



**UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA  
CÁTEDRA DE PRÓTESIS FIJA**



## **RESISTENCIA A LA FRACTURA EN PREPARACIONES DENTARIAS DE YESO EXTRADURO**

**Trabajo de Investigación  
Requisito para optar al  
Título de Cirujano Dentista**

**ALUMNOS:  
Alejandro Espinoza Zúñiga  
Cristián Pinochet De Gregori**

**PROFESOR GUÍA:  
Dr. Francisco Bravo Gallardo**

**Valparaíso – Chile  
2005**

*Quiero dar gracias a Dios por el término de este ciclo, además de un agradecimiento Especial a mis padres y hermana que por su preocupación, apoyo y fuerza pude salir Adelante en los momentos difíciles y terminar bien esta carrera...*

*Alejandro*

***A Mis Padres...***

*Sabiendo que no existe la forma de agradecer toda una vida de sacrificios y esfuerzos,  
Quiero que sientan que el objetivo logrado también es suyo,  
Y que la fuerza que me ayudó a conseguirlo fue su apoyo...*

***Mamá,***

*Gracias por respetar mis sentimientos, por permitirme valerme por mi mismo.  
Por hacerme fuerte como tú, para poder enfrentar a la vida.  
Gracias por la luz de tu sabiduría, por estas alas que creaste con tus consejos y ejemplo,  
Que me han de llevar muy alto...*

***Papá***

*Gracias a ti, por ser un gran amigo y apoyarme en mi camino,  
Gracias por formarme con tu sabiduría, tus gracias y alegrías, tus enojos y sonrisas.  
Gracias por formar esta familia, por amar a mi madre y la vida,  
Gracias por darme tu cariño...*

***A mis Amigos,***

*Por estar presentes en los momentos en que más los necesitaba,  
Siempre, sin pedir nada a cambio...*

***Cristián***

# ***AGRADECIMIENTOS***

## ***AGRADECIMIENTOS***

---

- Al *Dr. Francisco Bravo*, por su supervisión, ayuda y apoyo en el desarrollo de nuestro Seminario de Tesis.
- A *Dental Laval Ltda.*, por su valiosa cooperación material y de información, que permitió llevar a cabo esta investigación.
- A *Pareja Lecaros Chile*, por su valiosa contribución material.
- Al *Sr. Rubén Román* y al laboratorio dental *LabRoman*, por facilitarnos la infraestructura necesaria para realizar la experiencia.
- A los Señores *Julio Allende* y *Fernando Rojas*, encargados del Laboratorio de Tecnología Mecánica de la Universidad Técnica Federico Santa María, por su disposición.
- Al *Ing. Sr. Jorge Cea*, por su valiosa contribución al análisis estadístico.

***Muchas Gracias.***

# **ÍNDICE**

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. ASPECTOS TEÓRICOS</b>	<b>3</b>
<b>1. Propiedades Mecánicas</b>	<b>3</b>
1.1. Fuerzas	3
1.2. Tensión y Resistencia	4
1.3. Deformaciones	4
1.4. Proporcionalidad y Elasticidad	5
1.5. Ley de Hooke y Módulo de Young	5
1.6. Límite de Fractura y Yesos Dentales	6
<b>2. Materiales de Impresión</b>	<b>8</b>
2.1. Siliconas	9
2.1.1. Siliconas por condensación	9
2.1.2. Siliconas por Adición	10
2.2. Propiedades Mecánicas	11
2.2.1. Unión a la cubeta	11
2.2.2. Inhibición de Polimerización	12
2.2.3. Recomendaciones	13
2.3. Técnicas de Impresión	13
2.3.1. Técnica con Cubetilla Acrílica	13
2.3.2. Técnica Silicona / Silicona Simultánea	14
2.3.3. Técnica Silicona / Silicona Diferida	14
2.4. Tipos de Materiales de Impresión, Técnicas y Discusión	15
<b>3. Yesos Dentales para Vaciado</b>	<b>17</b>
3.1. Cantidad de Agua de la Mezcla	18
3.2. Fraguado	18
3.2.1. Control del tiempo de fraguado	19
3.3. Resistencia y sus Factores	21
3.4. Especificación No.25 – Productos de Yeso Dental	23
3.4.1. Clasificación de los yesos	23
3.4.2. Rotulado	24
3.5. Proyecciones de la Resina Epóxica	24

<b>III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS</b>	<b>26</b>
<b>1. Hipótesis</b>	<b>26</b>
<b>2. Objetivos</b>	<b>26</b>
2.1. Objetivo General	26
2.2. Objetivos Específicos	26
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>27</b>
<b>1. Variables</b>	<b>28</b>
<b>2. Materiales y Métodos – Ejecución</b>	<b>29</b>
2.1. Preparación Dentaria	29
2.1.1. Surcos Guías de Desgaste	30
2.1.2. Desgaste Incisal	31
2.1.3. Desgaste de la Pared Vestibular	31
2.1.4. Desgastes de las Paredes Proximales	32
2.1.5. Desgaste de la Pared Cingular	32
2.1.6. Desgaste de la Pared Palatina	33
2.1.7. Terminación de Aristas	33
2.2. Trabajo de Laboratorio	34
2.3. Presentación y Pesaje de Yesos	37
2.4. Impresiones	40
2.5. Procedimiento de Vaciado y Secado	42
2.6. Prueba de Fractura	45
<b>V. RESULTADOS</b>	<b>47</b>
<b>1. Yeso Vel-Mix® Classic:</b>	<b>48</b>
<b>2. Yeso SilkyRock®</b>	<b>49</b>
<b>3. Yeso Tewaterock®</b>	<b>49</b>
<b>3. Yeso Tewaterock®</b>	<b>50</b>
<b>4. Yeso Elite Rock®</b>	<b>51</b>
<b>5. Yeso ResinRock®</b>	<b>52</b>
<b>6. Análisis Estadístico</b>	<b>53</b>
<b>VI. DISCUSIÓN</b>	<b>55</b>

<b>VII. CONCLUSIONES</b>	<b>57</b>
<b>VIII. SUGERENCIAS</b>	<b>58</b>
<b>IX. RESUMEN</b>	<b>59</b>
<b>X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>60</b>
<b>XI. ANEXOS</b>	<b>66</b>

# ***INTRODUCCIÓN***

## I. INTRODUCCIÓN

---

En la práctica odontológica es común encontrarse con situaciones en que las restauraciones indirectas no asientan bien en los tallados dentarios, ya sea en prótesis o en incrustaciones. Por un lado, debemos que tener la certeza que nuestro tallado es el correcto y que los materiales y técnicas empleados para reproducir las estructuras son los adecuados. Pero existe una instancia en el tratamiento que en cierta medida salta a nuestra competencia técnica. Esta etapa es el *vaciado en yeso, retiro del modelo y manipulación por parte del laboratorista*.

Es en este punto donde ocurren la mayor parte de los errores de los tratamientos. En nuestra Facultad, y especialmente en la Cátedra de Prótesis Fija, el número de repeticiones de impresiones y vaciados es extremadamente alto. Por un lado, se tiene a alumnos con poca experiencia manipulando los yesos dentales para vaciado de forma incorrecta, y por otro, se trabaja con técnicas y materiales que no aseguran un cien por ciento tratamientos correctos.

Los alumnos de Pregrado de nuestra Facultad suelen realizar la mezcla de estos materiales de forma empírica, preocupándose sólo de lograr una consistencia adecuada para ser manipulado. Como los resultados no suelen ser los deseados, estos optan por adquirir sus propios yesos, que según las casas comerciales tendrían mejores propiedades mecánicas, sobretodo de resistencia a la fractura. De esta forma, para ellos se estaría compensando una mala técnica por un mejor material.

Incluso, en la práctica odontológica diaria, el profesional lega esta tarea al laboratorista dental, ya que considera por un lado que es una pérdida de tiempo clínico y que por otro, es mejor dejar que el mismo quien realiza la restauración sea el encargado de realizar el vaciado. El laboratorista o técnico dental también confía en sus materiales, pero como el volumen de trabajos que recibe a veces sobrepasa su capacidad, los modelos son retirados y manipulados en condiciones que no son las ideales, de forma que es común ver llegar los tratamientos de vuelta a la consulta con muñones o dientes fracturados. ¿Quién nos asegura que la fractura ocurrió una vez finalizada la restauración?

Si a esto se agrega el tipo o técnica de material de impresión, la situación se vuelve un tanto más compleja. En la práctica clínica las impresiones para restauraciones indirectas son realizadas en su mayoría mediante siliconas. Se considera a las siliconas como materiales elásticos, pero siempre con una cierta rigidez en su estructura, sobre todo en el caso de las siliconas por adición. Es más, en nuestra Escuela, la técnica de impresión con cubetilla acrílica aporta una rigidez extra a las preparaciones, por lo que un yeso con bajas propiedades mecánicas se vuelve aún peor. El caso más extremo ocurre en Prótesis Removible, donde los dientes afectados periodontalmente suelen tener extensas áreas retentivas. Si a esto se agrega los materiales utilizados (como compuesto de modelar y pasta zinquenólica) no queda más que esperar la fractura de la mayoría de los dientes.

En vista de esto, las empresas dentales han tratado de crear más y mejores yesos. Yesos tipo IV modificados con resina o fortificados en su estructura con aglutinantes que aseguran brindar una mayor resistencia, manteniendo niveles adecuados de expansión lineal.

Como profesional, uno trata de buscar materiales y técnicas que faciliten el trabajo, y que disminuyan el tiempo empleado en cada tratamiento. Tratamos de buscar tecnologías que nos aseguren buenos resultados en tiempos más cortos.

Se ha sugerido como técnica para disminuir el tiempo de fraguado de los yesos el uso de hornos microondas, tanto para secar los modelos como para eliminar el exceso de agua contenida en la mezcla. Por un lado, se estaría disminuyendo el tiempo de espera para poder retirar los modelos de sus impresiones y poder ser trabajados. Por otro, se estaría eliminando esa agua residual que no participa en la reacción y que afecta las propiedades mecánicas de la masa fraguada. Según los estudios este es un método válido, pero cabe preguntarse, ¿todos los yesos pueden ser secados mediante el mismo sistema? ¿Mejoran verdaderamente las propiedades del yeso fraguado al eliminar mediante medios artificiales el agua residual?

Nuestro estudio pretende dar una pauta clínica para los profesionales y para los alumnos a la hora de elegir un yeso para realizar sus trabajos indirectos. Los alumnos de nuestra Escuela utilizan actualmente un yeso tipo IV sin modificadores. El elegir un yeso de mejores características debería aportar mejores resultados clínicos y reducir la incidencia de fracturas en comparación al yeso actualmente usado. En definitiva, los yesos modificados deberían tener mejor comportamiento.

Por otro lado, se evaluará un método de secado al microondas para analizar si se mejoran las propiedades clínicas a la fractura de los yesos a investigar. Con esto, los alumnos de nuestra Escuela tendrían la posibilidad de evaluar sus vaciados en tiempos más cortos, y de esta forma poder llegar a la conclusión si es necesario repetir o no la impresión antes de ser enviada al laboratorio. A parte, los laboratoristas podrían implementar en sus áreas de trabajo estos métodos, de forma de mejorar el rendimiento y la calidad de la atención brindada.

## II. ASPECTOS TEÓRICOS

### 1. Propiedades Mecánicas

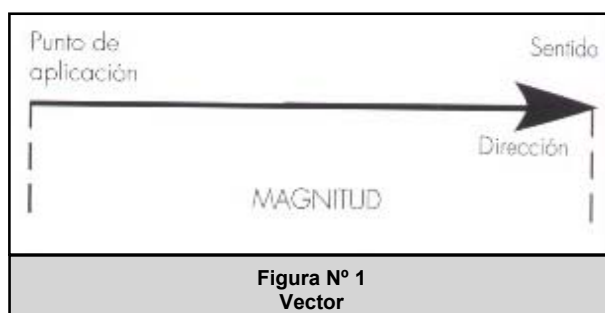
Las propiedades mecánicas describen la forma en que un material soporta las fuerzas aplicadas, incluyendo fuerzas de tensión, compresión, impacto, cíclicas o de fatiga, o fuerzas a altas temperaturas. Estas propiedades van a producir efectos en la estructura de los cuerpos. Se definen por las Leyes de la Mecánica, es decir, energía y fuerzas, y de sus efectos en los cuerpos.

Existen diversos fenómenos físicos que se producen al aplicar fuerzas a los cuerpos sólidos. En nuestro caso se aplica al yeso. Cualquier cuerpo sólido es susceptible a deformarse ante fuerzas aplicadas. Esto se explica por la estructura de la materia. El comportamiento de los materiales queda definido por su estructura a nivel microscópico, la estructura electrónica de un átomo determina la naturaleza de los enlaces atómicos que a su vez contribuye a fijar las propiedades de un material dado. La distancia entre estos enlaces puede variar al aplicarse una fuerza de cierta magnitud, lo que implica que los cuerpos se deformarán. En base a esto, tenemos como conclusión que todos los materiales pueden sufrir deformaciones, aún cuando sea en una fracción no medible.

#### 1.1. Fuerzas

Se define *Fuerza* como toda causa capaz de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo, o de producir su deformación. Toda fuerza que actúa sobre un cuerpo se enfrenta con otra fuerza que actúa en sentido contrario. Según la teoría de Newton, la acción y la reacción son iguales y opuestas.

Las fuerzas pueden dividirse según el tipo de *Carga*. Las fuerzas y los problemas que plantean sus componentes se representan mediante vectores. Un *vector* es un segmento rectilíneo de longitud determinada que termina en un extremo en punta de flecha. En un vector (Figura N° 1) el punto de aplicación es un extremo del mismo, la dirección es la recta del vector, el sentido el de la flecha y la intensidad, su longitud. En el caso del peso de una persona la dirección es la vertical, el sentido es hacia abajo, el punto de aplicación está en el centro de masas del cuerpo y su intensidad es proporcional a la masa del cuerpo. Por ser magnitudes vectoriales se las representa gráficamente con vectores (segmentos orientados).



Existen diferentes tipos de carga según la forma de aplicación. La compresión es la fuerza que actúa en un material, suponiendo que esté compuesto por planos paralelos, lo que hace la fuerza es intentar aproximar estos planos, manteniendo su paralelismo. La tracción es lo inverso de la compresión, ya que los planos paralelos, que suponemos que componen el material, intentan o tienden a separarse. La flexión es la fuerza externa que comprime las caras cercanas a la fuerza y tracciona la cara contraria. La torsión es provocada por dos fuerzas de sentido inverso en el que el eje de la pieza coincide con el eje de giro. El corte o cizalla es parecido a la compresión, en el que hay un plano de cizalladura o cortadura.

## 1.2. Tensión y Resistencia

Una fuerza que actúa sobre un cuerpo provoca dentro de él una reacción opuesta que se denomina *tensión*. Se define como *Tensión* a toda carga aplicada sobre una superficie. Las tensiones varían según el tipo de fuerza que sea aplicada, es decir, existirán entonces tensiones *traccionales, compresivas, de corte y de torsión*.

En Resistencia de Materiales, la tensión es la relación entre la Fuerza (o carga) y el Área sobre el que se aplica. Se representa con la letra griega *sigma* de tal forma que:  $\sigma = F / A$ , siendo las unidades N/mm<sup>2</sup>.

La *resistencia* es la tensión que absorbe el cuerpo para producir una deformación o al alcanzar su punto de fractura. Es por esto que al hablar de resistencia a la fractura se habla del punto máximo de absorción de energía antes de fracturarse (*tensión final*). Este *punto de fractura* o *punto de ruptura* va a depender de las características del material, en cuanto a si existen imperfecciones estructurales o el estrés acumulado en el material.

Para materiales frágiles y de superficies rugosas, el límite de fractura es menor que en materiales con superficies más regulares y pulidas. Para una tensión aplicada, el material más rugoso o áspero puede fallar en pocos ciclos de tensión.

## 1.3. Deformaciones

Por deformación se entiende el cambio de forma que experimenta un cuerpo al aplicarle una fuerza adecuada. Si la carga supera la fuerza de la energía intermolecular de los átomos en contacto íntimo, aparecen las deformaciones. Toda fuerza aplicada a un cuerpo produce deformaciones. A veces son tan pequeñas que no se aprecian. Cuando se aprecian decimos que el cuerpo es deformable.

Matemáticamente, la deformación es la modificación de las dimensiones de un cuerpo y se expresa en unidades del sistema métrico decimal ( $\varepsilon = \Delta L / L_i$ ), donde  $\Delta L$  define la diferencia de deformación (largo inicial del cuerpo menos largo final) y  $L_i$  define el largo inicial.

Las deformaciones pueden ser elásticas o plásticas. La *deformación elástica* se produce cuando el cuerpo recupera su forma anterior después de cesar la fuerza. La distancia entre los átomos no se modifica ( $\varepsilon_e$ ). La *deformación plástica o permanente* se produce cuando el cuerpo

mantiene su deformación después de que ha dejado de actuar la fuerza. En este caso, la distancia entre los átomos queda modificada ( $\epsilon_p$ ). Esta elasticidad puede ser por alargamiento, flexión o compresión.

Si el material permite muy poca deformación plástica se considera un material frágil. En cambio, si el material es capaz de sufrir una significativa deformación permanente sin fracturarse se considera un material elástico.

La *ductibilidad* y la *maleabilidad* son variantes de plasticidad. Ductibilidad, es la propiedad que poseen ciertos materiales para poder estirarse en forma de hilos finos. La maleabilidad, consiste en la posibilidad de transformar algunos materiales en láminas delgadas.

Finalmente, la deformación total que puede sufrir un material corresponde a la suma de su deformación elástica y de su deformación plástica ( $\epsilon_t = \epsilon_e + \epsilon_p$ )

#### 1.4. Proporcionalidad y Elasticidad

Sabemos que al aplicar una tensión sobre un material, este va a sufrir una deformación. Esta deformación en un comienzo es *proporcional a la tensión aplicada* hasta un punto en que deja de comportarse proporcionalmente. Esto se define como *proporcionalidad*, y el punto en que deja de ocurrir esto se denomina *límite proporcional* (Figura N° 2). Bajo el límite proporcional, el cuerpo se comporta elásticamente, recuperando sus dimensiones iniciales. Sobre el límite proporcional el cuerpo se sigue deformando, pero ahora no lo hace proporcionalmente a la fuerza aplicada. Se define entonces un segundo punto, el *límite elástico*. Bajo el límite elástico, el cuerpo recupera igualmente sus dimensiones originales (Figura N° 3). Se define como un segundo punto en la curva, aunque es muy similar al del límite proporcional. Sobre este punto, el cuerpo comienza a deformarse permanentemente, hasta que absorbe una cantidad de energía tal que se fractura, llegando al límite de ruptura (Figura N° 4).

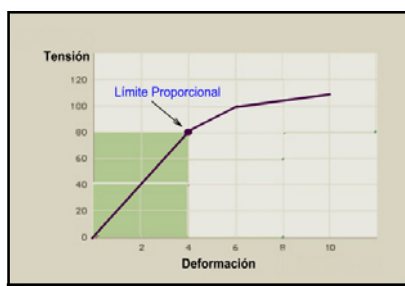


Figura N° 2  
Límite Proporcional

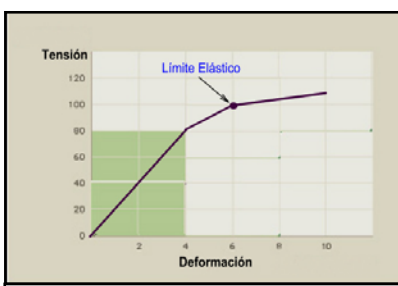


Figura N° 3  
Límite Elástico

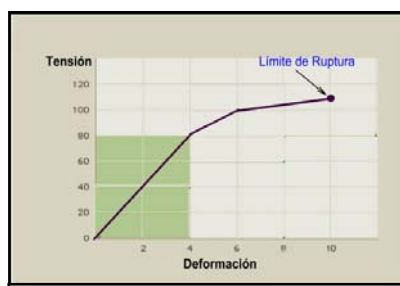


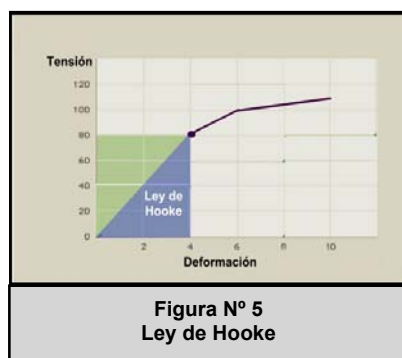
Figura N° 4  
Límite de Ruptura

#### 1.5. Ley de Hooke y Módulo de Young

Ya sabemos que en los materiales la deformación es directamente proporcional a la tensión bajo el límite proporcional. Esta relación se conoce como Ley de Hooke, así llamada en honor del físico británico Robert Hooke, que fue el primero en expresarla. No obstante, si la

fuerza externa supera un determinado valor, el material puede quedar deformado permanentemente, y la Ley de Hooke ya no es válida.

