  es el porcentaje de peso perdido en gramos,

$P^I$  es el peso inicial de la muestra y

$P^F$  es el peso de la muestra después de la prueba.

Calcular el valor promedio de las cinco mediciones para cada material y registrarlo en una tabla. Ejem:

| MATERIAL: |              |            | CÓDIGO              |                    |
|-----------|--------------|------------|---------------------|--------------------|
| Muestra   | Peso inicial | Peso final | Diferencia          | Porcentaje perdido |
| 1         |              |            |                     |                    |
| 2         |              |            |                     |                    |
| 3         |              |            |                     |                    |
| 4         |              |            |                     |                    |
| 5         |              |            |                     |                    |
|           |              | Promedio:  |                     |                    |
|           |              |            | Desviación estándar |                    |

El porcentaje de volumen perdido por medición de longitud se calcula con la siguiente fórmula:

$$Lp = \frac{L^I - L^F}{L^I} \times 100$$

donde:

$Lp$  es el porcentaje de volumen perdido por medición de longitud en mm,

$L^I$  es la longitud inicial de la muestra y

$L^F$  es la longitud de la muestra después de la prueba.

Calcular el valor promedio de las cinco mediciones para cada material y registrarlo en una tabla. Ejem:

| MATERIAL:           |                  |                | CÓDIGO     |                    |
|---------------------|------------------|----------------|------------|--------------------|
| Muestra             | Longitud inicial | Longitud final | Diferencia | Porcentaje perdido |
| 1                   |                  |                |            |                    |
| 2                   |                  |                |            |                    |
| 3                   |                  |                |            |                    |
| 4                   |                  |                |            |                    |
| 5                   |                  |                |            |                    |
|                     |                  | Promedio:      |            |                    |
| Desviación estándar |                  |                |            |                    |

# RESULTADOS

## 5. RESULTADOS

Después de realizarse las pruebas correspondientes de acuerdo con lo antes descrito; se procedió al procesamiento de los datos obtenidos.

La máquina universal de pruebas FRANK nos daba resultados en Kp, por lo que se multiplicó el resultado por 9.8 para convertirlos a newtons. Después se les aplicó las fórmulas de cada prueba para convertirlos a MPa. Se anotaron los resultados en las tablas correspondientes y se agruparon.

A continuación se muestran los datos tal cual se obtuvieron y en seguida el cuadro comparativo de los materiales, así como las gráficas de barra correspondientes a cada prueba.

## 5. RESULTADOS

Después de realizarse las pruebas correspondientes de acuerdo con lo antes descrito; se procedió al procesamiento de los datos obtenidos.

La máquina universal de pruebas FRANK nos daba resultados en Kp, por lo que se multiplicó el resultado por 9.8 para convertirlos a newtons. Después se les aplicó las fórmulas de cada prueba para convertirlos a MPa. Se anotaron los resultados en las tablas correspondientes y se agruparon.

A continuación se muestran los datos tal cual se obtuvieron y en seguida el cuadro comparativo de los materiales, así como las gráficas de barra correspondientes a cada prueba.

## 5.1 RESULTADOS DE RESISTENCIA COMPRESIVA

| MATERIAL: FUJI II   |          |             | CÓDIGO: F-II     |               |
|---------------------|----------|-------------|------------------|---------------|
| Muestra             | Diámetro | Carga en Kp | Carga en Newtons | Carga en MPa  |
| 1                   | 6.006    | 385.0       | 3773.0           | 133.18        |
| 2                   | 6.012    | 379.5       | 3719.1           | 131.01        |
| 3                   | 6.019    | 357.0       | 3498.6           | 122.96        |
| 4                   | 6.010    | 368.0       | 3606.4           | 127.13        |
| 5                   | 6.015    | 348.0       | 3410.4           | 120.02        |
| Promedio:           |          | 367.5       | 3601.5           | <b>126.86</b> |
| Desviación estándar |          |             |                  | 4.88          |

| MATERIAL: DEGUSSA-II |          |             | CÓDIGO: D-II     |              |
|----------------------|----------|-------------|------------------|--------------|
| Muestra              | Diámetro | Carga en Kp | Carga en Newtons | Carga en MPa |
| 1                    | 5.939    | 199.0       | 1950.2           | 70.40        |
| 2                    | 5.970    | 197.5       | 1935.5           | 69.14        |
| 3                    | 5.998    | 166.5       | 1631.7           | 57.75        |
| 4                    | 5.964    | 190.0       | 1862.0           | 66.65        |
| 5                    | 5.987    | 181.5       | 1778.7           | 63.18        |
| Promedio:            |          | 186.9       | 1831.6           | <b>65.42</b> |
| Desviación estándar  |          |             |                  | 4.56         |