El *Módulo de Young* o *Módulo de Elasticidad* describe la rigidez relativa de un material. Es la relación que existe entre tensión y deformación dentro del intervalo del límite proporcional (Figura N° 5).



Para materiales frágiles el límite proporcional está muy cerca del límite de ruptura, comportándose como cuerpos rígidos, que no parecen deformarse y fracturarse ante las tensiones aplicadas.

## 1.6. Límite de Fractura y Yesos Dentales

El límite de fractura corresponde con la tensión máxima que el cuerpo puede soportar antes de fracturarse. Esta tensión se expresa en forma de energía absorbida por el cuerpo antes de romperse. Es la energía que tiende a separar las uniones entre los átomos que componen un material. La fractura ocurre entonces, cuando la tensión generada en las uniones interatómicas y sus enlaces químicos excede el límite de fractura. Si no se excede esa energía de unión interatómica, el cuerpo se va a deformar, pero no se va a fracturar. Ese valor es teórico, ya que ninguna estructura interna es perfecta, por lo que se van a ver afectadas sus propiedades finales.

Las propiedades mecánicas de los yesos dentales son críticas para una correcta restauración final. El mercado ha intentado incluso idear nuevos materiales que sean más resistentes y que puedan soportar el retiro de las impresiones y la posterior manipulación por el laboratorio. La base de las diferentes marcas de yeso es la misma, sólo varían en cuanto a modificadores (aceleradores o retardadores) o rellenos que mejorarían sus propiedades mecánicas.

Las preparaciones dentarias de yeso para coronas totales son estructuras sólidas y frágiles, que ante fuerzas mínimas sobre su límite elástico, se fracturan. Como material frágil, imperfecciones en su estructura interna disminuyen aún más la resistencia a la fractura.

A medida que los yesos van fraguando, van adquiriendo mayor resistencia, hasta que al completar el fraguado final, adquieren su resistencia máxima. En función del tiempo, las diferentes marcas comerciales de yeso se van a comportar de forma diferente en cuanto a su

resistencia a la fractura (Schedhelm y Lepe, 1997) (Tabla N° I). Además, un factor importante en la resistencia final de los modelos de yeso, es la cantidad de agua libre que contengan dentro de su estructura. Esta agua libre no participa de la reacción y es eliminada a medida que el yeso fragua en el tiempo. Una mayor eliminación del agua libre, ya sea prolongando el tiempo de secado al aire o mediante técnicas de secado (Hersek et al., 2002) afectarían de forma positiva, mejorando las propiedades finales del yeso (Tabla N° II).

<b>Período de Secado (horas)</b>	<b>Resistencia a la compresión (Mpa)</b>
2	9,6
4	11,7
8	11,7
16	13,0
24	23,3
48	23,3
72	23,3

**Tabla N° I**  
Efecto del secado sobre la resistencia del yeso

<b>Proporción A:P</b>	<b>Tiempo de mezclado (minutos)</b>	<b>Resistencia a la compresión (Mpa)</b>
0,45	0,5	23,4
0,45	1,0	26,2
0,60	1,0	17,9
0,60	2,0	13,8
0,80	1,0	11,0

**Tabla N° II**  
Efectos de la relación A:P y tiempo de mezclado sobre la resistencia del yeso

## 2. *Materiales de Impresión*

Una impresión es una copia del negativo de los dientes y los tejidos, realizados por un material que entra en contacto íntimo con los tejidos con los que se trabaja. Es colocado en un recipiente adecuado llamado porta impresiones ó cubeta para ser llevado a la boca del paciente.

Químicamente existen cuatro grupos de materiales de impresión: *polisulfuros*, *poliéteres*, *siliconas por condensación* y *siliconas por adición*. Generalmente se presentan como productos de dos componentes (en general dos pastas) con diferentes composiciones para la reacción. Las presentaciones vienen en consistencias variadas. Según la Asociación Dental Americana las consistencias se dividen según tipo de viscosidad en *cuerpo ligero*, *cuerpo regular o mediano*, *cuerpo pesado* o *masilla*.

	<b>Hidrocolide Reversible</b>	<b>Polisulfuro</b>	<b>Poliéter</b>	<b>Silicona por Condensación</b>	<b>Silicona por Adición</b>
<b>Estabilidad Dimensional</b>	Regular	Regular	Muy Buena	Regular	Excelente
<b>Deformación después del Endurecimiento</b>	Alta	Alta	Baja	Alta	Baja
<b>Tiempo de Vaciado</b>	Inmediato	1 hora	7 días mantenido seco	Inmediato	Después de 1 hora hasta 7 días
<b>Reproducción de Detalles</b>	Regular	Buena	Excelente	Buena	Excelente
<b>Resistencia al Desgarro</b>	Muy Baja	Alta	Media	Baja	Baja
<b>Tiempo de Trabajo</b>	Pequeño	Grande	De pequeño a medio	De medio a largo	De medio a largo
<b>Facilidad de Uso</b>	Técnica difícil	Regular	Buena	Buena	Buena
<b>Facilidad de Remoción</b>	Muy fácil	Fácil	Moderada a difícil	Regular	Regular
<b>Olor</b>	Excelente	Pobre	Regular	Excelente	Excelente
<b>Estabilización</b>	Regular	Regular	Regular	Excelente	Excelente
<b>Costo</b>	Bajo	Bajo	Muy alto	Regular	Muy alto

**Tabla N° III:**  
Cuadro comparativo de las propiedades y características de los materiales de impresión

Material de impresión ideal

- Debe ser inocuo, evitando reacciones con la mucosa durante la impresión.
- Color final contrastante para visualizar los límites de las preparaciones.
- Tiempo de trabajo adecuado.
- Consistencia adecuada.
- Compatibilidad con los materiales de vaciado.
- No distorsionarse durante el vaciado.

- Que sean desinfectables.
- Exactitud dimensional y fidelidad de detalles.
- Que no posea olor, ni sabor desagradables.
- Que sean fáciles de usar.
- De resistencia adecuada para no romperse ni distorsionarse al ser removidos de la boca.
- Que no les afecte la temperatura de la cavidad oral.

Existen muchos materiales disponibles en el mercado para la toma de impresiones. Los materiales en base a siliconas se han vuelto más populares debido a su fácil manipulación y a su buen desempeño clínico. Hay que señalar que a pesar de tener muy buen desempeño clínico, *ningún material tiene todas las características ideales.*

## 2.1. Siliconas

Según la clasificación de los materiales de impresión, las siliconas son materiales elásticos, que endurecen por proceso químico de polimerización.

Los materiales de impresión a base de silicona están fabricados en Polidimetil o Polivinil siloxano y Polietil Silicato. Estos compuestos son líquidos y para poder mezclarlos en forma de pasta se les agrega sílice, que también va a funcionar como material de relleno y agente de refuerzo. También se utiliza el Dióxido de Titanio para dar mayor refuerzo. Por lo general el acelerador viene en forma de líquido pero en ocasiones se puede encontrar en forma de pasta.

### 2.1.1. Siliconas por condensación

Las siliconas por condensación (Figura N° 6) son materiales de impresión elásticos que durante la reacción liberan subproductos. Estos subproductos como el alcohol etílico hacen variar sus dimensiones finales, contrayéndose.

Tienen una mínima deformación permanente y se recuperan rápidamente cuando se distienden.

En clínica, suelen usarse dos tipos de consistencias para asegurar una menor contracción y una buena reproducción de detalles.

Son muy populares por su fácil manipulación y bajo costo relativo en comparación a las siliconas por adición, pero requieren vaciado inmediato y sólo permiten un vaciado.



Figura N° 6: Siliconas por Condensación y sus Presentaciones Comerciales

### 2.1.2. Siliconas por Adición

Las siliconas por adición son inodoras, limpias, fáciles de mezclar (Figura N° 7). Poseen tiempos de trabajo bastante cortos, su deformación permanente y contracción de polimerización son nulas. La estabilidad dimensional es excelente (algunos fabricantes sostienen que el vaciado puede durar hasta 7 días) y vienen en colores que producen adecuado contraste para la observación de la fidelidad de la copia.

Las siliconas por adición reproducen de forma nítida las estructuras en cavidad bucal que se requiere obtener. Entre los elastómeros, son los de menor cambio dimensional, debido a que no generan subproductos, sin embargo si las proporciones están fuera de balance o presentan impurezas, las reacciones secundarias producirán gas hidrogeno. Aunque no es un subproducto derivado de la reacción, el gas hidrogeno puede dar como resultado vacíos milimétricos en los moldes de yeso al vaciar inmediatamente después de retirar la impresión de la boca.



Figura N° 7: Siliconas por Adición y sus Presentaciones Comerciales

Las siliconas por adición vienen en dos compartimentos separados, base y catalizador respectivamente. La base está compuesta por *poli (metil hidrógeno) siloxano*. El catalizador contiene sal de platino activadora, *divinil (poli dimetil) siloxano* y otros prepolímeros siloxanos. Ambas, base y catalizador, poseen materiales de relleno. La base del adhesivo que se emplea en la silicona por adición contiene polidimetil siloxano o un silicón reactivo similar y silicato de etilo. Éste actúa como adhesivo y el sílice hidratado forma un silicato etílico que crea una unión física con la cubeta. Sin embargo, se recomienda que la cubeta posea una superficie rugosa.

El tiempo de trabajo aceptable para un material de impresión es el límite suficiente para mezclar, llenar la jeringa, cubeta o ambos, inyectarlo en las preparaciones y llevarlo a boca. El promedio en las siliconas por adición en sus diferentes viscosidades es de aproximadamente 3,1 minutos a 23 grados y 1,8 minutos a 37 grados. El tiempo de endurecimiento es de 6,2 minutos a 23 grados y 3,7 minutos a 37 grados. Estos tiempos van entre 2,7 y 3,1 minutos, según la marca comercial.

Están disponibles en colores que producen adecuado contraste para la observación de la fidelidad de la copia.

## 2.2. Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas de las siliconas por adición incluyen la consistencia, la deformación permanente, la flexibilidad (la tensión ante cargas compresivas), la fluidez, la dureza y la resistencia a la tracción. Esta última es importante debido a que indica la capacidad del material para soportar tensiones. Las siliconas por adición presentan una alta capacidad de absorción de energía, es decir, que al ser sometidas a una carga tienen una alta deformación hasta el punto de ruptura, e inmediatamente, recuperan casi completamente su estado original.

La evaluación de la estabilidad de materiales de impresión ha sido realizada a temperatura ambiente y no a temperatura intraoral. Se ha demostrado que existe una gran sensibilidad al cambio a la temperatura, con diferencias de estabilidad entre 25 y 37 grados (Berg et al., 2003).

Otros autores, encontraron que la fidelidad en reproducir la profundidad del surco gingival depende de la viscosidad y elasticidad del material de impresión (Aimjirakul et al., 2003). En tal sentido, el estudio demostró que realiza una mayor copia el poliéter, seguido de las siliconas y en último lugar los polisulfuros.

Esta afirmación se sustenta adicionalmente en un estudio (Mondon y Ziegler, 2003) que demuestra que un menor ángulo de contacto del poliéter lo hace más hidrofílico y por consiguiente permite una copia más precisa al fluir más fácilmente.

Debido a que durante los procedimientos clínicos y de laboratorio las impresiones, con sus diferentes capas de materiales son sometidas a múltiples fuerzas de tracción, es necesario evaluar la resistencia a la tracción entre las capas de diferentes viscosidades. La revisión de la literatura respecto a las propiedades físicas de las siliconas por adición no cuantifica la resistencia a la tracción entre capas.

La estabilidad dimensional de todos los materiales es afectada por los cambios térmicos. Se ha observado que los materiales sufren un encogimiento desde el momento que salen de boca a 37 grados a la temperatura ambiente de 23 grados. Después de una comparación entre 5 clases de materiales, se encontró que existían diferencias por marca y que la zona anterior mostraba más cambios dimensionales que la zona posterior en el mismo material de impresión (Kim et al., 2001)

### 2.2.1. Unión a la cubeta

La falta o carencia de la unión ocasionará que el material de impresión permanezca en la boca al momento de retirar la cubeta o que cuando se mezcle silicona liviana y luego regular, no se produzca adhesión entre ellas y se desprendan. Existe un estudio que demuestra que las impresiones en siliconas por adición tomadas con la técnica a dos pasos daban mayor exactitud que las tomadas a un paso, y así el margen de error o distorsión disminuían al ser evaluadas (Hoong et al., 1992).

Al usar cubetas acrílicas prefabricadas en la toma de impresiones, era preferible retirarlas de la boca, aplicando sólo una fuerza en un punto de la cubeta y no en toda su estructura, lo cual

evitaba que el material pudiera desgarrarse y presentar deformaciones al ser retirada (Dixon et al., 1994).

Se ha encontrado que las impresiones tomadas con siliconas por adición en dos viscosidades no presentaban diferencias significativas al polimerizar y no creaban reacciones de asentamiento en boca que pudieran producir distorsión de las estructuras. Cada material actuaba diferente sin producir cambios significativos (Takahashi y Finger, 1994).

Con respecto al uso de adhesivo para cubetas, se ha determinado que el adhesivo disponible con el material de impresión debe ser colocado de forma uniforme sobre la cubeta y que el tiempo ideal de secado debe transcurrir en un lapso de 7 a 15 minutos, ya que antes y después de este tiempo los materiales evaluados presentan fallas (Cho, 1995.). La falta o carencia de la unión ocasionará que el material de impresión permanezca en la boca al momento de retirar la cubeta o que cuando se mezcle silicona liviana y luego regular, no se produzca adhesión entre ellas y por esto se desprendan

### 2.2.2. Inhibición de Polimerización

---

Los materiales de impresión tipo silicona por adición son el material de elección en Prótesis Fija. Se deben utilizar en campo seco y usarlos en combinación con cubeta individual. Su polimerización se puede inhibir por el uso de guantes, ya que el polvo del látex (*tiocarbamato de cinc*) reacciona con el material haciendo que la sal de platino que actúa como activador no reaccione con la cadena del polivinil siloxano. Se recomienda lavarse muy bien las manos antes de manipular el material.

La inhibición de la polimerización de siliconas ha sido reportada cuando éstas entran en contacto con algunos tipos de látex. Se ha reportado inhibición con el empleo de alcohol como surfactante (Peregrina et al., 2003). A los 22 °C, la tasa de inhibición cambió del 95 al 100% para guantes con y sin polvo. A los 36 grados, la inhibición varió entre 40% en el grupo de guantes sin polvo hasta 75% en el de guantes con polvo.

En un estudio se mezcló dos viscosidades diferentes del material buscando observar los fenómenos de adhesión entre ellos al presentarse algún contaminante, en este caso saliva o residuos de acrílico al momento de fabricar los provisionales. Concluyó que la saliva y los restos de material acrílico debilitaban la adhesión entre las dos capas y causaban distorsión y desgarre del material al ser retirado de la boca (Tjan, 1988).

Para evitar la contaminación se han ideado sistemas de auto mezcla. Lampe y Hegedus en 2003 demuestran que no existe diferencia en la contracción de polimerización al comparar presentaciones para ser mezcladas a mano o predosificadas para mezcla técnica.

La semejanza de consistencia de las pastas de estos materiales de impresión hace que los polivinil siloxanos sean apropiados para el uso de un aparato mezclador. Generalmente se usan para materiales de baja y mediana viscosidad. Estos aparatos tienen ciertas ventajas comparados con los de suministro manual y espatulado; se tiene gran uniformidad en el suministro y en la

mezcla, se incorpora menos aire y el tiempo de mezclado se reduce, también hay menos posibilidades de contaminación del material.

### 2.2.3. Recomendaciones

- Manipular el material con las manos muy limpias y no permitir que se contamine con látex o polvo de los guantes.
- Asegurar una apropiada limpieza de las superficies a impresionar para evitar contaminación con saliva y restos de cementos o acrílicos, que influyen negativamente en la adhesión entre las dos capas de silicona.
- Siempre utilizar el agente de adhesión ya sea que utilice cubeta perforada o acrílica. Asegúrese que la cubeta tenga adicionalmente retención mecánica.
- Si va a utilizar el material para toma de impresiones en desdentados, evaluar bien el caso y la calidad de los tejidos para saber si empleará alta y baja viscosidad o mezclas entre ellas.
- Tener en cuenta la temperatura del ambiente, ya que a mayor temperatura, el tiempo de manipulación se reduce.

## 2.3. Técnicas de Impresión

La técnica de impresión va a variar de acuerdo al tipo de tratamiento a realizar. Cualquiera sea la técnica elegida, se debe lograr un grosor adecuado de silicona en la impresión de 1, 5 a 2 mm de espesor para que el material no se rasgue. Actualmente se manejan en la literatura diferentes tipos de técnicas: con y sin hilo retractor, de una y dos fases, de un solo material o combinadas y técnica con cubetilla acrílica.

### 2.3.1. Técnica con Cubetilla Acrílica

Es una técnica de retracción gingival atraumática para el periodonto. Se basa en la utilización de una cubetilla individual acrílica confeccionada sobre un modelo de yeso o directamente en la preparación. Se debe de tener cuidado con el calor producido por la reacción exotérmica del acrílico en caso de trabajar sobre preparaciones de dientes vitales.

Debe tener forma cuboidea, sin contacto proximal con los dientes vecinos y concavidades vestibulares y palatinas para permitir la reproducción del punto de contacto en material de impresión por un lado, y facilitar la impresión de arrastre con el material final. Los límites de la cubetilla deben ser perfectos, para permitir la retracción gingival y la reproducción de los márgenes en silicona. El interior debe de ser espaciado en aproximadamente 2 mm para permitir un grosor adecuado y uniforme de silicona (Figura N° 8).



Figura N° 8: Márgenes de la cubetilla, cargado del material, impresión final y sus límites

Una vez confeccionada, la cubetilla se carga con la silicona (de consistencia liviana/fluida o mediana/regular) y se posiciona en la preparación. Posteriormente se prepara silicona pesada/masilla o alginato (según lo requiera el tratamiento) para el arrastre de la(s) cubetilla(s) y la reproducción de los dientes vecinos.

### 2.3.2. Técnica Silicona / Silicona Simultánea

Se realiza con cubeta de stock, en un solo paso, llevando a boca la cubeta con siliconas en dos consistencias (Figura N° 9).

Requiere técnica a cuatro manos para poder manejar en un solo tiempo clínico ambas siliconas. Para una correcta impresión, también se debe llevar material de impresión liviano a la preparación ayudándose con una jeringa para elastómeros.



Figura N° 9: Técnica Simultánea y su resultado

### 2.3.3. Técnica Silicona / Silicona Diferida

Esta técnica utiliza silicona de consistencia pesada y liviana y dos tiempo clínicos. Se toma una primera impresión con cubeta de stock y material pesado, y luego en un segundo paso se aplica material liviano sobre la preparación y en la impresión previamente obtenida. Para asegurar un grosor uniforme mínimo de material, la impresión primaria debe de espaciarse ya sea por medios mecánicos antes de polimerizar la silicona liviana (movimientos de espaciamento) o mediante instrumental rotatorio o cortante (Figura N° 10).

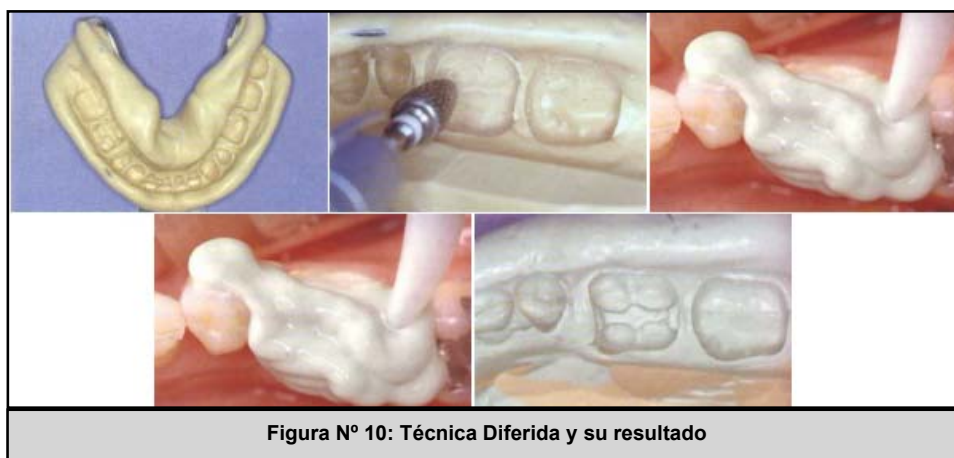


Figura N° 10: Técnica Diferida y su resultado

#### 2.4. Tipos de Materiales de Impresión, Técnicas y Discusión

Cada material de impresión tiene un uso clínico, y es por eso que hay que evaluar cada caso. Al utilizar materiales no elásticos para obtener impresiones, por ejemplo en Prótesis Removible (compuesto de modelar y pasta zinquenólica), hay que considerar que estos materiales no van a ceder al retirar los modelos definitivos. Las preparaciones y dientes remanentes pueden fracturarse al retirar la impresión del modelo de trabajo, por lo que se aconseja por un lado entibiar los modelos para un retiro más fácil, manipular correctamente las proporciones agua polvo de los yesos y esperar el tiempo adecuado de fraguado para el yeso elegido (Candia F. y González V., 2002).

Al elegir materiales elásticos como las siliconas, se debe evaluar tanto el tipo como la técnica. Es sabido que las siliconas por adición tiene un poco más de rigidez al polimerizar, por lo que en preparaciones finas se recomienda el uso de silicona por condensación. Siendo bien manejada en cuanto al tiempo de vaciado da resultados clínicos similares a la silicona por adición.

La técnica con cubetilla acrílica otorga excelentes resultados clínicos y es por esta razón es utilizada por alumnos de Pregrado y por profesionales. Uno debe de considerar que la cubetilla esta confeccionada por un material rígido. Entonces, una mala confección de la cubetilla o el mal manejo del material de vaciado pueden llevar a una fractura muy fácilmente (Galindo y Hagan, 1999).

Como norma general, se recomienda una buena inspección visual de la impresión para asegurar que la cantidad de silicona liviana sea la correcta (2 mm como mínimo). Incluso, se recomienda la eliminación de zonas conflictivas de la impresión (como zonas retentivas o puntos de clivaje) para asegurar que durante el retiro del modelo, éste no se fractura (Moon y Holmes, 1997).

El uso de yesos dentales tipo IV para vaciado es el más utilizado para modelos de trabajo en Prótesis Fija. Actualmente, existen diferentes modificaciones a los yesos que otorgan mejores

resistencias a la fractura (Schwedhelm y Lepe, 1997). El elegir un yeso con mejores características mecánicas puede disminuir la posibilidad de fracturas durante la manipulación del modelo, troquelado y posterior trabajo de laboratorio.

### 3. Yesos Dentales para Vaciado

Incluso con el advenimiento de nuevas tecnologías, el uso del yeso sigue siendo común en la práctica odontológica. El yeso dental se utiliza desde hace muchos años con resultados bastante exitosos. La popularidad de éste está dada por su relativa fácil manipulación y su bajo costo.

El yeso dental para vaciados reproduce las estructuras orales obtenidas en las impresiones. El material de vaciado debe de reproducir fielmente los dientes y encía que rodean a una preparación dentaria. Una de las características más deseadas por clínicos y laboratoristas es su reproducción de detalles, ya que en base a esto se critica un vaciado o troquel. Sin embargo, se dejan de lado otras variables, como lo son la expansión de fraguado y su efecto, y en la resistencia final de los modelos de trabajo, que como su nombre lo indica, serán manipulados para obtener una restauración definitiva que deberá asentar lo más perfectamente posible en la preparación ya realizada.

El yeso es un producto que se extrae como mineral, pero también se puede obtener como subproducto de algunos procesos químicos (Figura N° 11). Químicamente el yeso que se utiliza con propósitos odontológicos es un *Dihidrato de Sulfato de Calcio* prácticamente puro ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Para ser utilizado, debe de ser transformado en hemihidrato. La producción del *Hemihidrato de Sulfato de Calcio* ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$  o  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ) es el resultado de la calcinación del dihidrato de sulfato de calcio. El yeso comercial se obtiene por pulverización a temperaturas de 110° a 120 °C para eliminar parte del agua de la cristalización.



Figura N° 11:  
Cristal de Yeso Natural – Yacimiento de yeso Natural

Dependiendo del método de calcinación, se pueden obtener diferentes formas de hemihidratos. Estas formas se refieren como *hemihidrato alfa* y *hemihidrato beta*. La diferencia entre los hemihidratos alfa y beta no es mineralógica (química), solo está en el tamaño (físico) de los cristales, la cantidad de poros y forma irregular, lo que determinará la perfección de la red.

Cuando el hemihidrato alfa se mezcla con agua el producto obtenido es mucho más duro y resistente que el resultado del hemihidrato beta. La principal razón de esta diferencia es que cuando se mezcla, el hemihidrato alfa requiere menos agua que el hemihidrato beta. El hemihidrato beta requiere más agua para hacer flotar sus partículas de polvo cuando va a ser mezclado porque los cristales son irregulares en forma y más porosa en carácter.

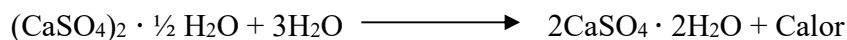
Al dejar el material en un recipiente abierto y someterlo a temperaturas entre 110 y 120 °C, se obtiene polvo de cristales muy irregulares (hemihidrato beta). Si el material es sometido a presión, de 120 a 130 °C y vapor de agua, se obtienen cristales más uniformes, menos porosos, de naturaleza más compacta (hemihidrato alfa). En cambio si el mineral es sometido a ebullición en solución de cloruro de calcio al 30%, los cloruros eliminan el agua y por la temperatura se evaporan. Al secar se obtiene el hemihidrato alfa mejorado.

### 3.1. Cantidad de Agua de la Mezcla

Químicamente, se puede calcular que para 100 grs. de yeso se necesitan 18,61 grs. de agua. Esa cantidad de agua (*relación estequiométrica*) es la que reacciona; si se agrega más agua queda incorporada pero no reacciona. Con esta cantidad de agua (relación ideal) no se podría espatular porque quedaría muy espesa y muy poco manejable. Por eso se agrega más agua a la mezcla. Una mezcla con más agua es más fluida pero más débil por lo tanto hay que controlar cuidadosamente la cantidad de agua para mantener sus cualidades. Por conveniencia el agua se mide volumétricamente. La relación va a variar de acuerdo al tipo de yeso que se utiliza. En promedio, para el yeso extraduro se necesitan entre 20 a 24 ml de agua para hacer reaccionar 100 g de polvo. Hay que señalar que cada fabricante especifica la cantidad de agua ideal para cada tipo de yeso extraduro.

### 3.2. Fraguado

Durante la mezcla, el hemihidrato recupera el agua perdida transformándose nuevamente en dihidrato. El producto de la reacción es yeso y la liberación de calor en la reacción exotérmica es equivalente al calor usado originalmente en la calcinación.



El mecanismo se explica mediante dos teorías. La *Teoría Gélica de Michaelis* trata al yeso como un sistema coloidal. El dihidrato existiría inicialmente como fase dispersa de un gel coloidal, a partir del cual crecen los cristales de dihidratos. Lo único que explica esto es la expansión de fraguado del yeso.

La *Teoría Cristalina de Le Chatelier* explica que al ponerse en contacto el hemihidrato con el agua, se transforma en una sustancia muy poco soluble (lo que le permite endurecer), empezando a haber una solución sobresaturada que es inestable y precipitada, convirtiéndose en una solución saturada que es estable. Esto sigue sucediendo, los núcleos se entrecruzan (crecen en forma centrífuga), empiezan a aumentar de volumen (por la irregularidad de los cristales que dejan intersticios) y crecen en forma ramificada, lo que le da resistencia y rigidez al yeso.

El tiempo de fraguado (tiempo transcurrido desde la mezcla hasta que se endurece la masa) va a depender tanto del tipo de yeso como de la cantidad de agua utilizada. El *tiempo de fraguado inicial* es el período entre el inicio de la mezcla y la desaparición del brillo. Determina el tiempo que el yeso puede ser mezclado y vaciado (período de trabajo). El *tiempo de fraguado*

*final* es el tiempo comprendido desde el inicio de la mezcla hasta el endurecimiento total de la masa.

Estos tiempos indican por un lado el tiempo de trabajo y el tiempo que tarda el modelo para poder ser retirado de la impresión. Estos valores pueden ser modificados. Por ejemplo, el agregar polvo de yeso (sulfato de calcio dihidratado) acelera la reacción. Como aceleradores químicos existen el sulfato de potasio al 2% y el cloruro de sodio hasta 4%. Sobre un 4% actúa como retardador, así como el borax 2%, coloides como la gelatina, sangre, sulfatos crómico, férrico, acetatos y citratos, por nombrar algunos.

Se debe de tener un cierto control sobre la variable tiempo para poder retirar una impresión y enviarla al laboratorio. Si bien es cierto que lo mínimo que debe esperarse para el retiro y manipulación de un modelo de yeso es la terminación del fraguado final, uno no debe esperar más de una semana para ser enviada al laboratorio. Un estudio demostró que todos los yesos expanden en el tiempo, incluso después de terminado su fraguado final (Heshmati et al., 2002). La Asociación Dental Americana permite una expansión máxima de 0,30% a las 2 horas de vaciado. Se comprobó que algunas marcas de yeso están dentro de ese rango a ese intervalo de tiempo, pero transcurrido un período mayor, este valor puede aumentar hasta 0,35%.

### 3.2.1. Control del tiempo de fraguado

---

En teoría, hay al menos tres métodos de control que pueden efectuarse.

1. La solubilidad del hemihidrato puede ser aumentada o disminuida. Por ejemplo, si la solubilidad del hemihidrato se aumenta, la sobresaturación del sulfato de calcio es mayor. La velocidad de depósito de cristales también aumenta.
2. El número de núcleos de cristalización puede aumentar o disminuir. Cuanto mayor sea el número de núcleos de cristalización, mayor será la velocidad de formación de los cristales de yeso y el rápido endurecimiento de la masa, lo que puede ocurrir por entrecruzamiento de los cristales.
3. Si la velocidad de crecimiento de cristales puede aumentar o disminuir, el tiempo de fraguado puede ser acelerado o retardado, respectivamente.

En la práctica, estos métodos se han incorporado en los productos comerciales disponibles. Por lo tanto, el operador puede variar el tiempo de fraguado al modificar la proporción A:P y el tiempo de mezclado.

En el yeso dental pueden contener impurezas o presentar dihidratos no calcinados. Si la calcinación no se completa o se encuentran partículas de yeso remanente, el tiempo de fraguado se reduce por el incremento potencial de núcleos de cristalización. A esto se debe agregar que la humedad ambiental afecta las partículas de yeso, creando núcleos de dihidrato que afectarán también el tiempo de trabajo y de fraguado. Se ha comprobado como afectaba la humedad ambiental en el almacenamiento de los productos de yeso (Chan y Darvell, 2001). Los autores

encontraron que la absorción de agua por parte de los materiales de yeso depende de la humedad relativa del aire, y no de la humedad ambiental. A su vez, se comprobó que la absorción de agua depende también de la temperatura ambiente en que se guarde el material de yeso. Dentro de los materiales investigados, el más sensible a la humedad es el yeso.

Por esta razón, la especificación para los yesos indica que la presentación comercial debe venir sellada de tal forma que no tenga contacto con el aire. Si el producto viene en cantidades mayores a 100 g se recomienda mantener el producto en frascos sellados herméticamente y dentro de lo posible, separar el yeso en cantidades adecuadas para trabajar.

La fineza del tamaño de las partículas del hemihidrato hará que la mezcla endurezca más rápido, en particular si el producto se ha pulverizado durante la fabricación. No sólo aumenta la proporción de la solución del hemihidrato, sino que los núcleos de cristalización del yeso son más numerosos y también presenta mayor velocidad de cristalización.

A mayor cantidad de agua empleada para la mezcla, menor la cantidad de núcleos por unidad de volumen. Consecuentemente, el tiempo de fraguado se prolonga.

Dentro de los límites prácticos, a mayor tiempo de espatulado menor tiempo de trabajo. A mayor velocidad de espatulado, más corto el tiempo de fraguado. Esto se debe a que algunos cristales de yeso se forman de inmediato cuando entran en contacto con el agua. La acción mecánica de espatulado produce ruptura de los núcleos ya formados y se distribuyen en la mezcla. Se tiene como resultado la formación de más núcleos de cristalización. Por lo tanto, el tiempo de fraguado disminuye.

Aunque el efecto de la temperatura en el tiempo de fraguado es irregular y varía de un yeso a otro. Pueden ocurrir pequeños cambios entre 0 °C y 50 °C, pero si la temperatura de la mezcla de yeso y agua excede de 50 °C, ocurre un incremento gradual en el retardo. Conforme la temperatura se acerca a 100 °C, no tiene lugar la reacción. A mayor temperatura, la reacción de fraguado se invierte, con tendencia a formar cristales con formas irregulares.

Es probable que el método más práctico y efectivo para el control del tiempo de fraguado sea adicionar ciertos modificadores químicos a la mezcla de yeso. Si los químicos agregados disminuyen el tiempo de fraguado, esta acción se conoce como acelerador, y si aumenta el tiempo de fraguado como retardador.

Los retardadores actúan por lo general formando una capa que absorbe el hemihidrato y reduce así la solubilidad, y en los cristales de yeso presentes inhiben su crecimiento. Algunas materias orgánicas, como la goma, la gelatina y otras, se comportan de igual manera. Otro tipo de retardadores son compuestos que forman una capa de sal de calcio que es menos soluble que el sulfato. Como la acción de estos agregados químicos también afectan otras propiedades, como la expansión del fraguado.

### 3.3. Resistencia y sus Factores

La resistencia de los productos de yeso por lo general se expresa en términos de resistencia a la compresión, aunque la resistencia elástica también debe considerarse si se quiere estar seguro de una guía satisfactoria de las características totales de resistencia.

En la teoría del fraguado, la resistencia de un yeso aumenta rápidamente conforme endurece el material después del tiempo de fraguado inicial. Sin embargo, el contenido de agua libre del producto de fraguado aumenta definitivamente su resistencia. Por esta razón se reconocen dos resistencias del producto del yeso: la *resistencia húmeda* y la *resistencia seca*. La resistencia húmeda es la obtenida cuando el exceso de agua que se requiere para la hidratación del hemihidrato se queda en la muestra de prueba. En función del tiempo, diferentes marcas comerciales de un mismo tipo de yeso tienen un comportamiento diferente en cuanto a su resistencia (Schwedhelm y Lepe, 1997).

Cuando la muestra queda libre del exceso de agua, la resistencia que se obtiene es seca. La resistencia seca puede ser dos a más veces la resistencia húmeda. En consecuencia, la distinción entre las dos es de considerable importancia (Tabla N° IV).

Una buena explicación de este efecto es el hecho de que al eliminarse los últimos restos de agua, los cristales finos de yeso se precipitan. Esto sujeta a los cristales mayores. Después de agregar agua, o si hay en exceso, estos pequeños cristales son los primeros en ser disueltos y reforzar el anclaje. Además, el fraguado del yeso es poroso por naturaleza, y a mayor proporción agua/polvo, mayor será la porosidad. Con estas bases es de esperarse que a mayor proporción agua/polvo menor sea la resistencia seca del material de fraguado, debido a que por la mayor porosidad se dispone de pocos cristales por unidad de volumen para un peso dado de hemihidrato.

Los fabricantes recomiendan esperar entre 24 a 48 horas para el retiro del modelo con seguridad, lo cual asegura de cierta forma que se ha eliminado la mayor cantidad de agua libre posible. Para los dentistas o laboratoristas, es a veces imposible esperar tal período de tiempo, por lo que se procede a realizar el retiro del modelo poco después de haber alcanzado el fraguado final (aproximadamente a las 2 horas). Estos modelos tienen su resistencia a la fractura, traccionales y de superficie disminuidas. Se ha podido demostrar que al eliminar el exceso de agua con la ayuda de un microondas convencional, mejora el comportamiento mecánico de los modelos en comparación a los secados al aire en un mismo período de tiempo (Hersk et al., 2002).

La resistencia elástica del yeso se ve menos afectada por las variaciones en la proporción agua/polvo que la resistencia a la compresión (Tabla N° IV). Sin embargo, los materiales mezclados a mayor proporción agua/polvo tienen resistencia a la tracción de casi 25% correspondiente a la resistencia de compresión. Cuando el material se mezcla en baja proporción agua/polvo, la resistencia elástica es menos de 10% de lo que corresponde a la resistencia de compresión.

El tiempo de espatulado también afecta la resistencia del yeso. En general, con un incremento del tiempo de mezclado, la resistencia aumenta al límite, que es casi equivalente al mezclado manual normal durante un minuto. Si la mezcla es sobre mezclada, los cristales de yeso formados se rompen, y resulta un menor entrecruzamiento cristalino en el producto final.

La incorporación de un acelerador o retardador hace que disminuya la resistencia seca y húmeda del producto de yeso. Tal disminución de resistencia puede atribuirse parcialmente a la sal adicionada como adulterante y la reducción de la cohesión intercrystalina.

Cuando un hemihidrato relativamente puro se mezcla en cantidades mínimas de agua, el tiempo de trabajo se acorta y la expansión de fraguado se eleva. Sin embargo, los productos de yeso contienen aditivos que reducen la expansión de fraguado, incrementan el tiempo de trabajo y proporcionan un fraguado final rápido. La adición de más químicos puede afectar el delicado balance de estas propiedades.

<b>Tipo</b>	<b>Relación A:P</b>	<b>Tiempo fraguado</b>	<b>Resistencia</b>	<b>Usos</b>	<b>Composición</b>
I. Impresión	0,5 - 0,7	I: 2-3 F: 4-6	+	Impresiones	Hemihidrato Beta
II. Corriente	0,4 - 0,5	I: 8 F: 20-25	++	Etapas de Laboratorio	Hemihidrato Beta
III. Piedra	0,26 - 0,23	I: 15 F:30	+++	Modelos	Hemihidrato Alfa
IV. Extraduro	0,20 - 0,25	I: 15 F:30-40	++++	Modelos que necesitan espesores muy delgados de yesos	Hemihidrato Alfa Modificado

**Tabla N° IV: Cuadro comparativo de las propiedades y características de los yesos**

Existen factores que se pueden controlar para asegurar un buen manejo del yeso. La cantidad de agua y de hemihidrato debe de medirse de forma exacta por peso. Esta proporción volumen/peso es un factor crucial en la determinación de las propiedades físicas y químicas del producto final.

La presencia de poros y burbujas de aire en la mezcla reducen la resistencia a la fractura del yeso fraguado, ya que incorporan imperfecciones a la estructura. Para reducir las burbujas de aire durante el espatulado manual se debe añadir el polvo al agua, mezclando con movimientos de corte y ayudándose con una vibradora electrónica.