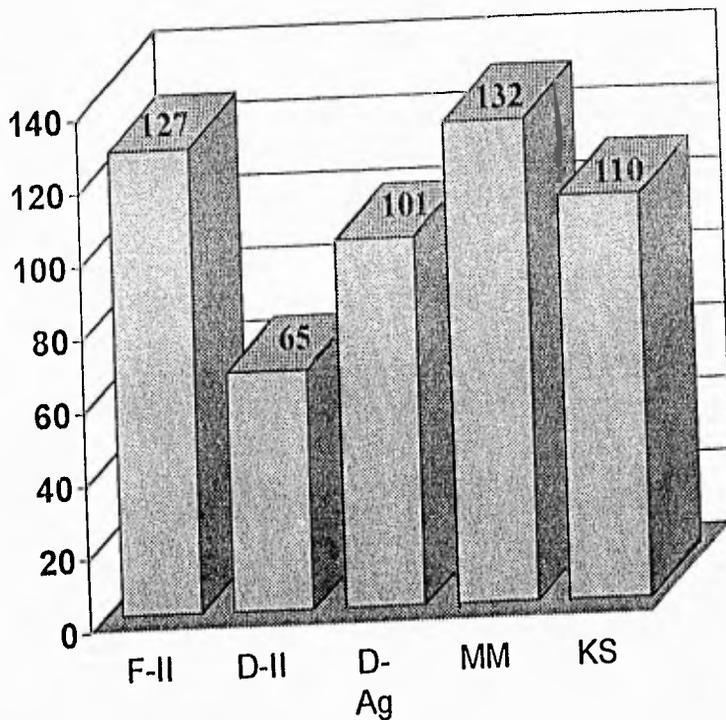
| MATERIAL: EXPERIMENTAL |          |             | CÓDIGO: D-Ag        |               |
|------------------------|----------|-------------|---------------------|---------------|
| Muestra                | Diámetro | Carga en Kp | Carga en Newtons    | Carga en MPa  |
| 1                      | 5.981    | 275.5       | 2699.9              | 96.10         |
| 2                      | 5.982    | 307.0       | 3008.6              | 107.05        |
| 3                      | 5.896    | 295.0       | 2891.0              | 105.89        |
| 4                      | 5.979    | 280.0       | 2744.0              | 97.73         |
| 5                      | 5.986    | 276.0       | 2704.8              | 96.11         |
| Promedio:              |          | 286.5       | 2809.7              | <b>100.58</b> |
|                        |          |             | Desviación estándar | 4.86          |

| MATERIAL: MIRACLE MIX |          |             | CÓDIGO: MM          |               |
|-----------------------|----------|-------------|---------------------|---------------|
| Muestra               | Diámetro | Carga en Kp | Carga en Newtons    | Carga en MPa  |
| 1                     | 5.998    | 389.0       | 3812.2              | 134.92        |
| 2                     | 5.983    | 387.0       | 3792.6              | 134.90        |
| 3                     | 5.985    | 365.0       | 3577.0              | 127.15        |
| 4                     | 6.027    | 400.0       | 3920.0              | 137.40        |
| 5                     | 5.999    | 358.0       | 3508.4              | 124.13        |
| Promedio:             |          | 379.8       | 3722.0              | <b>131.70</b> |
|                       |          |             | Desviación estándar | 5.12          |

| MATERIAL: KETAC-SILVER |          |              | CÓDIGO: KS          |               |
|------------------------|----------|--------------|---------------------|---------------|
| Muestra                | Diámetro | Carga en Kp  | Carga en Newtons    | Carga en MPa  |
| 1                      | 5.961    | 320.0        | 3136.0              | 112.37        |
| 2                      | 5.959    | 307.0        | 3008.6              | 107.88        |
| 3                      | 5.957    | 319.0        | 3126.2              | 112.17        |
| 4                      | 5.969    | 315.0        | 3087.0              | 110.32        |
| 5                      | 5.965    | 312.0        | 3057.6              | 109.41        |
| Promedio:              |          | <b>314.6</b> | <b>3083.1</b>       | <b>110.43</b> |
|                        |          |              | Desviación estándar | <b>1.69</b>   |

| Material    | Carga en Kp | Carga en Newtons | Carga en MPa | Carga en Kg/cm <sup>2</sup> |
|-------------|-------------|------------------|--------------|-----------------------------|
| <b>F-II</b> | 367.50      | 3601.50          | 126.86       | 1293.97                     |
| <b>D-II</b> | 186.90      | 1831.60          | 65.42        | 667.28                      |
| <b>D-Ag</b> | 286.50      | 2809.70          | 100.58       | 1025.92                     |
| <b>MM</b>   | 379.80      | 3722.00          | 131.70       | 1343.34                     |
| <b>KS</b>   | 314.60      | 3083.10          | 110.43       | 1126.39                     |

## RESISTENCIA COMPRESIVA (MPa)



Como se muestra en la gráfica, el material con mayor resistencia fué el Miracle Mix, siendo el de menor resistencia el Degussa tipo II. El material experimental mostró gran mejoría en su resistencia con respecto al material convencional.

## 5.2 RESULTADOS DE RESISTENCIA TANGENCIAL

| MATERIAL: FUJI-II |          |          | CÓDIGO: F-II        |              |
|-------------------|----------|----------|---------------------|--------------|
| Muestra           | Diámetro | Longitud | Carga en Kp         | Carga en MPa |
| 1                 | 6.101    | 3.140    | 50.0                | 16.28        |
| 2                 | 6.064    | 3.299    | 35.0                | 10.92        |
| 3                 | 6.113    | 3.130    | 45.0                | 14.67        |
| 4                 | 6.064    | 3.229    | 50.0                | 15.93        |
| 5                 | 6.115    | 3.238    | 48.0                | 15.12        |
| Promedio:         |          |          | 45.6                | <b>14.59</b> |
|                   |          |          | Desviación estándar | 1.92         |

| MATERIAL: DEGUSSA II |          |          | CÓDIGO: D-II        |              |
|----------------------|----------|----------|---------------------|--------------|
| Muestra              | Diámetro | Longitud | Carga en Kp         | Carga en MPa |
| 1                    | 6.040    | 3.000    | 34.5                | 11.88        |
| 2                    | 5.983    | 3.057    | 22.5                | 7.67         |
| 3                    | 6.018    | 3.307    | 15.5                | 4.86         |
| 4                    | 6.0675   | 3.145    | 15.0                | 4.90         |
| 5                    | 6.048    | 3.234    | 22.0                | 7.02         |
| Promedio:            |          |          | 21.9                | <b>7.27</b>  |
|                      |          |          | Desviación estándar | 2.56         |