La mejor forma de asegurar que no se incorporen burbujas a la mezcla es utilizando máquinas mezcladoras al vacío. Estas mezcladoras trabajan bajo presión atmosférica controlada, realizando el mezclado al vacío y por lo tanto evitan la formación de burbujas al momento de la mezcla.

### 3.4. Especificación No.25 – Productos de Yeso Dental

La Asociación Dental Americana (ADA) en conjunto con el Instituto Nacional Americano de Estandarización (ANSI) otorgan una clasificación y requerimientos específicos a los productos de yeso dental utilizado para propósitos dentales, como impresiones y modelos.

#### 3.4.1. Clasificación de los yesos

Los requisitos que debe de cumplir para su utilización son:

1. Fragar rápidamente pero dando tiempo a su manipulación.
2. Reproducir exactamente los detalles de la impresión.
3. Tener la resistencia adecuada para los trabajos a los cuales están destinados.

Las diferentes denominaciones y aplicaciones para el yeso dental son las siguientes:

Tipo I: Escayola dental para impresiones. Es un compuesto de yeso Paris con algunos compuestos para regular tanto fraguado como expansión. Actualmente ya esta en desuso.

Tipo II: Escayola dental para modelos. Es el yeso más utilizado en el laboratorio pues es el que se utiliza para los encajonados, montaje de modelos y zócalos para los troqueles.

Tipo III: Yeso piedra para modelos. Tiene mayor resistencia y se utiliza para la construcción de modelos, obtención de modelos de estudio y antagonistas para tratamientos indirectos que requieran montaje diagnóstico.

Tipo IV: Yeso piedra de alta dureza y baja expansión. Cumple además otros requisitos, como la resistencia, el endurecimiento y un mínimo de expansión de fraguado. Las partículas de forma cuboidal y la superficie reducida produce estas propiedades sin espesar la mezcla en exceso. También presenta mayor resistencia a la abrasión.

Tipo V: Yeso piedra de alta dureza y alta expansión. Es el yeso de más reciente aparición, y tiene una resistencia mayor a la compresión que el tipo IV. La resistencia es mayor a la del yeso tipo IV pero presenta mayor expansión al fraguar. Se indica para tratamientos de prótesis acrílicas para compensar la contracción de la masa de la prótesis durante su polimerización.

Las diferencias entre los diferentes tipos de yeso están dadas por las características físicas de sus partículas (forma y tamaño). Las partículas del yeso corriente son cristales grandes, de forma irregular y porosa. En cambio, los cristales del yeso piedra tienen formas hexagonales homogéneas con muy baja porosidad y por lo tanto, absorben menos agua. Los cristales del yeso extraduro son más densos, con forma cúbica o rectangular que absorben una menor cantidad de agua incluso.

Los yesos tipo IV y V pueden presentarse modificados por resina. Este yeso resinoso se obtiene mediante la adición de resina fortificada lo que produce modelos con mejores propiedades mecánicas. La mezcla de resina y yeso resulta en una mejor textura superficial, una mayor resistencia a la abrasión y una mayor resistencia a la fractura.

Los yesos dentales en general, logran valores de resistencia transversal limitada, lo que puede causar la fractura de los modelos de trabajo al ser removidos de la impresión o al ser manipulados prematuramente. Las empresas han tratado de crear yesos más resistentes y más duros. A pesar que algunos materiales de vaciado han demostrado tener propiedades mecánicas suficientes, sigue siendo un desafío para el dentista y laboratorista el retirar modelos con preparaciones dentarias finas o debilitadas. En un estudio se demostró que diferentes marcas comerciales de yeso tienen diferentes resistencias a la fractura, encontrándose que el tiempo y la marca comercial son variables en el resultado final del material (Schwedhelm y Lepe, 1997).

### 3.4.2. Rotulado

Cada contenedor de yeso debe tener claramente especificada la siguiente información:

- Nombre del material.
- Dirección del fabricante.
- Tipo de material y su aplicación.
- Color, sabor.
- Fecha de expiración.
- Condiciones de almacenamiento.

Los envases individuales de yeso deben contener la siguiente información:

- Nombre del material.
- Contenido neto en gramos.
- Cantidad de líquido requerida en mililitros.
- Aplicación del material.

El fabricante además debe proporcionar la siguiente información:

- Proporción agua/polvo recomendada, expresada en mililitros de líquido y gramos de polvo.
- Técnica de mezclado recomendada, incluyendo el equipo recomendado, los tiempos permitidos para realizar la mezcla de agua y polvo y la técnica recomendada de espatulado.
- Tiempo de endurecimiento.
- Expansión de endurecimiento.

## 3.5. Proyecciones de la Resina Epóxica

Las impresiones en base a elastómeros y los materiales de vaciado han resultado en una popularización de las técnicas de restauración indirecta. El éxito clínico se basa en las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados. Lamentablemente ningún material tiene las características ideales, pero los yesos dentales se consideran aceptables, tanto en reproducción de detalles como en propiedades físicas (resistencias compresivas, dureza superficial, estabilidad dimensional). Sin embargo, su manipulación y los tipos de yeso hacen variar su calidad final, siendo el parámetro más afectado, la estabilidad dimensional.

Se parte de la base que una impresión es “imperfecta” debido a su contracción de polimerización con siliconas por condensación. En base a esta imperfección los materiales de

vaciado tienen una leve expansión que contrarresta esa contracción, haciendo posible finalmente el asentamiento correcto de la aparatología indirecta que se trate. El uso de materiales con mayor estabilidad dimensional, debe tener en consideración una técnica de impresión que no tenga distorsión por contracción.

La resina epóxica tiene una excelente reproducción de detalles, así como resistencia a la abrasión y resistencia traccional. Sin embargo las resinas por tradición tienen muy mala estabilidad dimensional, debido a la contracción de polimerización. Además son difíciles de manipular y muy sensibles a la técnica, que involucra una muy buena mezcla y un curado a una temperatura precisa.

Las nuevas resinas para vaciado demuestran la capacidad de no contraer como las antiguas resinas. Inicialmente, contrae, pero se contrarresta con el tratamiento térmico y con el tiempo entre vaciado y curado térmico. Se considera que la manipulación es más sencilla que en comparación a las resinas más antiguas (Campbell et al., 1985).

La resina es estable en el tiempo en cuanto a sus propiedades dimensionales y físicas.

- No necesita vibrado.
- No necesita vaciado en vacío.
- Temperaturas menores a 150 °C resultan en contracción.
- Temperaturas sobre 150 °C resultan en expansión.
- La expansión lineal de la resina es similar a la del yeso ante un curado a 151 °C.

### **III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

---

#### **1. Hipótesis**

---

En base a los antecedentes anteriormente descritos se formulan los siguientes postulados:

- Los yesos tipo IV modificados por resina tienen mayor resistencia a la fractura que los yesos tipo IV estándar.
- Como segunda hipótesis, se postula que los yesos secados en horno microondas presentan mayor resistencia a la fractura que aquellos secados al ambiente, debido a que este tratamiento permite la eliminación del exceso de agua residual.

#### **2. Objetivos**

---

##### **2.1. Objetivo General**

- Demostrar que el secado de los modelos de yeso en horno microondas afecta las propiedades mecánicas de las preparaciones dentarias tipo PFUPCC.

##### **2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar que el secado en microondas afecta la resistencia a la fractura de preparaciones dentarias de prótesis fija unitaria tipo periférica completa combinada en yeso extraduro tipo IV.
- Analizar la resistencia a la fractura de diferentes tipos de yeso extraduro tipo IV, secados en horno microonda como también al ambiente.
- Analizar la resistencia a la fractura de los yesos extraduros tipo IV convencionales y modificados por resina.
- Comparar estadísticamente los resultados de resistencia para ambos tipos de muestras.
- Comparar si el lugar o punto de fractura varía según el tipo de secado empleado.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

---

Nuestro seminario de tesis corresponde a un estudio analítico de tipo experimental de ensayo clínico. Las hipótesis planteadas previamente serán respondidas en base a los resultados obtenidos de las experiencias a realizar y su posterior análisis estadístico.

Este trabajo de investigación consiste en un estudio experimental *In Vitro* con 60 cuerpos de prueba, obtenidos a partir de un modelo universal, en donde se realizó el tallado de una preparación dentaria para prótesis fija unitaria tipo periférica completa combinada metal cerámica.

Sobre este modelo universal se realizarán 60 impresiones tipo silicona – silicona por adición, de las cuales se obtendrán 60 modelos de cinco tipos de yeso extraduro: Vel-Mix® Classic, SilkyRock®, Elite Rock®, Tewaterock® y ResinRock®. Los dos primeros corresponden a yesos tipo IV convencionales. Los otros tres, pertenecen a la familia de los modificados por resina.

Estos 60 modelos se reunirán en cinco grupos, de doce cuerpos de prueba cada uno. De ellos, seis serán dejados secar al ambiente y seis serán secados en horno microonda por 3 minutos a 700 W de potencia. Todos los modelos serán manipulados en condiciones similares y controladas.

La unidad de estudio será el muñón preparado, impresionado y vaciado que será sometido a fractura. Se descartarán por un lado las impresiones defectuosas que al examen visual presenten burbujas en la preparación o que presenten desgarros. A su vez, se descartarán los modelos que presenten burbujas en la superficie del muñón preparado.

## 1. Variables

Se trabajará con variables nominales cualitativas y ordinales cuantitativas, como se aprecia en la Tabla N° V:

Tipo de Variable	Variable	Atributo
Ordinal Cuantitativa	Fuerza Máxima [daN]	-
Nominal Cualitativa	Tipo de Yeso	Vel-Mix® Classic ResinRock® SilkyRock® Tewerock® Elite Rock®
	Nivel de Fractura	Cuello Paladar
	Tipo de Secado	Ambiente Microondas
<b>Tabla N° V: Variables</b>		

Se trabajará con 5 grupos de 12 cuerpos de prueba, cada uno correspondiente al tipo de yeso. Cada grupo tendrá dos subgrupos, de 6 cuerpos de prueba cada uno. El Subgrupo A será dejado secar al ambiente. En tanto, el Subgrupo B será secado en un horno microondas.

## 2. *Materiales y Métodos – Ejecución*

### 2.1. Preparación Dentaria

Para eliminar cualquier tipo de variaciones entre dientes, se eligió realizar la preparación dentaria sobre modelos universales anatómicos. De esta forma, se asegura una estandarización en cuanto a las características de la preparación, así también como a otras variables que no son posibles controlar en dientes naturales o en pacientes. Dentro de estas, se consideran:

- Anatomía
- Salivación
- Cálculo
- Tinciones
- Caries
- Restauraciones

Para la ejecución de la preparación dentaria se utilizó un modelo de acrílico preformado de la empresa Columbia Dentoform® Corporation, facilitado por la Facultad (Figura N° 12).



Figura N° 12:  
Modelos Universales de Acrílico (Columbia Dentoform® Corporation)

Debido a las características del estudio, se decidió realizar una preparación para una prótesis fija unitaria periférica metal porcelana sobre el diente 2.1 según la pauta de tallado para dientes anteriores dada por la Cátedra de Prótesis Fija de la Universidad de Valparaíso en la “Guía Teórica y Práctica – Preclínico de Prótesis Fija”.

Para esto, se utilizó un set de piedras de diamante de alta velocidad para tallado de prótesis fija (Figura N° 13) que consta con piedras troncocónicas extralargas de puntas redondas, planas, forma de bala y finas. También puntas forma de llama y de disco.



**Figura N° 13:**  
Piedras de Diamante

La secuencia del desgaste para la preparación dentaria fue la siguiente:

1. Surcos guías.
2. Desgaste incisal.
3. Desgaste de la pared vestibular.
4. Desgastes de paredes proximales.
5. Desgaste de la pared cingular.
6. Desgaste de la pared palatina.
7. Terminación de aristas.

### 2.1.1. Surcos Guías de Desgaste

El primer paso en la preparación de una prótesis fija unitaria periférica completa combinada en diente anterior, consiste en el tallado de surcos de orientación en la cara vestibular e incisal con una piedra de diamante troncocónica mediana extralarga de punta plana.

Los surcos vestibulares se deben tallar en dos series, paralelo a los 2/3 cervicales y otro al 1/3 incisal (Figuras N° 14 y N° 15). Los surcos de desgaste incisal tendrán 2 mm de espesor y los de desgaste vestibular, 1 mm. Los del borde incisal se cortan a todo su ancho y se llevan 2 mm hacia gingival.



**Figura N° 14:**  
Surcos Guías – Desgaste Incisal



**Figura N° 15:**  
Surcos Guías – Desgaste Vestibular

### 2.1.2. Desgaste Incisal

Se desgasta el 1/3 de la corona del diente con una angulación hacia palatino o lingual de 45° con una piedra de diamante troncocónica mediana, siguiendo los surcos guías, tratando de aplanar la superficie (Figura N° 16).



### 2.1.3. Desgaste de la Pared Vestibular

Se lleva a cabo con una piedra de diamante troncocónica extralarga mediana de punta plana. Primero se desgasta toda la superficie de los 2/3 cervicales convergentes en 6° hacia incisal (nivelándolo con el fondo de los surcos guías) (Figura N° 17).

Al mismo tiempo que el lado de la fresa alisa la cara vestibular, su punta va formando un escalón cervical con una profundidad de 1,5 mm y abarca el límite cervical vestibular de la preparación, así como las zonas proximales por delante del punto de contacto. Para fines del estudio, la preparación se dejará con una terminación supragingival de 0,5 mm. Finalmente, se desgasta el 1/3 incisal siguiendo la dirección de la superficie vestibular.



#### 2.1.4. Desgastes de las Paredes Proximales

Se realizan con piedra diamante troncocónica fina para contra ángulo, convergentes en 6° hacia oclusal en sentido cérvico oclusal y siguiendo la dirección de la pared proximal convergentes hacia palatino en sentido vestíbulo palatino (Figura N° 18).



#### 2.1.5. Desgaste de la Pared Cingular

Se efectúa con una piedra de diamante troncocónica extra larga mediana de punta redonda, efectuando un desgaste de la pared cingular, de modo que sea convergente hacia incisal en 6° con los 2/3 cervicales de la pared vestibular (Figura N° 19).

La terminación cervical de la pared cingular y la zona palatina de las caras proximales de la preparación es en chaflán.



### 2.1.6. Desgaste de la Pared Palatina

Se realiza con una piedra diamante forma llama o rueda, manteniendo la dirección de la pared palatina natural del diente hasta obtener un espacio interoclusal de 1 mm (Figura N° 20).



### 2.1.7. Terminación de Aristas

Se ejecuta con una piedra troncocónica de diamante grano fino (de terminación), redondeando suavemente las aristas de ángulos agudos (Figura N° 21).



## 2.2. Trabajo de Laboratorio

Debido a que los estudios anteriores sobre la resistencia a la fractura de los yesos extraduros dentales habían sido realizados sobre cuerpos de prueba, no existe ninguna forma de relacionar los resultados con trabajos clínicos (impresiones de trabajos de preparaciones periféricas de prótesis fija). Dado este problema, se nos presentó una situación a solucionar.

Las preparaciones ideales de prótesis fija unitaria tienen una leve convergencia a incisal. De igual forma, están insertas sobre la superficie gingival del yeso. Debido a esto, la fuerza para fracturar las preparaciones debe de ser aplicada siempre en el mismo punto y forma que esta se distribuya uniformemente sobre la superficie. En caso contrario, se generarían diferentes palancas, lo cual, afectaría los resultados.

Además, si se decidía marcar la superficie vestibular de la preparación con el tallado, esta se vería afectada en su estructura final, además de no corresponder a una preparación clásica para PFU.

Por esto se decidió realizar una estructura metálica con el fin de lograr que las fuerzas fueran distribuidas de manera uniforme sobre la superficie vestibular de la preparación dentaria. Además se decidió marcar sobre la superficie vestibular de la estructura metálica un punto, en su parte central, para asegurar que el punzón de la máquina INSTRON fuera siempre en el mismo lugar.

La estructura metálica corresponde a una “media cofia” realizada por el laboratorio mediante la técnica de cera perdida.

Se tomó una impresión de la preparación dentaria realizada sobre el modelo universal y se envió al laboratorio para su vaciado (Figura N° 22).

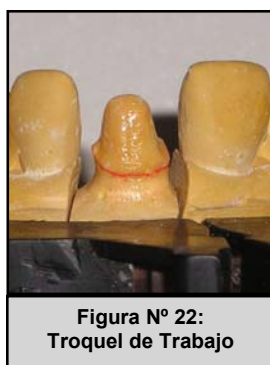
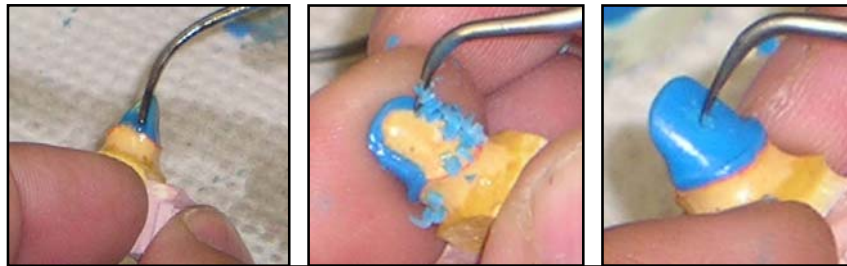


Figura N° 22:  
Troquel de Trabajo

El laboratorista realizó entonces, sobre el modelo de trabajo, un encerado con cera azul con forma de media cofia que abarca solo la parte vestibular de la preparación, desde los puntos proximales de ésta hacia vestibular, abarcando un milímetro por sobre el plano incisal de desgaste. Para finalizar, marcó sobre la parte media vestibular un punto cóncavo, donde se apoyará el punzón de pruebas que realizará la carga de fractura (Figuras N° 23 a 25).



**Figuras N° 23 – 24 – 25:**  
Encerado, tallado y marcado de la concavidad central

Una vez terminado el proceso de encerado, se verifican los grosores y posición correcta del punto central vestibular, junto con el ajuste del encerado terminado (Figuras N° 26 a 28).

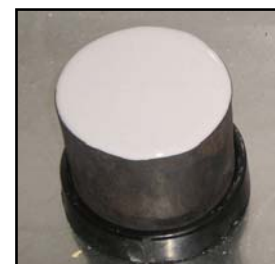


**Figuras N° 26 – 27 – 28:**  
Vistas vestibular, palatina y proximal del encerado terminado

Se continua el proceso de laboratorio, agregando un vástago en su parte incisal más alta, para proceder con el investido del encerado y ser enviado al horno para evaporar la cera (Figuras N° 29 a 32).



**Figuras N° 29 – 30:**  
Encerado con vástago



**Figuras N° 31 – 32:**  
Investido

Una vez finalizado el proceso de evaporación, se procede a inyectar a presión la aleación de Níquel Cromo, obteniéndose finalmente la estructura metálica terminada (Figuras N° 33 a 35).



**Figuras N° 33 – 34 – 35:  
Vistas Vestibular, Proximal y Palatina de la Estructura terminada**

### 2.3. Presentación y Pesaje de Yesos

Para el estudio se utilizaron cinco tipos de yeso extraduros. Todos de fácil obtención en las casas dentales de la zona.

El yeso Vel-Mix® Classic de la empresa Kerr© (Kerr Corporation, Sybron Dental Specialties Inc.), proviene del almacén de abastecimiento de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso. Es comprado directamente por la Facultad a la empresa Dental Laval. La presentación es polvo de color rosado, en bolsas selladas de un kilo cada una (Figura N° 36). El yeso Vel-Mix® Classic corresponde a un yeso tipo IV convencional.



**Figura N° 36:**  
**Yeso Vel-Mix® Classic**

Los yesos ResinRock® y SilkyRock® son de la empresa Whip Mix© (Whip Mix Corporation). Fueron adquiridos de la casa dental Proital. La presentación del ResinRock® es de color amarillo, en bolsas selladas de un kilo. El yeso SilkyRock® se presenta en color violeta, también en bolsas selladas de un kilo (Figura N° 37 y 38). El yeso SilkyRock® corresponde a un yeso tipo IV convencional. El ResinRock® pertenece a la familia de yesos tipo IV modificados por resina.



**Figura N° 37 – 38:**  
**Yesos ResinRock® y SilkyRock®**

El yeso Tewaterock® de la empresa Kettenbach© (Kettenbach GmbH & Co.) es distribuido por la empresa Dental Guzmán. Se presenta en bolsas individuales de 100 grs. y es de color café amarillento (Figura N° 39). Este yeso corresponde uno de tipo IV modificado por resina.



El yeso Elite Rock® de la empresa Zhermack© (Zhermack S.p.a) es distribuido por la empresa Pareja Lecaros. Su presentación es en polvo de color blanco, en bolsas de un kilo (Figura N° 40). También pertenece a la familia de yesos modificados por resina.



Todos los yesos, a excepción del Tewaterock®, fueron prepesados y envasados en bolsas individuales de 100 grs. cada uno, mediante una balanza electrónica Sartorius® Portable de precisión a la décima de gramo (Sartorius Precision Weight Balances). Cada bolsa fue sellada con calor, mediante una selladora Lovero® HJ-300-2 (Hwanjoo Industrial Co., Ltd.) para asegurar que no hubiera interferencia de la humedad ambiental y facilitar la manipulación al momento de la mezcla (Figuras N° 41 a 44).



**Figuras Nº 41 – 42 – 43 – 44:  
Envasado Individual**

## 2.4. Impresiones

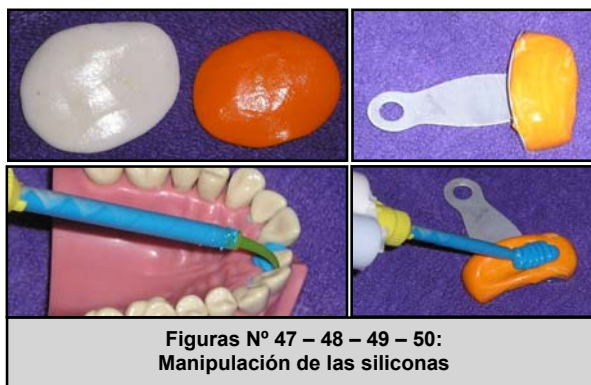
Para el estudio, se decidió obtener impresiones individuales para cada yeso. Se necesitan 12 impresiones por cada tipo de yeso. Con esto se obtiene un total de 60 impresiones a realizar. El objetivo de realizar una impresión por vaciado es el eliminar posibles contaminaciones de la superficie de la impresión con los yesos ya utilizados

Para realizar las impresiones se utilizaron cubetas parciales de aluminio para impresionar solamente el sector anterior, tomando como referencia el diente 2.1 preparado. La idea es que el diente preparado quede lo más en el centro posible de la impresión.

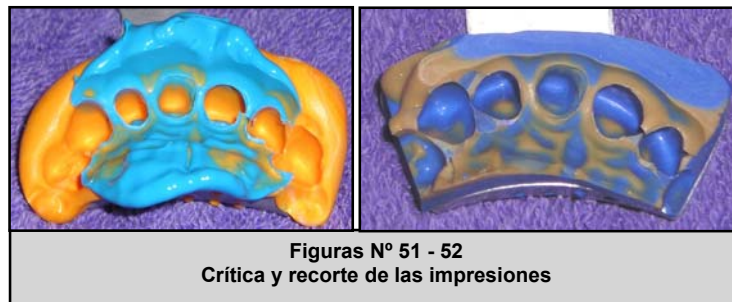
El material elegido para realizar la impresión fue la silicona por adición. Contamos con dos marcas comerciales para realizar el estudio. Por un lado, la silicona Elite® H-D+ (Zhermack S.p.a) y por otro la silicona Virtual® (Ivoclar Vivadent Inc.). Para ambas siliconas la presentación fue en consistencias de masilla y regular (Figuras N° 45 y 46).



La técnica de impresión elegida es la de silicona – silicona en un solo paso. El proceso de impresiones se realiza mediante el sistema de auto mezcla para las siliconas de consistencia regular. Para la mezcla de la silicona en consistencia pesada se realiza según las proporciones dadas por el fabricante (mezcla en proporción de 1 es a 1) de forma manual sin guantes, para no afectar la reacción de polimerización (Figuras N° 47 a 50).



Una vez obtenida la impresión esta es criticada en cuanto a su fidelidad, tal y como si fuera una crítica de una impresión de un diente a rehabilitar. Se verifica la ausencia de burbujas, desgarros de materiales y una buena reproducción del margen de la preparación. Una vez que la impresión es aceptada como correcta, se procede a recortar los excesos de material para asegurar un retiro más fácil del modelo una vez vaciado (Figura N° 51 y 52).



Se procede entonces a encofrar las impresiones con cera rosada para, de esta forma, facilitar el posterior vaciado. Además, esto nos permite obtener un zócalo de medidas adecuadas para poder sostener el cuerpo de prueba posteriormente al someterlo a la carga para ser fracturado (Figura N° 53). El proceso de encofrado se repite para cada uno de las 60 impresiones seleccionadas.



## 2.5. Procedimiento de Vaciado y Secado

El procedimiento de vaciado se realizó en el laboratorio dental LabRoman®, en donde contábamos con la implementación adecuada. La mezcla de cada uno de los yesos se realizó según las especificaciones del fabricante. Para todos los yesos en estudio, las especificaciones fueron obtenidas de sus páginas de Internet (Tabla N° VI).

Yeso	Proporción A/P (por cada 100 g)	Tiempo de trabajo	Tiempo de mezcla (al vacío)
Vel-Mix®	23 ml	7,5 – 9 minutos	30 segundos
ResinRock®	20 ml	10 minutos	30 segundos
SilkyRock®	23 ml	10 minutos	30 segundos
Tewerock®	20 ml	10 minutos	30 segundos
Elite Rock®	20 ml	12 minutos	30 segundos

**Tabla N° VI:  
Especificaciones de Mezcla**

Para lograr un mejor control sobre el mezclado de los yesos, se utilizó una mezcladora al vacío, siempre siguiendo el protocolo de mezclado dado por el fabricante. Para esto, se utilizó la mezcladora al vacío Mixyvac® (Manfredi© Inc.) (Figura N° 54)

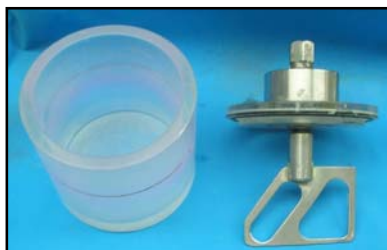


**Figura N° 54:  
Mezcladora al vacío. Mixyvac®**

La mezcladora cuenta con un recipiente especial, donde se dispone el agua y luego se agrega el polvo que se desea mezclar. A su vez, cuenta con un juego de paletas mezcladoras especiales (Figura N° 55).

La mezcla de todos los yesos se realizó con agua destilada, siempre agregando el polvo al agua, previamente medida en una probeta de laboratorio. Como todos los yesos se encontraban

prepesados a 100 g en bolsas selladas, se realizó el vaciado de 2 impresiones por cada mezcla (subgrupos A y B). Las bolsas a ser mezcladas fueron elegidas al azar dentro de sus similares.



**Figura N° 55:**  
Recipiente y espátula mezcladora



**Figura N° 56 – 57:**  
Mezclado – Reloj de vacío (funcionando)

Para el proceso de mezclado, se configuró la mezcladora a 30 segundos, tal como indican todos los fabricantes para mezcla automática (Figuras N° 56 y 57). El procedimiento de vaciado se realizó vibrando las impresiones sobre una vibradora eléctrica (Figura N° 58).



**Figura N° 58:**  
Vaciado

En este punto se cuenta con 12 vaciados por cada tipo de yeso. Se reunieron en dos subgrupos cada uno. Un subgrupo A y otro B. A cada grupo le corresponde su similar vaciado de la misma mezcla antes nombrada. Cada grupo tiene entonces 6 modelos vaciados de cada tipo de yeso (Figuras N° 59 a 61).



**Figura N° 59 – 60:**  
Grupo SilkyRock® – Troquel Vel-Mix® (detalle)



**Figura N° 61: Grupos A y B**  
Yesos Tewaterock®, ResinRock® y Elite Rock®

Todo el Subgrupo A será dejado secar a temperatura ambiente, en condiciones semicontroladas, por 16 horas desde el inicio de la mezcla, antes de ser retiradas de las impresiones. El Subgrupo B será secado en microondas a las 2 horas de iniciada la mezcla, y

dejados completar el secado en condiciones similares por 14 horas, esperando un total de 16 horas desde el inicio de la mezcla para ser retirados de las impresiones. El secado al microondas se realiza en un horno Daewoo Concavo® modelo KOR-63FB (Daewoo© Electronics) a una potencia máxima de 700 W por 3 minutos cada uno. El secado en microondas fue realizado según el estudio de Hersek (Hersek et al., 2002) dejando un recipiente con agua dentro del horno para prevenir la falla del magnetrón (Figura N° 62).



**Figura N° 62:**  
**Secado en microondas**

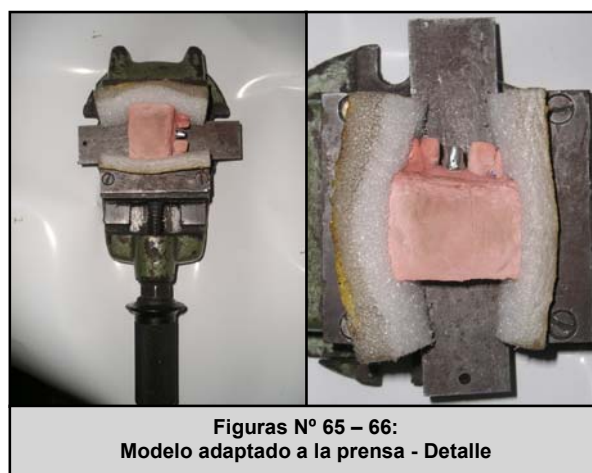
Completadas las 16 horas de secado se procedió a retirar los modelos de las impresiones para ser sometidos a la carga en la maquina INSTRON.

## 2.6. Prueba de Fractura

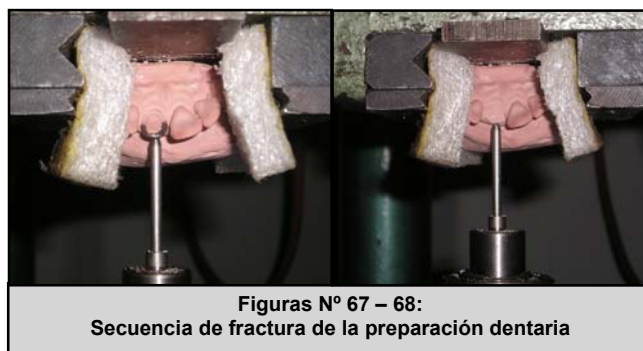
La prueba de fractura fue realizada en el laboratorio de Tecnología Mecánica, de la Universidad Técnica Federico Santa María. Este laboratorio cuenta con la maquina INSTRON necesaria para evaluar resistencias de diferentes materiales (Figura N° 63). Esta maquina está ideada para trabajar con cuerpos sólidos más resistentes que el yeso, por lo que se debió modificar ciertas características de la maquina para poder realizar la experiencia. Una de estas modificaciones fue el adaptar un punzón o punta de pruebas para poder ejercer la carga sobre las preparaciones vaciadas. Este artefacto va directamente adaptado al Set de Carga de la maquina INSTRON, que es el encargado de transducir la señal de fuerza y enviarla al computador para su graficación (Figura N° 64).



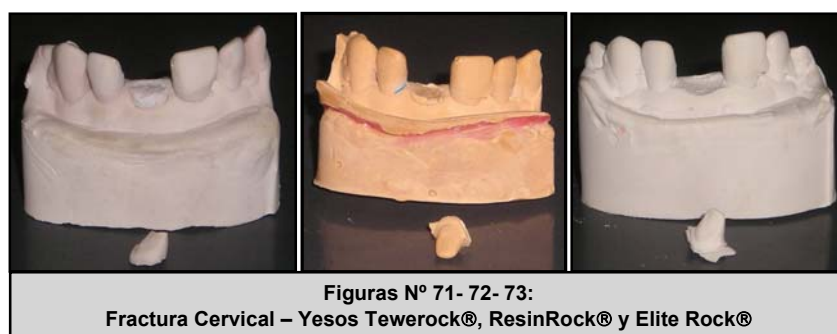
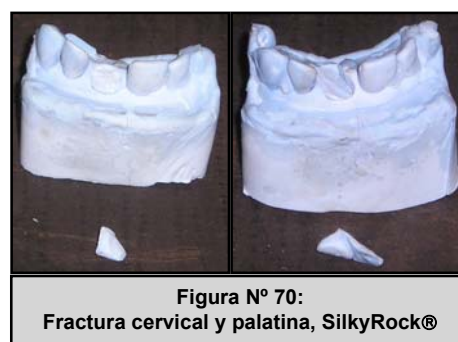
El punzón fue confeccionado de acero en un torno para metales, en el mismo laboratorio de la Universidad. Su punta, irá en contacto directo con la media cofia, en el punto central que ya señalamos anteriormente. Con esto, se asegura que la fuerza será aplicada siempre en el mismo punto. Cada modelo fue montado sobre una prensa, la cual a su vez fue montada sobre la parte inferior de la maquina INSTRON (Figuras N° 65 y 66).



Una vez que la prensa fue montada en la maquina INSTRON, se configuró el programa para mostrar un gráfico “Compresión versus Desplazamiento”, en donde el modelo tendrá una velocidad constante de 1 mm por minuto, desplazándose 10 mm con una fuerza máxima a graficar de 50 decaNewton [daN]. El programa comienza a marcar carga sobre la superficie al primer momento en que contacta la punta del punzón con la superficie vestibular de la media cofia metálica, de forma creciente, hasta que el cuerpo se fractura tras sobrepasar su límite de ruptura (Figuras N° 67 y 68).



El gráfico presentado entonces por el programa muestra el momento exacto en que el cuerpo se fractura, mostrándose como una caída abrupta de la curva justo en el momento en que el cuerpo es fracturado. El programa entonces da los parámetros a los cuales llegó el cuerpo de prueba, dando como referencia el punto máximo de fuerza resistido por el modelo en el momento de la fractura. Este valor es anotado para ser evaluado. Además, se anota la posición de la fractura, evaluando si esta fue a nivel del margen o a nivel del paladar (Figuras 69 a73).



## **V. RESULTADOS**

---

Se sometieron a fractura 60 modelos de yeso extraduro. Por cada uno se obtuvo un valor máximo de Resistencia a la Fractura, expresado en decaNewton [daN]. Además, se registró el nivel de fractura de la preparación, verificando si éste ocurría en el margen de la preparación (punto de menor resistencia) o si esta se extendía a nivel del paladar de la preparación.

Para cada uno de los cuerpos de prueba, se obtuvo un gráfico, en donde a parte de registrar el valor máximo de resistencia (con precisión de centésimas) se pudo observar el momento exacto en que ocurre la fractura para cada uno de los cuerpos de prueba.

La distribución de los grupos se presenta a continuación:

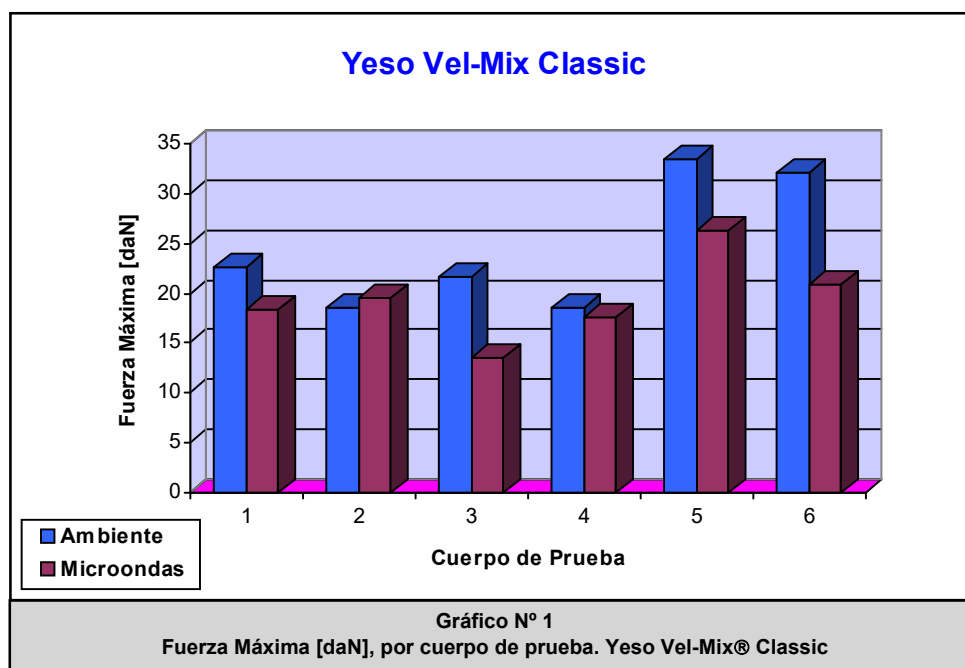
### 1. Yeso Vel-Mix® Classic:

En la Tabla N° VII se expresan los valores de máxima resistencia soportada por los cuerpos de prueba. Los valores se encuentran ordenados de menor a mayor para cada tipo de secado (secado al ambiente y secado al microondas). Los resultados están expresados como el Valor Promedio  $\pm$  el Intervalo de Confianza (para un 95% de probabilidad).

	Cuerpo de Prueba	Fuerza Máxima [daN]	Nivel de fractura	$\bar{X} \pm \left( \frac{t \cdot s}{\sqrt{n}} \right)$ [daN]
Secados al Ambiente	4A	18.50	Cuello	24 $\pm$ 7
	2A	18.55	Cuello	
	3A	21.60	Cuello	
	1A	22.65	Cuello	
	6A	32.10	Cuello	
	5A	33.40	Paladar	
Secados al Microondas	3B	13.60	Cuello	19 $\pm$ 4
	4B	17.55	Paladar	
	1B	18.35	Cuello	
	2B	19.55	Cuello	
	6B	20.90	Cuello	
	5B	26.30	Paladar	

Tabla N° VII  
Fuerza Máxima [daN] y Nivel de Fractura, de mayor a menor. Yeso Vel-Mix® Classic

En el Gráfico N° 1 se observa la fuerza máxima, comparando cada cuerpo de prueba según el tipo de secado utilizado.



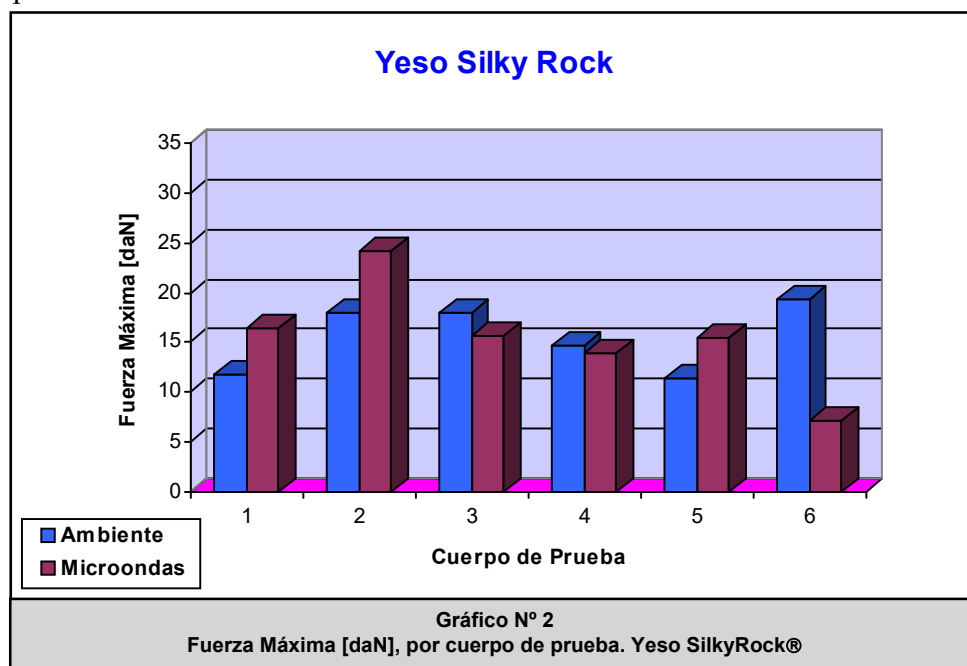
## 2. Yeso SilkyRock®

En la Tabla N° VIII se expresan los valores de máxima resistencia soportada por los cuerpos de prueba. Los valores se encuentran ordenados de menor a mayor para cada tipo de secado (secado al ambiente y secado al microondas). Los resultados están expresados como el Valor Promedio  $\pm$  el Intervalo de Confianza (para un 95% de probabilidad).