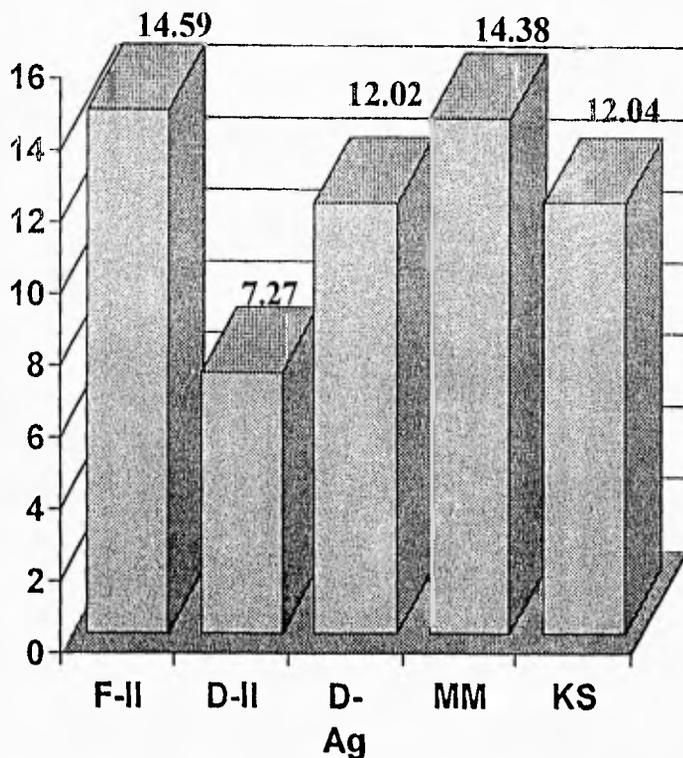
| <b>MATERIAL: EXPERIMENTAL</b> |          |          | <b>CÓDIGO: D-Ag</b> |              |
|-------------------------------|----------|----------|---------------------|--------------|
| Muestra                       | Diámetro | Longitud | Carga en Kp         | Carga en MPa |
| 1                             | 6.028    | 3.130    | 36.0                | 11.90        |
| 2                             | 6.033    | 3.056    | 34.0                | 11.51        |
| 3                             | 6.095    | 3.150    | 42.0                | 13.65        |
| 4                             | 6.056    | 3.130    | 35.0                | 11.52        |
| 5                             | 6.020    | 3.100    | 34.5                | 11.53        |
| Promedio:                     |          |          | 36.3                | <b>12.02</b> |
|                               |          |          | Desviación estándar | <b>0.83</b>  |

| <b>MATERIAL: MIRACLE MIX</b> |          |          | <b>CÓDIGO: MM</b>   |              |
|------------------------------|----------|----------|---------------------|--------------|
| Muestra                      | Diámetro | Longitud | Carga en Kp         | Carga en MPa |
| 1                            | 6.093    | 3.099    | 44.5                | 14.70        |
| 2                            | 6.115    | 3.106    | 44.5                | 14.62        |
| 3                            | 6.076    | 3.213    | 44.0                | 14.06        |
| 4                            | 6.041    | 3.079    | 41.0                | 13.75        |
| 5                            | 6.052    | 3.070    | 44.0                | 14.77        |
| Promedio:                    |          |          | 43.6                | <b>14.38</b> |
|                              |          |          | Desviación estándar | <b>0.40</b>  |

| MATERIAL: KETAC SILVER |          |          | CÓDIGO: KS          |              |
|------------------------|----------|----------|---------------------|--------------|
| Muestra                | Díámetro | Longitud | Carga en Kp         | Carga en MPa |
| 1                      | 6.013    | 3.021    | 40.0                | 13.74        |
| 2                      | 5.979    | 3.070    | 30.0                | 10.20        |
| 3                      | 5.958    | 3.081    | 38.0                | 12.92        |
| 4                      | 6.010    | 3.039    | 35.0                | 11.96        |
| 5                      | 5.949    | 3.043    | 33.0                | 11.37        |
| Promedio:              |          |          | 35.2                | <b>12.04</b> |
|                        |          |          | Desviación estándar | <b>1.22</b>  |

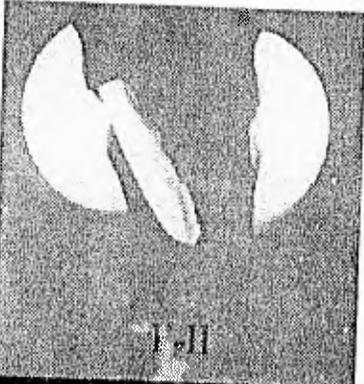
| Material    | Carga en Kp | Carga en Newtons | Carga en MPa | Carga en Kg/cm <sup>2</sup> |
|-------------|-------------|------------------|--------------|-----------------------------|
| <b>F-II</b> | 45.6        | 446.88           | 14.59        | 148.82                      |
| <b>D-II</b> | 21.9        | 214.62           | 7.27         | 74.15                       |
| <b>D-Ag</b> | 36.6        | 358.68           | 12.02        | 122.60                      |
| <b>MM</b>   | 43.6        | 427.28           | 14.38        | 146.68                      |
| <b>KS</b>   | 35.2        | 344.96           | 12.04        | 122.81                      |

## RESISTENCIA TANGENCIAL (MPa)

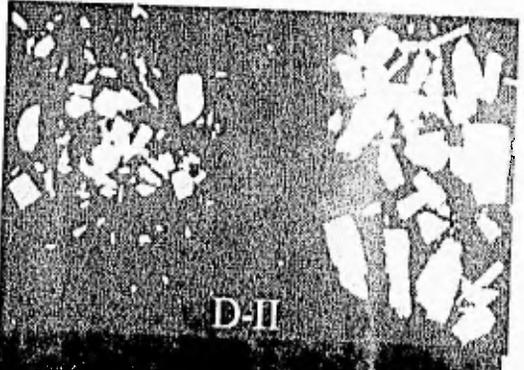


Como se muestra en la gráfica, la mayor resistencia la mostraron dos materiales: el Fuji y el Miracle Mix , siendo apenas mayor el promedio del primero. El material con menor resistencia fue el Degussa, siendo significativamente mejorado por el material experimental.