	Cuerpo de Prueba	Fuerza Máxima [daN]	Nivel de fractura	$\bar{X} \pm \left( \frac{t \cdot s}{\sqrt{n}} \right)$ [daN]
Secados al Ambiente	5A	11.35	Cuello	15 $\pm$ 4
	1A	11.75	Paladar	
	4A	14.70	Cuello	
	3A	17.90	Cuello	
	2A	17.95	Cuello	
	6A	19.30	Cuello	
Secados al Microondas	6B	7.15	Cuello	15 $\pm$ 6
	4B	14.00	Cuello	
	5B	15.50	Cuello	
	3B	15.70	Cuello	
	1B	16.40	Cuello	
	2B	24.10	Paladar	

Tabla N° VIII  
Fuerza Máxima [daN] y Nivel de Fractura, de mayor a menor. Yeso SilkyRock®

En el Gráfico N° 2 se observa la fuerza máxima, comparando cada cuerpo de prueba según el tipo de secado utilizado.



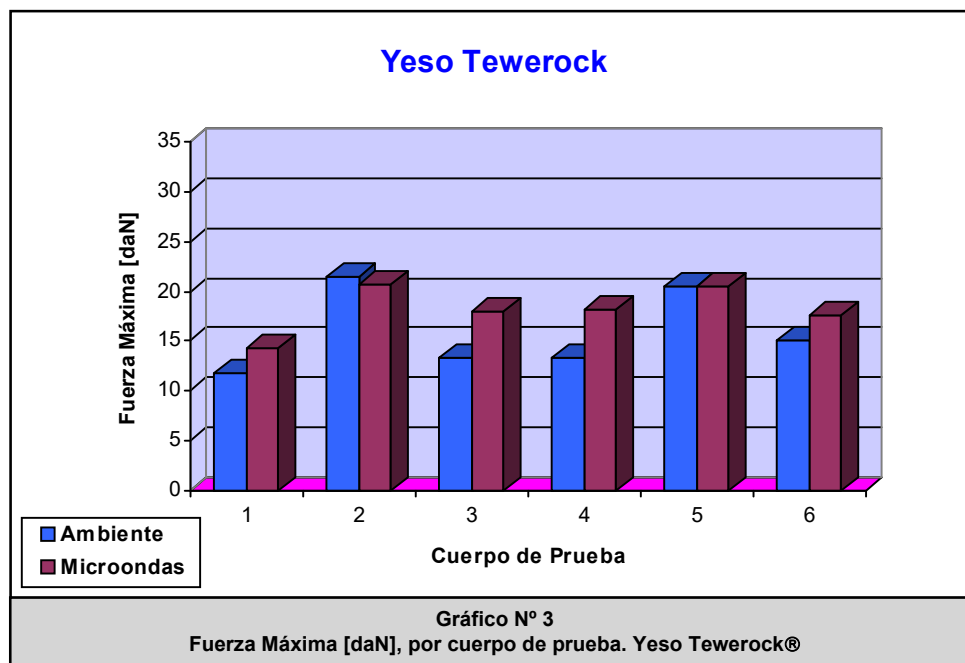
### 3. Yeso Tewaterock®

En la Tabla N° IX se expresan los valores de máxima resistencia soportada por los cuerpos de prueba. Los valores se encuentran ordenados de menor a mayor para cada tipo de secado (secado al ambiente y secado al microondas). Los resultados están expresados como el Valor Promedio  $\pm$  el Intervalo de Confianza (para un 95% de probabilidad).

	Cuerpo de Prueba	Fuerza Máxima [daN]	Nivel de fractura	$\bar{X} \pm \left( \frac{t \cdot s}{\sqrt{n}} \right)$ [daN]
Secados al Ambiente	1A	11.75	Cuello	16 $\pm$ 4
	3A	13.25	Cuello	
	4A	13.30	Cuello	
	6A	15.05	Paladar	
	5A	20.45	Cuello	
	2A	21.50	Cuello	
Secados al Microondas	1B	14.35	Cuello	18 $\pm$ 2
	6B	17.65	Cuello	
	3B	18.00	Paladar	
	4B	18.25	Cuello	
	5B	20.45	Cuello	
	2B	20.75	Cuello	

Tabla N° IX  
Fuerza Máxima [daN] y Nivel de Fractura, de mayor a menor. Yeso Tewaterock®

En el Gráfico N° 3 se observa la fuerza máxima, comparando cada cuerpo de prueba según el tipo de secado utilizado.



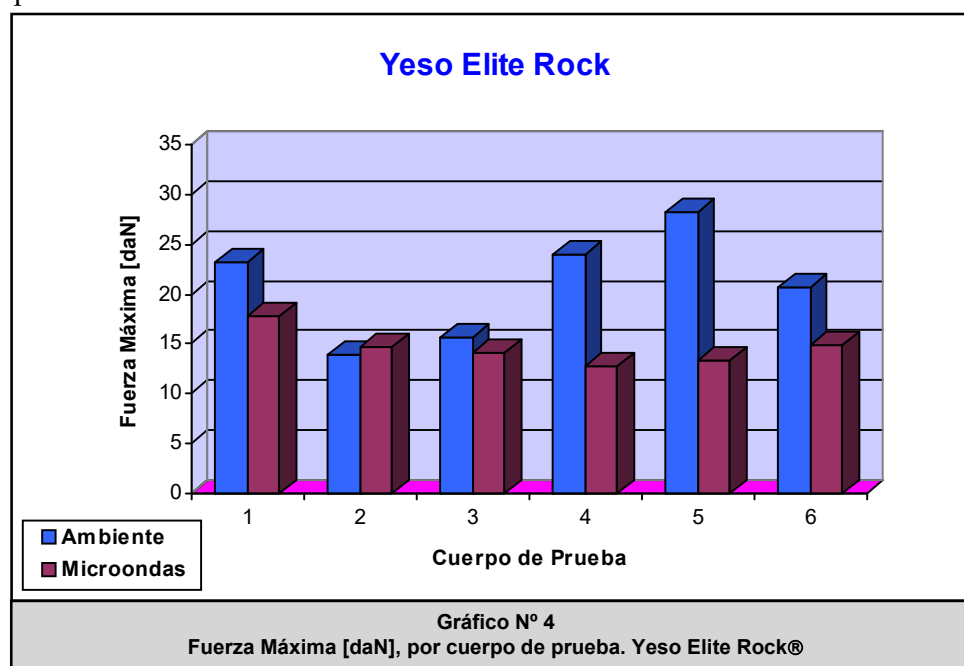
#### 4. Yeso Elite Rock®

En la Tabla N° X se expresan los valores de máxima resistencia soportada por los cuerpos de prueba. Los valores se encuentran ordenados de menor a mayor para cada tipo de secado (secado al ambiente y secado al microondas). Los resultados están expresados como el Valor Promedio  $\pm$  el Intervalo de Confianza (para un 95% de probabilidad).

	Cuerpo de Prueba	Fuerza Máxima [daN]	Nivel de fractura	$\bar{X} \pm \left( \frac{t \cdot s}{\sqrt{n}} \right)$ [daN]
Secados al Ambiente	2A	14.00	Paladar	21 $\pm$ 6
	3A	15.75	Cuello	
	6A	20.75	Cuello	
	1A	23.25	Cuello	
	4A	24.00	Paladar	
	5A	28.20	Cuello	
Secados al Microondas	4B	12.75	Cuello	15 $\pm$ 2
	5B	13.35	Cuello	
	3B	14.05	Cuello	
	2B	14.70	Cuello	
	6B	14.80	Cuello	
	1B	17.85	Cuello	

Tabla N° X  
Fuerza Máxima [daN] y Nivel de Fractura, de mayor a menor. Yeso Elite Rock®

En el Gráfico N° 4 se observa la fuerza máxima, comparando cada cuerpo de prueba según el tipo de secado utilizado.



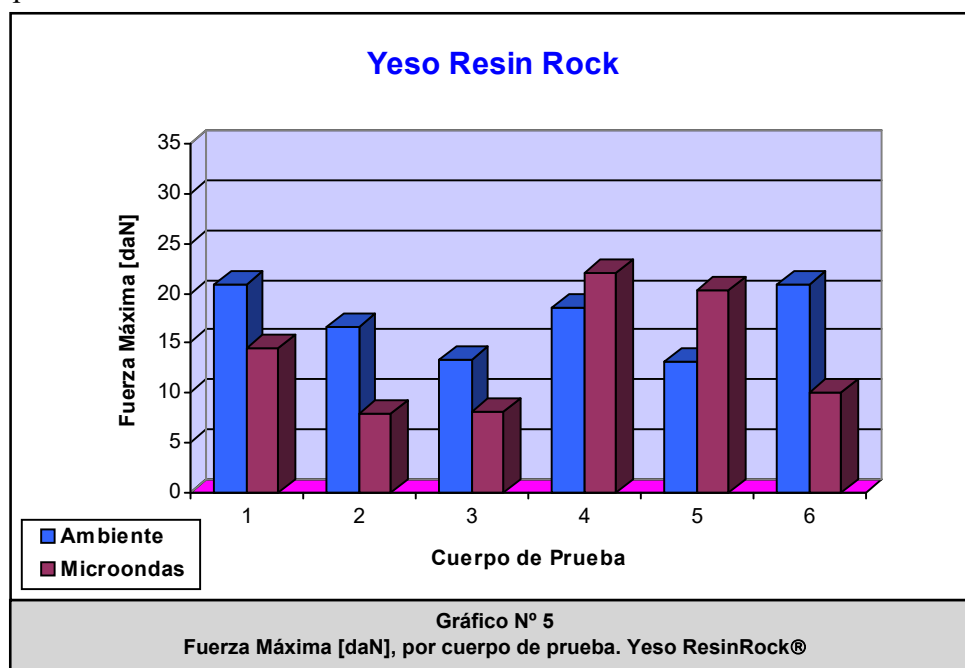
## 5. Yeso ResinRock®

En la Tabla N° XI se expresan los valores de máxima resistencia soportada por los cuerpos de prueba. Los valores se encuentran ordenados de menor a mayor para cada tipo de secado (secado al ambiente y secado al microondas). Los resultados están expresados como el Valor Promedio  $\pm$  el Intervalo de Confianza (para un 95% de probabilidad).

	Cuerpo de Prueba	Fuerza Máxima [daN]	Nivel de fractura	$\bar{X} \pm \left( \frac{t \cdot s}{\sqrt{n}} \right)$ [daN]
Secados al Ambiente	5A	13.20	Cuello	17 $\pm$ 4
	3A	13.30	Cuello	
	2A	16.70	Cuello	
	4A	18.50	Cuello	
	1A	20.85	Paladar	
	6A	20.95	Cuello	
Secados al Microondas	2B	8.00	Cuello	14 $\pm$ 7
	3B	8.05	Cuello	
	6B	10.00	Cuello	
	1B	14.45	Cuello	
	4B	22.10	Cuello	
	5B	20.40	Cuello	

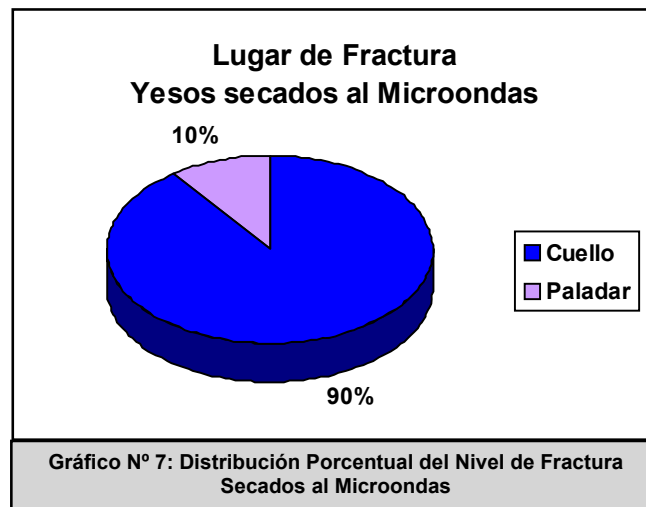
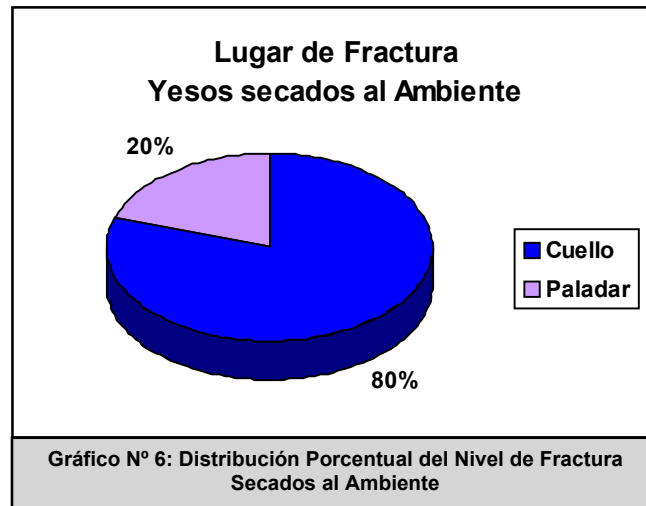
Tabla N° XI  
Fuerza Máxima [daN] y Nivel de Fractura, de mayor a menor. Yeso ResinRock®

En el Gráfico N° 5 se observa la fuerza máxima, comparando cada cuerpo de prueba según el tipo de secado utilizado.



## 6. Análisis Estadístico

La distribución porcentual del nivel de fractura se presenta en los Gráficos N° 6 y 7.



Para estos valores se utilizó el test de  $\chi^2$ . La prueba demuestra que no existe diferencia estadística significativa entre el nivel de fractura y el método de secado empleado ( $\alpha = 0,05$ ;  $\chi^2 = 0,161$ )

Todos los valores de resistencia máxima fueron analizados estadísticamente por el test ANOVA para un 95% de probabilidad. Se dividió el análisis en tres grupo.

El primero, para evaluar la influencia que tiene en la resistencia de los diferentes yesos tipo IV los distintos tipos de secado (al ambiente y en horno microondas).

En el segundo análisis se realizó para determinar cual de los yesos secados al ambiente y cual secado en microondas presenta la mayor resistencia a la fractura.

Finalmente se efectuó un análisis de factores con el fin de seleccionar aquel yeso, entre los objeto de este estudio, que presenta la mayor resistencia a la fractura, independiente del tipo de secado a que fue sometido.

En el primer análisis, donde se evaluó cual tipo de secado produjo mejores resultados, los resultados fueron los siguientes:

- Los análisis estadísticos permiten demostrar que para el conjunto de yesos no existen diferencias significativas en la resistencia cuando son secados al ambiente y en horno microondas, excepto para el yeso Elite Rock® ( $\alpha = 0,05$ ;  $F = 7,78$ ).

En el segundo análisis, evaluando cual tipo de yeso es el mejor, los resultados fueron los siguientes:

- El yeso tipo Vel-Mix® Classic presenta diferencias significativas en relación a las diferentes marcas, tanto al ser secado al ambiente como también en horno microondas (Ambiente:  $\alpha = 0,05$ ;  $F = 7,80$ ; Microondas:  $\alpha = 0,05$ ;  $F = 3,65$ ).
- El yeso tipo Vel-Mix® Classic presenta una diferencia significativa entre las diferentes marcas de yeso para ambos tipos de secados ( $\alpha = 0,05$ ;  $F = 3,55$ ).

En el tercer análisis, evaluando las combinaciones de yeso, independiente del tipo de secado, el resultado fue el siguiente:

- El yeso Vel-Mix® Classic y secado al ambiente produce los mejores resultados ( $\alpha = 0,05$ ;  $F_1 = 4,009$ ;  $F_2 = 4,567$ ).

## VI. DISCUSIÓN

---

Se sabe que los materiales de yeso son cuerpos rígidos y frágiles, que ante fuerzas de compresión pueden fracturarse. Ante esto, se han creado yesos modificados y fortificados que dicen mejorar sus propiedades mecánicas.

A pesar de lo anterior, persisten las fracturas, ya sea al retiro o manipulación de los vaciados por parte del laboratorista, sobre todo en preparaciones finas de dientes inferiores. Más si se considera que el agua incorporada para la mezcla asegura una buena consistencia para ser trabajado, pero siempre quedando una cierta cantidad de agua residual. Esta agua residual afecta las propiedades mecánicas finales del yeso.

El método de secado al microondas suena como un buen método para eliminar esta agua residual, pero no se sabe si todos los yesos son capaces de soportar este tipo de secado. Tuncer et al. no recomiendan el secado de yesos al microondas con un alto nivel de poder (1450 W) para aumentar la resistencia compresiva, sino que sugieren emplear un bajo nivel de poder (550 W) por que una rápida salida del agua puede causar fracturas o trizaduras que afecten la resistencia a la compresión.

Schneider evaluó ocho diferentes tipos de yeso secados a microondas a 1450 W por cinco minutos. No encontró diferencia significativa en los grupos secados al ambiente con los grupos secados al microondas. En contraste, Hersek et al., encontró un efecto positivo en el secado de yesos tipo IV por 10 minutos a 700 W.

En función del tiempo, el trabajo de Schwedhelm y Lepe demuestran que a medida que se aumenta el tiempo de secado, aumenta la resistencia a la fractura. Pero no siempre es factible esperar 24 o 48 horas para poder manipular los modelos.

Según nuestro estudio a las 16 horas de vaciado los yesos adquieren una resistencia similar a la dada por los fabricantes, pero el secado al microondas por 3 minutos a 700 W, no influye ni positiva ni negativamente en la resistencia a la fractura. El único yeso que se ve afectado por el secado al microondas es el Elite Rock®, que disminuye su resistencia (Media del secado al ambiente,  $21 \pm 6$  [daN]; Media del secado al microondas,  $15 \pm 2$  [daN]).

Al comparar cual de las marcas de yeso se comporta mejor, obtuvimos que el yeso tipo Vel-Mix® Classic, un yeso tipo IV sin modificadores tiene un mejor comportamiento contra sus pares modificados por resina (ResinRock®, Elite Rock® y Tewaterock®). Incluso al analizar los diferentes factores se obtuvo que este yeso secado al ambiente produce los mejores resultados comparativamente.

Se esperaba que los yesos modificados y secados al microondas tuvieran los mejores resultados, pero esto nos indica por un lado, que el yeso manipulado correctamente tiene igual o mejor resistencia a la fractura que los modificados, y que según lo obtenido, el secado al

microondas no sería un método cualitativamente ni cualitativamente más eficaz para mejorar su resistencia a la fractura al eliminar el exceso de agua residual.

Se debe considerar que los yesos fueron manipulados en condiciones ideales de pesaje, volumen de agua y con agua destilada. A pesar de esto, nos fue difícil controlar los niveles de humedad ambiental, humedad relativa del aire y temperatura del secado al ambiente.

Al evaluar el nivel de fractura, no existe diferencia al comparar entre los yesos secados al ambiente y al microondas.