## Modo de Fractura



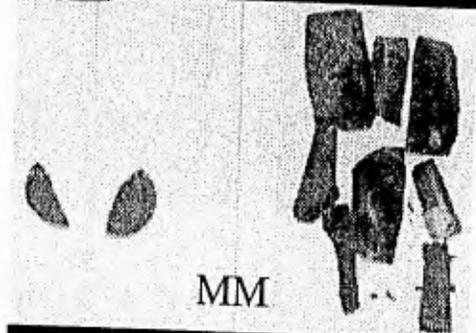
El material conserva gran parte de su forma al ceder a la fuerza y fracturarse.



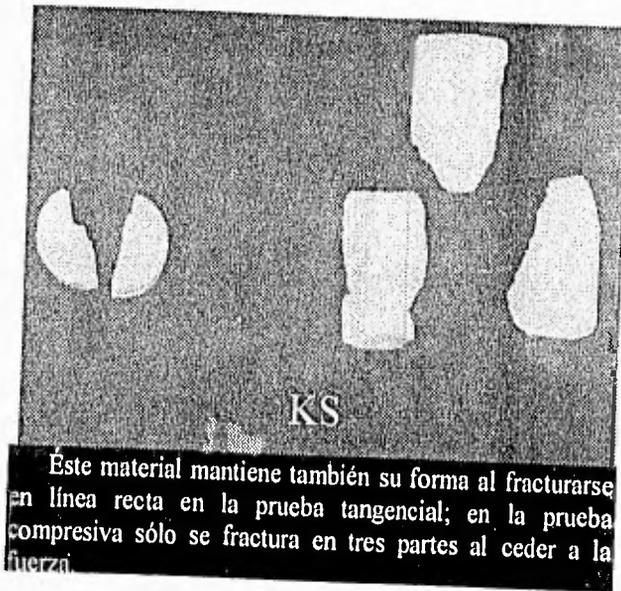
Nótese que tanto en la prueba compresiva como en la prueba tangencial, el material se fragmentaba en porciones muy pequeñas, en otras palabras, "explotaba" al ceder a la fuerza.



Nótese que no existe diferencia significativa entre el modo de fractura de éste material y el Fuji II.



El material mantiene más su forma al fracturarse casi en línea recta en la prueba tangencial, mientras en la compresiva se fractura en menos partes que el material de arriba.



El modo de fractura de los materiales variaba considerablemente entre sí, sobre todo entre el Degussa y el experimental, ya que en el primero el material se fragmentaba en pequeñas partes al ceder a la fuerza; mientras que en el segundo se conservaba mejor la forma de la muestra. Entre el Fuji y el Miraele Mix también existía diferencia, aunque no era significativa. Entre el Ketac-Silver y el Miracle Mix no existía casi diferencia en el comportamiento de la muestra para la prueba tangencial, aunque el modo de fractura de la muestra para la prueba compresiva era diferente, conservándose mejor el Ketac-Silver .

## 5.3 RESULTADOS DE RESISTENCIA ABRASIVA

### 5.3.1 POR PESO

| MATERIAL: FUJI-II |              |            | CÓDIGO: F-II        |                    |
|-------------------|--------------|------------|---------------------|--------------------|
| Muestra           | Peso inicial | Peso final | Diferencia          | Porcentaje perdido |
| 1                 | .6875        | .6850      | 0.0025              | 0.3636             |
| 2                 | .7148        | .7132      | 0.0016              | 0.2238             |
| 3                 | .6781        | .6764      | 0.0017              | 0.2507             |
| 4                 | .6881        | .6854      | 0.0027              | 0.3924             |
| 5                 | .6837        | .6815      | 0.0022              | 0.3218             |
|                   |              | Promedio:  | <b>0.0021</b>       | <b>0.3105</b>      |
|                   |              |            | Desviación estándar | <b>0.06</b>        |

| MATERIAL: DEGUSSA II |              |            | CÓDIGO: D-II        |                    |
|----------------------|--------------|------------|---------------------|--------------------|
| Muestra              | Peso inicial | Peso final | Diferencia          | Porcentaje perdido |
| 1                    | .6093        | .6032      | 0.0061              | 1.0011             |
| 2                    | .5774        | .5707      | 0.0067              | 1.1604             |
| 3                    | .5648        | .5586      | 0.0062              | 1.0977             |
| 4                    | .5400        | .5360      | 0.0040              | 0.7407             |
| 5                    | .5582        | .5521      | 0.0061              | 1.0928             |
|                      |              | Promedio:  | <b>0.0058</b>       | <b>1.0186</b>      |
|                      |              |            | Desviación estándar | <b>0.15</b>        |

| MATERIAL: EXPERIMENTAL |              |            | CÓDIGO: D-Ag        |                    |
|------------------------|--------------|------------|---------------------|--------------------|
| Muestra                | Peso inicial | Peso final | Diferencia          | Porcentaje perdido |
| 1                      | .9780        | .9732      | 0.0048              | 0.4908             |
| 2                      | .8775        | .8725      | 0.0050              | 0.5698             |
| 3                      | .8820        | .8770      | 0.0050              | 0.5669             |
| 4                      | .9445        | .9393      | 0.0052              | 0.5506             |
| 5                      | .9292        | .9243      | 0.0049              | 0.5273             |
|                        |              | Promedio:  | <b>0.0050</b>       | <b>0.5411</b>      |
|                        |              |            | Desviación estándar | <b>0.03</b>        |

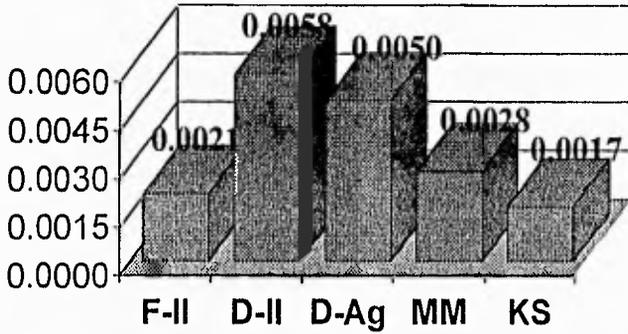
| MATERIAL: MIRACLE MIX |              |            | CÓDIGO: MM          |                    |
|-----------------------|--------------|------------|---------------------|--------------------|
| Muestra               | Peso inicial | Peso final | Diferencia          | Porcentaje perdido |
| 1                     | 1.0267       | 1.0239     | 0.0028              | 0.2727             |
| 2                     | .8958        | .8929      | 0.0029              | 0.3237             |
| 3                     | .9832        | .9803      | 0.0029              | 0.2949             |
| 4                     | .9203        | .9176      | 0.0027              | 0.2934             |
| 5                     | 1.0158       | 1.0130     | 0.0028              | 0.2756             |
|                       |              | Promedio:  | <b>0.0028</b>       | <b>0.2921</b>      |
|                       |              |            | Desviación estándar | <b>0.02</b>        |

| MATERIAL: KETAC-SILVER |              |            | CÓDIGO: KS          |                    |
|------------------------|--------------|------------|---------------------|--------------------|
| Muestra                | Peso inicial | Peso final | Diferencia          | Porcentaje perdido |
| 1                      | .9953        | .9936      | 0.0017              | 0.1708             |
| 2                      | .9970        | .9951      | 0.0019              | 0.1906             |
| 3                      | .9792        | .9776      | 0.0016              | 0.1634             |
| 4                      | .9905        | .9888      | 0.0017              | 0.1716             |
| 5                      | .9996        | .9978      | 0.0018              | 0.1801             |
|                        |              | Promedio:  | 0.0017              | <b>0.1753</b>      |
|                        |              |            | Desviación estándar | 0.01               |

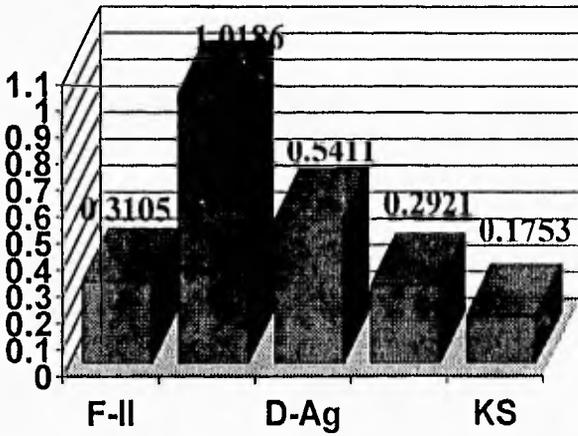
| Material    | Diferencia de Peso<br>(g) | Porcentaje perdido<br>(%) |
|-------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>F-II</b> | 0.0021                    | 0.3105                    |
| <b>D-II</b> | 0.0058                    | 1.0186                    |
| <b>D-Ag</b> | 0.0050                    | 0.5411                    |
| <b>MM</b>   | 0.0028                    | 0.2921                    |
| <b>KS</b>   | 0.0017                    | 0.1753                    |

# PERDIDA DE PESO

DIFERENCIA EN GRAMOS



## PORCENTAJE PERDIDO



### 5.3.2 POR LONGITUD

| MATERIAL: FUJI II |                  |                | CÓDIGO: F-II        |                    |
|-------------------|------------------|----------------|---------------------|--------------------|
| Muestra           | Longitud inicial | Longitud final | Diferencia          | Porcentaje perdido |
| 1                 | 11.659           | 11.636         | 0.023               | 0.1973             |
| 2                 | 11.675           | 11.646         | 0.029               | 0.2484             |
| 3                 | 11.664           | 11.643         | 0.021               | 0.1800             |
| 4                 | 11.693           | 11.662         | 0.031               | 0.2651             |
| 5                 | 11.685           | 11.663         | 0.022               | 0.1883             |
|                   |                  | Promedio:      | <b>0.025</b>        | <b>0,2158</b>      |
|                   |                  |                | Desviación estándar | <b>0.03</b>        |

| MATERIAL: DEGUSSA II |                  |                | CÓDIGO: D-II        |                    |
|----------------------|------------------|----------------|---------------------|--------------------|
| Muestra              | Longitud inicial | Longitud final | Diferencia          | Porcentaje perdido |
| 1                    | 11.697           | 11.650         | 0.047               | 0.4018             |
| 2                    | 11.684           | 11.587         | 0.097               | 0.8302             |
| 3                    | 11.602           | 11.526         | 0.076               | 0.6551             |
| 4                    | 11.583           | 11.519         | 0.064               | 0.5525             |
| 5                    | 11.582           | 11.547         | 0.035               | 0.3022             |
|                      |                  | Promedio:      | <b>0.064</b>        | <b>0,5484</b>      |
|                      |                  |                | Desviación estándar | <b>0.19</b>        |