## **VII. CONCLUSIONES**

---

Dentro de las limitaciones de nuestro estudio, podemos concluir que:

- El yeso tipo Elite Rock® disminuye su resistencia a la fractura al ser secado al microondas. Todo el resto de los yesos no sufren disminución ni aumento de la resistencia a la fractura.
- El yeso tipo Vel-Mix® Classic produce los mejores resultados de resistencia a la fractura en ambos tipos de secados.
- El yeso tipo Vel-Mix® Classic secado al ambiente produjo los mejores resultados de resistencia a la fractura.
- El secado al ambiente o al microondas no influye en el nivel de fractura de las preparaciones en los modelos de yeso extraduro.

Con respecto a las Hipótesis planteadas por nuestro estudio, podemos deducir que:

- Los yesos tipo IV modificados por resina no presentan una mayor resistencia a la fractura que los yesos tipo IV convencionales.
- El secado de los modelos de yeso extraduro en horno microondas no mejora su resistencia a la fractura.

## **VIII. SUGERENCIAS**

---

Se consideran las siguientes tentativas para futuros estudios:

- Evaluar la eficacia del secado al microondas en función del tiempo, para así evaluar si se puede reducir el tiempo de retiro de los vaciados de las impresiones.
- Evaluar otras variables mecánicas, como dureza superficial de los modelos secados al microondas.
- Evaluar la expansión lineal de los modelos secados al microondas, ya que puede verse afectado el ajuste de las restauraciones indirectas.
- Aumentar el número de cuerpos de prueba y la cantidad de tipos de yeso para asegurar una muestra más representativa.

## ***IX. RESUMEN***

---

Por un lado, se sabe que el secado de yesos al microondas disminuye el tiempo de fraguado, pero su resistencia final puede verse afectada. Por otro, diferentes tipos de yesos, tienen diferentes tipos de resistencias a la fractura.

Este estudio tiene por objetivo evaluar, tanto la resistencia a la fractura, como la eficacia del secado al microondas para cinco tipos diferentes de yeso extraduro en preparaciones dentarias tipo PFUPCC.

Se trabajó con 60 cuerpos de prueba correspondientes a cinco yesos extraduro: Vel-Mix® Classic, SilkyRock®, Tewaterock®, Elite Rock® y ResinRock®. Cada grupo de doce se dividió en dos, uno secado al ambiente y otro secado al microondas. Los cuerpos de prueba fueron sometidos a carga en una maquina INSTRON hasta ser fracturados y se evaluó tanto la resistencia máxima como el nivel de fractura en la preparación. Para analizar los resultados se utilizó el test ANOVA a un  $\alpha = 0,05$ .

Se obtuvo que no existe diferencia significativa entre el secado al ambiente y el microondas, excepto para el Elite Rock®. No existen diferencias entre los niveles de fractura de los modelos secados al ambiente y al microondas.

Dentro de las limitaciones de este estudio se concluye que el secado al microondas no es un método cuantitativamente efectivo para mejorar la resistencia a la fractura de los yesos estudiados. Incluso, para el Elite Rock, su resistencia disminuyó. El nivel de fractura no tiene relación con el tipo de secado.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Abdelaziz, K.M.; Attia, A.; Combe, E.C. (2004) "Evaluation of disinfected cast poured in gypsum with gum arabic and calcium hydroxide additives" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 92, Número 1. Julio 2004, pp. 27-37.

Aimjiraku, P.; Masuda, T.; Takahashi, H.; Miura, H. (2003) "Gingival sulcus simulation model for evaluating the penetration characteristics of elastomeric impression materials" en *The International Journal of Prosthodontics*. Volumen 16, Número 4. Julio-Agosto 2003, pp. 385-394.

Aminian, A.; Brunton, P.A. (2003) "A comparison of depth produced using three different tooth preparation techniques" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 89, Número 1. Enero 2003, pp. 19-22.

Berg, J.C.; Johnson, G.H.; Lepe, X.; Adan-Plaza, S. (2003) "Temperature effects on the rheological properties of current polyether and polysiloxane impression materials during setting" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 90, Número 2. Agosto 2003, pp. 150-161.

Brosky, M.E.; Major, R.J.; DeLong, R.; Hodges, J.S. (2003) "Evaluation of dental arch reproduction using three-dimensional optical digitalization" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 90, Número 5. Noviembre 2003, pp. 434-440.

Campbell, S.D.; Riley, E.J.; Sozio, R.B. (1985) "Evaluation of a new epoxy resin die material" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 54, Número 1. Julio 1985, pp. 136-140.

Candia, M.; Gonzalez, S. (2002) *Fractura de preparaciones dentarias en modelos de yeso extraduros*. Trabajo de investigación, Requisito para optar al título de Cirujano Dentista. Universidad de Valparaíso. Valparaíso – Chile.

Ceyhan, J.A.; Johnson, G.H.; Lepe, X. (2003) "The effect of tray selection, viscosity of impression material, and sequence of pour on the accuracy of dies made from dual-arch impressions" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 90, Número 2. Agosto 2003, pp. 143-149

Chan, T.K.-C.; Darvell, B.W. (2001) "Effect of storage conditions on calcium sulphate hemihydrate - containing products" en *Dental Materials*. Volumen 17, Número 2. Marzo 2001, pp. 134-141

Cho, G. (1995) "Tensile bond strength of polyvinyl siloxane impressions bonded to a custom tray as a function of drying time: Part I" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 73, Número 5. Mayo 1995, pp. 419-423

Christensen, G.J. (2000) "Building up tooth preparations for full crowns" en *Journal of the American Dental Association*. Volumen 131, Número 4. Abril 2000, pp. 505-506

Covo, R.; Fernández de Castro, C. (1998) *Fuerza de unión de las siliconas de adición con las cubetas de impresión*. Tesis de grado, especialización en Rehabilitación Oral. Facultad de Odontología, Universidad Javeriana. Bogotá – Colombia.

Craig R. G (1998) *Materiales de odontología restauradora*. Capítulo 12, Productos de yeso y revestimiento. Mosby.

Dixon, D.; Breeding, L.; Mosely, J.C. (1994) "Custom impression trays. Part II: Removal forces" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 17, Número 3. Marzo 1994, pp. 316-318.

Drago, C.J. (1996) "Clinical and laboratory parameters in fixed prosthodontic treatment" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 76, Número 3. Septiembre 1996, pp. 233-238.

Edelhoff, D.; Sorensen, J.A. (2002) "Tooth structure removal associated with various preparation designs for anterior teeth" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 87, Número 5. Mayo 2002, pp. 503-509.

Eid, N. (2004) "An implant impression technique using a plaster splinting index combined with a silicone impression" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 92, Número 6. Diciembre 2004, pp. 575-577.

Galindo, D.; Hagan, M.E. (1999) "Procedure to prevent cast breakage during separation from elastomeric impressions" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 81, Número 1. Enero 1999, pp. 37-38.

Gardner, L.K.; Rahn, A.O.; Parr, G.R.; Richardson, D.W. (1990) "Using a tooth-reduction guide for modifying natural teeth" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 63, Número 5. Junio 1990, pp. 637-639.

Guallar E.; Conde J.; de la Cal M. A.; Martín-Moreno J. M. (1996): Guía para la evaluación de proyectos de investigación en ciencias de la salud en *Medicina Clínica*. Volumen 108, Número 12. 1997, pp. 460-471.

Guevara, M.; Ochoa, G. (1998) *Resistencia a la tracción entre capas de siliconas de adición. Evaluación de cuatro marcas comerciales*. Tesis de grado, especialización en Rehabilitación Oral. Facultad de Odontología, Universidad Javeriana. Bogotá – Colombia.

Harris, P.E.; Hoyer, S.; Lindquist, T.; Stansford, C.M. (2004) "Alterations of surface hardness with gypsum die hardeners" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 92, Número 1. Julio 2004, pp. 35-92.

- Hayakawa, I.; Watanabe, I. (2003) "Impressions for complete dentures using new silicone impression materials" en *Quintessence International*. Volumen 34, Número 3. Marzo 2003, pp. 177-180.
- Hersek, N.; Canay, S.; Akça, K.; Çifçi, Y. (2002) "Tensile strength of type IV dental stones dried in a microwave oven" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 87, Número 5. Mayo 2002, pp. 499-502.
- Hesby, R.M.; Haganman, C.R.; Stansford, C.M. (1997) "Effects of radiofrequency glow discharge on impression material surface wettability" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 77, Número 4. Abril 1997, pp. 414-422.
- Heshmati, R.H.; Hagy, W.W.; Wirth, C.G.; Dhuru, V.B. (2002) "Delayed linear expansion of improved dental stone" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 88, Número 1. Julio 2002, pp. 26-31.
- Hoong, S.; Purk, J.; Tira, D.; Eick, D. (1992) "Accuracy of one-step versus two-step putty wash addition silicone impression technique" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 67, Número 5. Mayo 1992, pp. 583-589.
- Johnson, G. H.; Lepe, X.; Che, Aw T. (2003) "The effect of surface moisture on detail reproduction of elastomeric impressions" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 90, Número 4. Octubre 2003, pp. 355-364.
- Kaiser, D.A.; Jones, J.D. (1999) "Correction of tooth preparation in the laboratory and transfer to the mouth" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 81, Número 5. Mayo 1999, pp. 640-641.
- Kim, K.M.; Lee, J.S.; Kim, K.N.; Shin, S.W. (2001) "Dimensional changes of dental impression materials by thermal changes" en *Journal Of Biomedical Materials Research*. Volumen 58, Número 3. Mayo 2001, pp. 217-220.
- Kishimoto, M.; Shillingburg, H.T; Duncanson, M.G. (1983) "Influence on preparation features on retention and resistance. Part II: Three-quarters crowns" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 49, Número 2. Febrero 1983, pp. 188-192.
- Koch, M. J.; García-Godoy, F. (2000) "The clinical performance of laboratory-fabricated crowns placed on first permanent molars with developmental defects" en *Journal of the American Dental Association*. Volumen 131, Número 9. Septiembre 2000, pp. 1285-1290.
- Krejci, I.; Duc, O.; Dietschi, D.; De Campos, E. (2003) "Marginal adaptation, retention and fracture resistance of adhesive composite restorations on devital teeth with and without posts" en *Operative Dentistry*. Volumen 28, Número 2. Marzo-Abril 2003, pp. 127-135.

Lampe, I.; Hegedus, C. (1995) "Comparative evaluation of the shrinkage of addition-type silicone impression material using hand-mix and cartridge-mix technique" en *Fogorvosi szemle*. Volumen 95, Número 6. Diciembre 1995, pp. 249-252.

Lepe, X.; Johnson, G.H.; Berg, J.C.; Aw, T.C.; Scott Stroh, G. (2002) "Wettability, imbibition, and mass change of disinfected low-viscosity impression materials" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 88, Número 3. Septiembre 2002, pp. 268-276.

Lindquist, T.J.; Stanford, C.M.; Mostafavi, H.; Xie, X. (2002) "Abrasion resistance of a resin-impregnated type IV gypsum in comparison to conventional products" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 87, Número 3. Marzo 2002, pp. 319-322.

Lindquist, T.J.; Stansford, C.M.; Knox, E. (2003) "Influence of surface hardener on gypsum abrasion resistance and water sorption" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 90, Número 5. Noviembre 2003, pp. 441-446.

Lu, H.; Nguyem, B.; Powers, J.M. (2004) "Mechanical properties of 3 hydrophilic addition silicones and polyether elastomeric impression materials" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 92, Número 2. Agosto 2004, pp. 151-154.

Luthardt, R.G.; Kühmstedt, P.; Wlatter, M.H. (2003) "A new method for the computer-aided evaluation of three-dimensional changes in gypsum materials" en *Dental Materials*. Volumen 19, Número 1. Enero 2003, pp. 19-24.

Macchi R. L. (2000) *Materiales dentales*. Capítulo 19, Propiedades Mecánicas. 3º Edición. Editorial Médica Panamericana

Macchi R. L. (2000) *Materiales dentales*. Capítulo 20, Yesos y Modelos. 3º Edición. Editorial Médica Panamericana.

McArdle, B.F.; Clarizio, L.F. (2001) "An alternative method for restoring single-tooth implants" en *Journal of the American Dental Association*. Volumen 132, Número 9. Septiembre 2001, pp. 1269-1273.

Mezzomo E., (1997) *Rehabilitación Oral Para el Clínico*. Livraria Santos Editora Com. Imp. Ltda.

Mondon, M.; Ziegler, C. (2003) "Changes in water contact angles during the first phase of setting of dental impression materials" en *The International Journal of Prosthodontics*. Volumen 16, Número 1. Enero-Febrero 2003, pp. 49-53.

Moon, M.G.; Holmes, R.G. (1997) "Modifications of the impression to prevent cast breakage" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 77, Número 3. Marzo 1997, pp. 323-325.

Pegoraro L.F., (2001) *Prótesis Fija*. Editora Artes Médicas Ltda.

Peregrina, A.; Land, M.F.; Feil, P.; Price, C. (2003) "Effect of two types of latex gloves and surfactants on polymerization inhibition of three polyvinylsiloxane impression materials" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 90, Número 3. Septiembre 2003, pp. 289-292.

Phillips, R.W. (1998) *Cumplimiento de las normas de los materiales dentales*. En: *La ciencia de los materiales dentales*. Méjico. McGraw-Hill Interamericana Editores, pp. 1-26.

Phillips, R.W. (1998) *Materiales de impresión elastómeros no acuosos*. En: *La ciencia de los materiales dentales*. Méjico. McGraw-Hill Interamericana Editores, pp. 143-181.

Phillips, R.W. (1998) *Productos de yeso*. En: *La ciencia de los materiales dentales*. Méjico. McGraw-Hill Interamericana Editores, pp. 193-217.

Phillips, R.W. (1998) *Propiedades físicas de los materiales dentales*. En: *La ciencia de los materiales dentales*. Méjico. McGraw-Hill Interamericana Editores, pp. 33-48.

Phillips, R.W. (1998) *Propiedades mecánicas de los materiales dentales*. En: *La ciencia de los materiales dentales*. Méjico. McGraw-Hill Interamericana Editores, pp. 49-76.

Polit D. F. et al. (1997) *Investigación científica en ciencias de la salud*. McGraw-Hill Interamericana.

Proussaef, P.; Campagni, W.; Bernal, G.; Goodacre, C.; Kim, J. (2004) "The effectiveness of auxiliary features on a tooth preparation with inadequate resistance form" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 90, Número 3. Septiembre 2003, pp. 33-41.

Romao, W.; Miranda, W.G.; Cesar, P.F.; Braga, R.R. (2004) "Correlation between microleakage and cement thickness in three class II inlay ceramic systems" en *Operative Dentistry*. Volumen 29, Número 2. Marzo-Abril 2004, pp. 212-218.

Rudd, K.D.; Morrow, R.W.; Bange, A.A. (1969) "Accurate casts" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 21, Número 5. Mayo 1969, pp. 545-554.

Santos Coelho, M.J.M.; Mondelli R.F.L.; Lauris, J.R.P.; Navarro, M.F.L. (2004) "Clinical evaluation of ceramic inlays and onlays fabricated with two systems: two year clinical follow up" en *Operative Dentistry*. Volumen 29, Número 2. Marzo-Abril 2004, pp. 123-130.

Schwedhelm, E.R.; Lepe, X. (1997) "Fracture strength of type IV and V die stones as function of time" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 76, Número 6. Diciembre 1997, pp. 554-559.

Steenbecker O. (2004): *Apuntes de Operatoria*. Capítulos 3 y 4. Cátedra de Biomateriales. Universidad de Valparaíso. Valparaíso – Chile.

Takahashi, H.; Finger, W. (1994) "Effects of the setting stage on the accuracy of double-mix impressions made with addition-curing silicone" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 72, Número 1. Julio 1994, pp. 78-84.

Teraoka, F.; Takahashi, J. (2000) "Dimensional changes and pressure of dental stones set in silicone rubber impressions" en *Dental Materials*. Volumen 16, Número 2. Marzo 2000, pp. 145-149.

Thouati, A.; Deveaux, E.; Iost, A.; Behin, P. (1996) "Dimensional stability of seven elastomeric impression materials immersed in disinfectants" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 76, Número 1. Julio 1996, pp. 9-14.

Tjan, A. (1988) "Effect of contaminants on the adhesion of light-bodied silicones to putty silicones in putty-wash impression technique" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 59, Número 5. Mayo 1988, pp. 562-567.

Universidad de Valparaíso, Cátedra de Prótesis Fija, (2005) *Guía Teórica y Práctica – Preclínico de Prótesis Fija 2005*. Cátedra de Prótesis Fija. Universidad de Valparaíso. Valparaíso – Chile.

Wessell, W. (1992) "The accuracy of polyvinyl siloxane impressions made with standard and reinforced stock trays" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 65, Número 6. Junio 1991, pp. 748-752.

Williams, R.J.; Bibb, R.; Rafik, T. (2004) "A technique for fabricating patterns for removable partial denture frameworks using digitized casts and electronic surveying" en *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volumen 91, Número 1. Enero 2004, pp. 85-88.

Yap, A.U.J.; Chung, S.M.; Chow, W.S.; Tsai, K.T.; Lim, C.T. (2004) "Fracture resistance of compomer and composite restoratives" en *Operative Dentistry*. Volumen 29, Número 1. Enero-Febrero 2004, pp. 29-34.

**XI. ANEXOS*****Carta de Petición para apoyo con materiales para la Casa Dental Pareja Lecaros***

**Universidad de Valparaíso**  
**Escuela de Odontología**  
Cátedra de Prótesis Fija  
**VALPARAISO**

**Valparaíso Abril 2005**

**Sr. Andrés Lueiza Soto**  
Representante Comercial  
**Pareja Lecaros Chile.**

Me dirijo a Ud. con el propósito de solicitar su cooperación para realizar el estudio “Resistencias a la fractura de preparaciones dentarias en modelos de yeso extraduro” correspondiente a un seminario de tesis para optar al título de Cirujano Dentista realizado por los alumnos Alejandro Espinoza y Cristián Pinochet de Sexto Año.

Para dicho estudio se requieren 2 kg de cada tipo de yeso extraduro y 2 set de silicona por adición de la misma marca, en consistencias de masilla y liviana.

Como anexo, se incluye un resumen del estudio que permite visualizar la aplicación en la práctica.

Agradeciendo de antemano vuestra valiosa cooperación, le saluda Atte. a Ud.

**Dr. Francisco Bravo G.**  
Profesor Auxiliar de la cátedra de Prótesis Fija  
**Universidad de Valparaíso**

**Carta de Petición para apoyo con materiales para la Casa Dental Dental Guzman**

**Universidad de Valparaíso  
Escuela de Odontología  
Cátedra de Prótesis Fija  
VALPARAISO**

**Valparaíso Abril 2005**

**Sr. Eduardo Guzmán Carreño  
Dental Guzmán LTDA.**

Me dirijo a Ud. con el propósito de solicitar su cooperación para realizar el estudio “Resistencias a la fractura de preparaciones dentarias en modelos de yeso extraduro” correspondiente a un seminario de tesis para optar al título de Cirujano Dentista realizado por los alumnos Alejandro Espinoza y Cristián Pinochet de Sexto Año.

Para dicho estudio se requieren 2 kg de cada tipo de yeso extraduro y 2 set de silicona por adición de la misma marca, en consistencias de masilla y liviana.

Como anexo, se incluye un resumen del estudio que permite visualizar la aplicación en la práctica.

Agradeciendo de antemano vuestra valiosa cooperación, le saluda Atte. a Ud.

**Dr. Francisco Bravo G.**  
Profesor Auxiliar de la cátedra de Prótesis Fija  
**Universidad de Valparaíso**

*Carta de Petición para uso de la maquina INSTRON, UTFSM*

---

**Universidad de Valparaíso**  
**Escuela de Odontología**  
Cátedra de Prótesis Fija  
**VALPARAÍSO**

**Valparaíso, Julio 2005**

**Sr. Fernando Rojas**  
Encargado de Laboratorio  
**Universidad Técnica Federico Santa María**

Me Dirijo a Ud. con el propósito de solicitar su cooperación para realizar el estudio “*Resistencia a la Fractura de Preparaciones Dentarias en Modelos de Yeso Extraduro*” correspondiente a un seminario de tesis para optar al título de Cirujano Dentista realizado por los alumnos Alejandro Espinoza y Cristián Pinochet de Sexto Año.