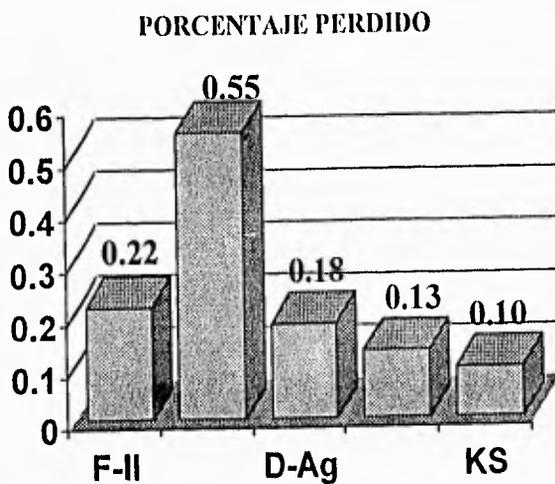
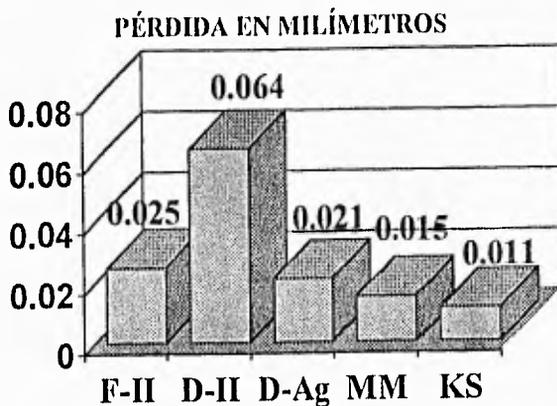
| <b>MATERIAL: EXPERIMENTAL</b> |                  |                | <b>CÓDIGO: D-Ag</b> |                    |
|-------------------------------|------------------|----------------|---------------------|--------------------|
| Muestra                       | Longitud inicial | Longitud final | Diferencia          | Porcentaje perdido |
| 1                             | 11.597           | 11.578         | 0.019               | 0.1638             |
| 2                             | 11.645           | 11.623         | 0.022               | 0.1889             |
| 3                             | 11.685           | 11.664         | 0.021               | 0.1797             |
| 4                             | 11.641           | 11.617         | 0.024               | 0.2062             |
| 5                             | 11.655           | 11.635         | 0.020               | 0.1716             |
|                               |                  | Promedio:      | <b>0.021</b>        | <b>0.1820</b>      |
|                               |                  |                | Desviación estándar | <b>0.01</b>        |

| <b>MATERIAL: MIRACLE MIX</b> |                  |                | <b>CÓDIGO: MM</b>   |                    |
|------------------------------|------------------|----------------|---------------------|--------------------|
| Muestra                      | Longitud inicial | Longitud final | Diferencia          | Porcentaje perdido |
| 1                            | 11.828           | 11.812         | 0.016               | 0.1353             |
| 2                            | 11.713           | 11.691         | 0.022               | 0.1878             |
| 3                            | 11.725           | 11.711         | 0.014               | 0.1194             |
| 4                            | 11.745           | 11.731         | 0.014               | 0.1192             |
| 5                            | 11.772           | 11.762         | 0.010               | 0.0849             |
|                              |                  | Promedio:      | <b>0.015</b>        | <b>0.1293</b>      |
|                              |                  |                | Desviación estándar | <b>0.03</b>        |

| <b>MATERIAL: KETAC-SILVER</b> |                         |                       | <b>CÓDIGO: KS</b>          |                           |
|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|
| <b>Muestra</b>                | <b>Longitud inicial</b> | <b>Longitud final</b> | <b>Diferencia</b>          | <b>Porcentaje perdido</b> |
| 1                             | 11.632                  | 11.624                | 0.008                      | 0.0688                    |
| 2                             | 11.660                  | 11.648                | 0.012                      | 0.1029                    |
| 3                             | 11.656                  | 11.649                | 0.007                      | 0.0601                    |
| 4                             | 11.946                  | 11.937                | 0.009                      | 0.0753                    |
| 5                             | 11.667                  | 11.647                | 0.020                      | 0.1714                    |
|                               |                         | <b>Promedio:</b>      | <b>0.011</b>               | <b>0.0957</b>             |
|                               |                         |                       | <b>Desviación estándar</b> | <b>0.04</b>               |

| <b>Material</b> | <b>Diferencia de Longitud (mm)</b> | <b>Porcentaje perdido (%)</b> |
|-----------------|------------------------------------|-------------------------------|
| <b>F-II</b>     | 0.025                              | 0.2158                        |
| <b>D-II</b>     | 0.064                              | 0.5484                        |
| <b>D-Ag</b>     | 0.021                              | 0.1820                        |
| <b>MM</b>       | 0.015                              | 0.1293                        |
| <b>KS</b>       | 0.011                              | 0.0957                        |

# PÉRDIDA DE LONGITUD



## 5.4 DISCUSIÓN

Los resultados de éste estudio difieren de algunos realizados anteriormente, donde la adición de partículas metálicas al ionómero de vidrio tipo II no mejoraba sus propiedades físicas; sino al contrario, las disminuía. Existe la teoría que al encontrarse en la mezcla menor proporción de ionómero y no habiendo unión química sino física del ionómero con el metal, se disminuye la fuerza de unión entre las partículas del material fraguado y por lo tanto sus propiedades físicas se ven mermadas.

No obstante, en el presente estudio y bajo las condiciones en que se realizaron los estudios, la resistencia a la compresión se ve aumentada con la adición de partículas metálicas, especialmente en el material experimental de ionómero de vidrio Degussa tipo II y aleación de plata; donde las propiedades se vieron mejoradas casi al doble. Entre el ionómero de vidrio Fuji y el Miracle Mix, aunque la diferencia no fue tan notoria, si hubo una pequeña diferencia a favor del Miracle Mix. Sin embargo, en el Ketac-Silver las propiedades de resistencia a las fuerzas compresiva y tangencial, son menores que el Fuji y el Miracle Mix. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por *Kerby y Knobloch*<sup>24</sup>, donde el Ketac-Silver muestra menor resistencia que el Miracle

Mix , sin embargo en los estudios realizados por *Kerby y Bleiholder*<sup>20</sup>, el Ketac-Silver supera al Miracle Mix .

En lo que a resistencia a la abrasión se refiere, el material con mejor comportamiento fue definitivamente el Ketac-Silver, observando menor desgaste que los demás y menor pérdida de peso. En éste punto, podríamos hacer la observación de que los demás materiales mostraban una mayor proporción de pérdida de peso además de la producida por la abrasión en sí, probablemente debida a la evaporación durante el periodo de prueba del agua bidestilada en que se tenían las muestras. Cabe menciónar que a todas las muestras de cada material se les eliminó el excedente de agua de la superficie con un papel absorbente para reducir al mínimo ésta diferencia, tratando de apegarnos lo más posible a la relación real de pérdida de peso/longitud. Sin embargo, el Ketac-Silver se estabilizaba más rápidamente en su peso, lo que nos hace pensar que probablemente éste material tenga una mayor densidad después de su fraguado que los demás materiales; en los que posiblemente queda almacenada entre las partículas del cemento fraguado una pequeña cantidad de agua, la cual se evapora durante el tiempo que dura la prueba, provocando una inestabilidad en el peso, además de la pérdida propia de la prueba. Esto nos hace pensar que esa menor porosidad del Ketac-Silver que impide que entre sus moléculas quede agua almacenada, es directamente proporcional a su resistencia a la abrasión.

Al momento de aplicarles la carga hasta llegar a la fractura, cada material tuvo un comportamiento y un tipo de fractura diferentes. El ionómero de vidrio Degussa podría decirse que explotaba al momento de ceder a la fuerza, fracturándose en partes pequeñas y sin conservar su forma en algunas partes. El ionómero de vidrio Fuji, el Miracle Mix, el material experimental y el Ketac-Silver conservaban, especialmente en la prueba de resistencia tangencial, parte de su forma, llegando el Miracle Mix a ser el material que conservaba mejor su forma, fracturándose en línea recta a través de su diámetro y partiéndose en dos. Después de éste material, le seguían en orden descendente el Ketac-Silver, el experimental y el Fuji II, no habiendo diferencia significativa entre éstos dos últimos.

Otra ventaja observada en el Ketac-Silver es su color más parecido al diente que el de los demás materiales reforzados, en los que se observaba un color gris obscuro.

# CONCLUSIONES

## 6. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de éste estudio, se comprueba que las propiedades físicas del cemento de ionómero de vidrio pueden ser mejoradas con la adición de aleación de plata para amalgama, no siendo mayor en el material producido por sinterización en lo que a resistencias compresiva y tangencial se refiere; sin embargo, la resistencia a la abrasión es significativamente mayor en éste material que en los otros, teniendo además una gran ventaja estética sobre los materiales reforzados por mezcla.

Las resistencias compresiva y tangencial en éste estudio son directamente proporcionales entre los materiales; así como la resistencia a la abrasión es mayor en el material fabricado por sinterización que en las mezclas mecánicas de polvo y limadura.

# BIBLIOGRAFÍA

## 7. BIBLIOGRAFÍA

<sup>1</sup> ESCALERA MANCILLA CELIA

Ionómero de Vidrio/Resina

UNAM, 1995

Facultad de Odontología

Tesis de licenciatura

45 pp.

<sup>2</sup> CARBONELL CASTRO VERÓNICA

Cementos de Ionómero de Vidrio. Sus Usos y Evaluación en Dentición Primaria

UNAM, 1993

Facultad de Odontología

Tesis de licenciatura

51 pp.

<sup>3</sup> WILSON A.D. & KENT B.E. (1972)

A New Translucent Cement For Dentistry: The Glass Ionomer Cement

*British Dental Journal*

vol. 132

p. 133-135

<sup>4</sup> GRAHAM J. MOUNT.

Atlas Práctico de Ionómero de Vidrio.

Ed. Salvat editores

Barcelona, España 1990

128 pp

<sup>5</sup> GUZMÁN BAEZ HUMBERTO JOSÉ.

Biomateriales Odontológicos de Uso Clínico

Editorial Cat

Primera Edición

SEP. 1990

<sup>6</sup> RALPH W. PHILLIPS M. S.  
La Ciencia de los Materiales Dentales de Skinner  
Editorial Interamericana  
p. 476-484

<sup>7</sup> PÉREZ CAO ROMERO VERÓNICA  
Ionómero de Vidrio  
UNAM, 1995  
Facultad de Odontología  
Tesina de licenciatura  
54 pp

<sup>8</sup> OJEDA RODRÍGUEZ ÁNGEL  
Alteraciones en las Propiedades Físicas del Polvo de Ionómero de Vidrio, Bajo la Influencia  
de la Exposición al Medio Ambiente  
UNAM, 1995  
Facultad de Odontología  
Tesina de Licenciatura  
43 pp.

<sup>9</sup> REVISED ANSI/ADA SPECIFICATIONS.  
Revised American National Standard / American Dental Association  
Specification N° 66 for Dental Glass Ionomer Cements  
p. 599-608

<sup>10</sup> GARRIDO MORALES PATRICIA  
Estudio Comparativo de la Resistencia Compresiva de los Selladores de Resina e Ionómero  
de Vidrio a Una Hora.  
UNAM, 1994  
Facultad de Odontología  
Tesina de Licenciatura  
38 pp.

<sup>11</sup> GALVÁN GARCÍA ARGELIA

Valoración de Diferentes Ionómeros de Vidrio Ante Carga Diametral

UNAM, 1994

Facultad de Odontología

Tesis de Licenciatura

41 pp.

<sup>12</sup> SANTIAGO GUADALUPE MAURA

Ionómero de Vidrio

UNAM, 1990

Facultad de Odontología

Tesis de Licenciatura

49 pp

<sup>13</sup> LOYOLA RODRIGUEZ JUAN P. (*et al*)

Growth Inhibition of Glass Ionomer Cements on Mutans Streptococci

*Pediatric Dentistry*

Sep., 1994

Vol. 16 (5)

p. 346-349

<sup>14</sup> MALDONADO A. SWARTZ, M.L. PHILLIPS, RW. (1989)

An In Vitro Study of Certain Properties of a Glass Ionomer Cement

*Journal American Dental Association,*

Tomo 96,

p. 785

<sup>15</sup> SEPPA, L. & B. OGAARD (1993)

The Effect of Fluoride Application on Fluoride Release And Antimicrobial Property of Glass Ionomer In Vitro

*Journal of Dental Research*

Tomo 72 *Abstracts of Papers*

p. 222 (Abstract N° 949)

- <sup>16</sup> K.H. CHUNG (1993)  
The Properties of Metal-Reinforced Glass Ionomer Materials  
*Journal of Oral Rehabilitation*,  
Tomo 20 (1)  
p. 79-87
- <sup>17</sup> SÁNCHEZ LÓPEZ HILDA ARACELI  
Valoración del Cemento de Fosfato de Zinc Reforzado con Aleación para Amalgama  
UNAM, 1992  
Facultad de Odontología  
Tesina de Licenciatura  
23 pp
- <sup>18</sup> SIMMONS J.J. (1983)  
The Miracle Mixture. Glass Ionomer And Alloy Powder.  
*Texas Dental Journal*  
vol. 100  
p 6-12
- <sup>19</sup> EL MALLAKH B., NIKHIL, S. & KAMAR A. (1987)  
Does Metal Incorporation Improve Glass Ionomer Properties?  
*Journal of Dental Research*,  
Tomo 66, *Abstracts of Papers*  
p 113 (Abstract No. 50)
- <sup>20</sup> R.E. KERBY Y R.F. BLEIHOLDER (1991)  
Physical Properties of Stainless Steel And Silver-Reinforced Glass Ionomer Cements.  
*Journal of Dental Research*,  
Tomo 70 (1)  
p. 1358-1361
- <sup>21</sup> JOHN W. McLEAN, (1990)  
Cermets Cements  
*Journal American Dental Association*,  
Tomo 120 (1)  
p. 43-7

- <sup>22</sup> THEODORE P. CROLL, CONSTANCE M. KILLIAN(1992)  
Glass-Ionomer-Silver-Cermet Interim Class I Restorations For Permanent Teeth  
*Quintessence International*  
Vol. 23 (11)  
p. 731 - 733
- <sup>23</sup> AL-AJAM & MCGREGOR.(1993)  
Comparison of The Sealing Capabilities of Ketac-Silver And Extra High Copper Alloy  
Amalgam When Used as Retrograde Root Canal Filling  
*Journal of Endodontics*  
Vol. 19 (7)  
p. 353-356
- <sup>24</sup> R.E. KERBY, L KNOBLOCH (1992)  
Strenght Characteristics of Glass-Ionomer Cements.  
*Operative Dentistry*, 1992,  
Tomo 17,  
p. 170-174
- <sup>25</sup> BEYLS-H.M., VERBEECK-R.M, MARTENS-L.C., LEMAITRE -L.(1991)  
Compressive Strenght of Some Polyalkenoates With or Without Dental Amalgam Alloy  
Incorporation  
*Dental Materials*  
Tomo 7 (3),  
p. 151-4
- <sup>26</sup> BARCELÓ SANTANA, FEDERICO H., REYES MORALES, JUAN, QUINTERO E.  
MIGUEL ÁNGEL, SÁENZ ESPÍNDOLA GABRIEL  
Estudio Comparativo de 20 Amalgamas Dentales Nacionales y Extranjeras  
*Práctica Odontológica*, 1988  
vol. 9 (9)  
p. 30-39

- <sup>27</sup> MOORE BK., SWARTZ ML, PHILLIPS RW, (1985)  
Abrasion Resistance of Metal Reinforced Glass Ionomer Cements.  
*Journal of Dental Research*,  
Tomo 64 *Abstracts of Papers*  
p. 371 (Abstract N° 1766)
- <sup>28</sup> BARCELÓ SANTANA FEDERICO H. Y COLS.  
Ionómero de Vidrio: Valoración Física de Diferentes Presentaciones  
*Practica Odontológica*, 1994  
Vol. 16 (4)  
p. 31-34
- <sup>29</sup> KAO C. ELIZABETH (1994)  
Fracture Resistance of Pin Retained Amalgam, Composite Resin And Alloy Reinforced  
Glass Ionomer Core ,Materials  
*Journal of Prosthetic Dentistry*  
Tomo 66 (4)  
p. 463-470
- <sup>30</sup> MCKINNEY J., ANTONUCCI J., & RUPP N. (1988)  
Wear And Microhardness of a Silver-Sintered Glass Ionomer Cement  
*Journal of Dental Research*  
Tomo 67  
p. 831
- <sup>31</sup> SIMMONS, JOE J. (1990)  
Silver Alloy Powder And Glass Ionomer Cement  
*Journal American Dental Association*  
Tomo 120 (1)  
p. 49 - 52
- <sup>32</sup> REPORTS OF COUNCILS AND BUREAUS  
Specification N° 27 for Composite Resins.  
*Journal American Dental Association*  
vol. 94  
p. 1193