Para dicho estudio se requiere utilizar la maquina de pruebas mecánicas INSTRON de su laboratorio, para someter los cuerpos de prueba del estudio a fractura.

Como anexo, se incluye un resumen del estudio en si, que permite visualizar la aplicación en la práctica.

Agradeciendo de antemano vuestra valiosa cooperación, le saluda Atte. a Ud.

**Dr. Francisco Bravo G.**  
Profesor Auxiliar de la Cátedra de Prótesis Fija  
**Universidad de Valparaíso**

## *Desarrollo del Análisis Estadístico*

---

El análisis de varianza (ANOVA) es un procedimiento estadístico que requiere de una variable dependiente en escala de intervalos y una variable o variables independientes en escala nominal. Este modelo de efectos fijos hace inferencia entre los tratamientos administrados, y no acerca de ningún otro tratamiento que podría haber sido incluido. En otras palabras, no se hace interpolación entre tratamientos. Al aplicar este modelo de efectos fijos se hace los siguientes supuestos acerca de los datos.

1. Para cada población del tratamiento  $j$ , los errores experimentales son independientes y generalmente se distribuyen alrededor de una media de cero con una varianza idéntica.
2. La suma de todos los efectos del tratamiento es cero.
3. En los cálculos cada grupo de tratamiento tiene el mismo número de observaciones.

La hipótesis nula es que los efectos del tratamiento, efectos que podrían aplicarse, son iguales a cero. Si los tratamientos no hubiesen tenido ningún efecto, esperaríamos que los puntajes en la variable dependiente sean los mismos en cada grupo. De esta forma, los valores de las medias serían los mismos en cada grupo. Por lo tanto la hipótesis nula es equivalente a afirmar medias iguales. El ANOVA es el procedimiento de prueba de hipótesis que se utiliza en experimentación. En esencia, se trata de un procedimiento para someter a prueba simultáneamente la igualdad de dos o más medias.

Lo que se realiza es dividir la suma total de los cuadrados en dos componentes. Estos componentes son la suma de los cuadrados dentro de los grupos y la suma de los cuadrados entre los grupos. Estas son medidas de variación. Si los tratamientos no hubiesen tenido ningún efecto, los puntajes en todos los grupos de tratamiento serían similares. Si esto fuera así, la varianza de la muestra calculada que emplea todos los puntajes de las unidades de prueba, sin tomar en consideración los grupos de tratamiento, sería igual a la varianza calculada dentro de los grupos de tratamiento. Es decir, la varianza entre los grupos sería igual a la varianza dentro de los grupos. Sin embargo, si los tratamientos hubiesen tenido un efecto, los puntajes dentro de los grupos serían más similares que los puntajes seleccionados de la muestra total al azar. De esta forma, la varianza tomada dentro de los grupos sería menor que la varianza entre los grupo. Por tanto, podríamos comparar la varianza entre los grupos con la varianza dentro de los grupos como una forma de medir la presencia de un efecto. Esto es exactamente lo que se hace.

Para determinar la significancia de un efecto se utiliza la proporción CMTR con respecto a CMT, para la cual se requiere conocer su distribución muestral bajo la hipótesis nula de que no existe ningún efecto. Esta proporción se distribuye como el estadístico  $F$  con  $t-1$  gl para el numerador y  $tn-t$  gl para el denominador. Si los tratamientos no han tenido ningún efecto, los puntajes en todos los tratamientos serían similares, y por tanto los cuadrados de las medias del tratamiento y del error serían casi idénticos. Entonces la  $F$  calculada sería igual a 1, o aproximada. Cuanto mayor sea el efecto del tratamiento mayor sería la proporción. Por consiguiente, el valor de  $F$  calculado sería mayor. La  $F$  calculada se compara con un valor de  $F$  tabulado para un determinado Alfa. Si la  $F$  calculada excede la  $F$  de la tabla se rechaza la hipótesis nula.

### ANOVA de Diseño Aleatorio – Yeso Elite Rock®

	<i>Elite Rock</i>	
	<i>Ambiente</i>	<i>Microondas</i>
Unidades de prueba (j)	14,00	12,75
	15,75	13,35
	20,75	14,05
	23,25	14,70
	24,00	14,80
	28,20	17,85
Totales del tratamiento	125,95	87,50
Medias del tratamiento	20,99	14,58

Total general	213,45
Media principal	17,79

Suma total de los cuadrados (SCT)	281,63
Suma de los cuadrados del tratamiento (SCTR)	123,20
Suma de los cuadrados del error (SCE)	158,43

Fuente de variación	Suma de los cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrados de la media (CM)	Proporción F
Tratamientos	123,20	1	123,20	7,78
Error	158,43	10	15,84	
Total	281,63	11	139,04	

Valor tabulado de F crítico	
1-alfa	
0,900	3,29
0,950	4,96
0,975	6,94
0,990	10,00
0,995	12,80

El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 10% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento  
 El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 5% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento  
 El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 2,5% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento  
 Resultado no significativo para un 1%  
 Resultado no significativo para un 0,5%

- La prueba  $F$  demuestra que ha habido un efecto significativo del tratamiento.
- Para significativos, la selección de tipo de ambiente si genera una diferencia de la fuerza máxima. Por lo que es posible examinar los datos para ver cual ambiente es mejor.

### ANOVA de Diseño Aleatorio – Yeso ResinRock®

	<i>ResinRock</i>	
	<i>Ambiente</i>	<i>Microondas</i>
Unidades de prueba (j)	13,20	8,00
	13,30	8,05
	16,70	10,00
	18,50	14,45
	20,85	22,10
	20,95	20,40
Totales del tratamiento	103,50	83,00
Medias del tratamiento	17,25	13,83

Total general	186,50
Media principal	15,54

Suma total de los cuadrados (SCT)	289,55
Suma de los cuadrados del tratamiento (SCTR)	35,02
Suma de los cuadrados del error (SCE)	254,53

Fuente de variación	Suma de los cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrados de la media (CM)	Proporción F
Tratamientos	35,02	1	35,02	1,38
Error	254,53	10	25,45	
Total	289,55	11	60,47	

Valor tabulado de F crítico		
1-alfa		
0,900	3,29	Resultado no significativo para un 10%
0,950	4,96	Resultado no significativo para un 5%
0,975	6,94	Resultado no significativo para un 2,5%
0,990	10,00	Resultado no significativo para un 1%
0,995	12,80	Resultado no significativo para un 0,5%

- La prueba  $F$  demuestra que no ha habido un efecto significativo del tratamiento.
- Para significativos, la selección de tipo de ambiente si genera una diferencia de la fuerza máxima. Por lo que es posible examinar los datos para ver cual ambiente es mejor.

### ANOVA de Diseño Aleatorio – Yeso SilkyRock®

	<i>SilkyRock</i>	
	<i>Ambiente</i>	<i>Microondas</i>
Unidades de prueba (j)	11,35	7,15
	11,75	14,00
	14,70	15,50
	17,90	15,70
	17,95	16,40
	19,30	24,10
Totales del tratamiento	92,95	92,85
Medias del tratamiento	15,49	15,48

Total general	185,80
Media principal	15,48

Suma total de los cuadrados (SCT)	204,91
Suma de los cuadrados del tratamiento (SCTR)	0,00
Suma de los cuadrados del error (SCE)	204,91

Fuente de variación	Suma de los cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrados de la media (CM)	Proporción F
Tratamientos	0,00	1	0,00	0,00
Error	204,91	10	20,49	
Total	204,91	11	20,49	

Valor tabulado de F crítico	
1-alfa	
0,900	3,29
0,950	4,96
0,975	6,94
0,990	10,00
0,995	12,80

Resultado no significativo para un 10%  
Resultado no significativo para un 5%  
Resultado no significativo para un 2,5%  
Resultado no significativo para un 1%  
Resultado no significativo para un 0,5%

- La prueba  $F$  demuestra que no ha habido un efecto significativo del tratamiento.
- Para significativos, la selección de tipo de ambiente si genera una diferencia de la fuerza máxima. Por lo que es posible examinar los datos para ver cual ambiente es mejor.

### ANOVA de Diseño Aleatorio – Yeso Tewaterock®

	<i>Tewaterock</i>	
	<i>Ambiente</i>	<i>Microondas</i>
Unidades de prueba (j)	11,75	14,35
	13,25	17,65
	13,30	18,00
	15,05	18,25
	20,45	20,45
	21,50	20,75
Totales del tratamiento	95,30	109,45
Medias del tratamiento	15,88	18,24

Total general	204,75
Media principal	17,06

Suma total de los cuadrados (SCT)	127,20
Suma de los cuadrados del tratamiento (SCTR)	16,69
Suma de los cuadrados del error (SCE)	110,51

Fuente de variación	Suma de los cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrados de la media (CM)	Proporción F
Tratamientos	16,69	1	16,69	1,51
Error	110,51	10	11,05	
Total	127,20	11	27,74	

Valor tabulado de F crítico	
1-alfa	
0,900	3,29
0,950	4,96
0,975	6,94
0,990	10,00
0,995	12,80

Resultado no significativo para un 10%  
Resultado no significativo para un 5%  
Resultado no significativo para un 2,5%  
Resultado no significativo para un 1%  
Resultado no significativo para un 0,5%

- La prueba  $F$  demuestra que no ha habido un efecto significativo del tratamiento.
- Para significativos, la selección de tipo de ambiente si genera una diferencia de la fuerza máxima. Por lo que es posible examinar los datos para ver cual ambiente es mejor.

### ANOVA de Diseño Aleatorio – Yeso Vel-Mix® Classic

	<i>Vel-Mix Classic</i>	
	<i>Ambiente</i>	<i>Microondas</i>
Unidades de prueba (j)	18,50	13,60
	18,55	17,55
	21,60	18,35
	22,65	19,55
	32,10	20,90
	33,40	26,30
Totales del tratamiento	146,80	116,25
Medias del tratamiento	24,47	19,38

Total general	263,05
Media principal	21,92

Suma total de los cuadrados (SCT)	386,02
Suma de los cuadrados del tratamiento (SCTR)	77,78
Suma de los cuadrados del error (SCE)	308,24

Fuente de variación	Suma de los cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrados de la media (CM)	Proporción F
Tratamientos	77,78	1	77,78	2,52
Error	308,24	10	30,82	
Total	386,02	11	108,60	

Valor tabulado de F crítico	
1-alfa	
0,900	3,29
0,950	4,96
0,975	6,94
0,990	10,00
0,995	12,80

Resultado no significativo para un 10%  
Resultado no significativo para un 5%  
Resultado no significativo para un 2,5%  
Resultado no significativo para un 1%  
Resultado no significativo para un 0,5%

- La prueba  $F$  demuestra que no ha habido un efecto significativo del tratamiento.
- Para significativos, la selección de tipo de ambiente si genera una diferencia de la fuerza máxima. Por lo que es posible examinar los datos para ver cual ambiente es mejor.

### ANOVA de Diseño Aleatorio – Total

	<b>Total</b>	
	<b>Ambiente</b>	<b>Microondas</b>
	14,00	12,75
	15,75	13,35
	20,75	14,05
	23,25	14,70
	24,00	14,80
	28,20	17,85
	13,20	8,00
	13,30	8,05
	16,70	10,00
	18,50	14,45
	20,85	22,10
	20,95	20,40
	11,35	7,15
	11,75	14,00
	14,70	15,50
	17,90	15,70
	17,95	16,40
	19,30	24,10
	11,75	14,35
	13,25	17,65
	13,30	18,00
	15,05	18,25
	20,45	20,45
	21,50	20,75
	18,50	13,60
	18,55	17,55
	21,60	18,35
	22,65	19,55
	32,10	20,90
	33,40	26,30
Totales del tratamiento	564,50	489,05
Medias del tratamiento	18,82	16,30

Total general	1053,55
Media principal	17,56

Suma total de los cuadrados (SCT)	1621,72
Suma de los cuadrados del tratamiento (SCTR)	94,88
Suma de los cuadrados del error (SCE)	1526,84

### ANOVA de Diseño Aleatorio – Total (continuación)

Fuente de variación	Suma de los cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrados de la media (CM)	Proporción F
Tratamientos	94,88	1	94,88	3,60
Error	1526,84	58	26,32	
Total	1621,72	59	121,20	

Valor tabulado de F crítico		
1-alfa		
0,900	2,79	Resultado no significativo para un 10%
0,950	4,00	Resultado no significativo para un 5%
0,975	5,29	Resultado no significativo para un 2,5%
0,990	7,08	Resultado no significativo para un 1%
0,995	8,49	Resultado no significativo para un 0,5%

- La prueba  $F$  demuestra que no ha habido un efecto significativo del tratamiento.
- Para significativos, la selección de tipo de ambiente si genera una diferencia de la fuerza máxima. Por lo que es posible examinar los datos para ver cual ambiente es mejor.

## ANOVA Tipo de Yeso

	Yeso				
	Elite Rock	ResinRock	SilkyRock	Tewerock	Vel-Mix Classic
Unidades de prueba (j)	14,00	13,20	11,35	11,75	18,50
	15,75	13,30	11,75	13,25	18,55
	20,75	16,70	14,70	13,30	21,60
	23,25	18,50	17,90	15,05	22,65
	24,00	20,85	17,95	20,45	32,10
	28,20	20,95	19,30	21,50	33,40
	12,75	8,00	7,15	14,35	13,60
	13,35	8,05	14,00	17,65	17,55
	14,05	10,00	15,50	18,00	18,35
	14,70	14,45	15,70	18,25	19,55
	14,80	22,10	16,40	20,45	20,90
	17,85	20,40	24,10	20,75	26,30
	Totales del tratamiento	213,45	186,50	185,80	204,75
Medias del tratamiento	17,79	15,54	15,48	17,06	21,92

Total general	1053,55
Media principal	17,56

Suma total de los cuadrados (SCT)	1621,72
Suma de los cuadrados del tratamiento (SCTR)	332,43
Suma de los cuadrados del error (SCE)	1289,29

Fuente de variación	Suma de los cuadrados	Grados de libertad (gl)	Cuadrados de la media	Proporción F
Tratamientos	332,43	4	83,11	3,55
Error	1289,29	55	23,44	
Total	1621,72	59	106,55	

Valor tabulado de F crítico		
1-alfa		
0,900	2,04	El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 10% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento
0,950	2,53	El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 5% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento
0,975	3,01	El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 2,5% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento
0,990	3,65	Resultado no significativo para un 1%
0,995	4,14	Resultado no significativo para un 0,5%

- La prueba  $F$  demuestra que ha habido un efecto significativo del tratamiento
- Para significativos, la selección de tipo de ambiente si genera una diferencia de la fuerza máxima. Por lo que es posible examinar los datos para ver cual tipo de yeso es mejor.
- Regresando a los datos se puede concluir que tipo de yeso Vel-Mix® Classic produce los mejores resultados.

## ANOVA Tipo de Yeso – Ambiente

	Yeso - Ambiente				
	Elite Rock	ResinRock	SilkyRock	Tewerock	Vel-Mix Classic
Unidades de prueba (j)	14,00	13,20	11,35	11,75	18,50
	15,75	13,30	11,75	13,25	18,55
	20,75	16,70	14,70	13,30	21,60
	23,25	18,50	17,90	15,05	22,65
	24,00	20,85	17,95	20,45	32,10
	28,20	20,95	19,30	21,50	33,40
Totales del tratamiento	125,95	103,50	92,95	95,30	146,80
Medias del tratamiento	20,99	17,25	15,49	15,88	24,47

Total general	564,50
Media principal	18,82

Suma total de los cuadrados (SCT)	917,77
Suma de los cuadrados del tratamiento (SCTR)	705,21
Suma de los cuadrados del error (SCE)	565,16

Fuente de variación	Suma de los cuadrados	Grados de libertad (gl)	Cuadrados de la media	Proporción F
Tratamientos	332,43	4	83,11	3,55
Error	1289,29	55	23,44	
Total	1621,72	59	106,55	

Valor tabulado de F crítico	
1-alfa	
0,900	2,04
0,950	2,53
0,975	3,01
0,990	3,65
0,995	4,14

El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 10% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento  
 El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 5% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento  
 El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 2,5% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento  
 Resultado no significativo para un 1%  
 Resultado no significativo para un 0,5%

- La prueba  $F$  demuestra que ha habido un efecto significativo del tratamiento
- Para significativos, la selección de tipo de ambiente si genera una diferencia de la fuerza máxima. Por lo que es posible examinar los datos para ver cual tipo de yeso es mejor.
- Regresando a los datos se puede concluir que para secado al ambiente el tipo de yeso Vel-Mix® Classic produce los mejores resultados

## ANOVA Tipo de Yeso – Microondas

	Yeso - Microondas				
	Elite Rock	ResinRock	SilkyRock	Tewerock	Vel-Mix Classic
Unidades de prueba (j)	12,75	8,00	7,15	14,35	13,60
	13,35	8,05	14,00	17,65	17,55
	14,05	10,00	15,50	18,00	18,35
	14,70	14,45	15,70	18,25	19,55
	14,80	22,10	16,40	20,45	20,90
	17,85	20,40	24,10	20,75	26,30
Totales del tratamiento	87,50	83,00	92,85	109,45	116,25
Medias del tratamiento	14,58	13,83	15,48	18,24	19,38

Total general	489,05
Media principal	16,30

Suma total de los cuadrados (SCT)	609,08
Suma de los cuadrados del tratamiento (SCTR)	275,25
Suma de los cuadrados del error (SCE)	471,45

Fuente de variación	Suma de los cuadrados	Grados de libertad (gl)	Cuadrados de la media	Proporción F
Tratamientos	275,25	4	68,81	3,65
Error	471,45	25	18,86	
Total	746,70	29	87,67	

Valor tabulado de F crítico		
1-alfa		
0,900	2,14	El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 10% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento
0,950	2,69	El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 5% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento
0,975	3,25	El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 2,5% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento
0,990	4,02	Resultado no significativo para un 1%
0,995	4,62	Resultado no significativo para un 0,5%

- La prueba  $F$  demuestra que ha habido un efecto significativo del tratamiento
- Para significativos, la selección de tipo de ambiente si genera una diferencia de la fuerza máxima. Por lo que es posible examinar los datos para ver cual tipo de yeso es mejor.
- Regresando a los datos se puede concluir que para secado al microondas el tipo de yeso Vel-Mix® Classic produce los mejores resultados

## ANOVA Análisis de Factores

El diseño factorial mide los efectos de dos o más variables independientes y sus interacciones. Permite conocer cual es la combinación de variables independientes que produce los mejores resultados.

	<b>Total</b>		Total tipo de yeso	Media de los tipos de secado
	<b>Ambiente</b>	<b>Microondas</b>		
Elite Rock	14,00	12,75	213,45	17,79
	15,75	13,35		
	20,75	14,05		
	23,25	14,70		
	24,00	14,80		
	28,20	17,85		
ResinRock	13,20	8,00	186,50	15,54
	13,30	8,05		
	16,70	10,00		
	18,50	14,45		
	20,85	22,10		
	20,95	20,40		
SilkyRock	11,35	7,15	185,80	15,48
	11,75	14,00		
	14,70	15,50		
	17,90	15,70		
	17,95	16,40		
	19,30	24,10		
Tewerock	11,75	14,35	204,75	17,06
	13,25	17,65		
	13,30	18,00		
	15,05	18,25		
	20,45	20,45		
	21,50	20,75		
Vel-Mix Classic	18,50	13,60	263,05	21,92
	18,55	17,55		
	21,60	18,35		
	22,65	19,55		
	32,10	20,90		
	33,40	26,30		
<b>Total tipo de secado</b>	<b>564,50</b>	<b>489,05</b>	<b>1053,55</b>	
<b>Media de los tipo de secado</b>	<b>18,82</b>	<b>16,30</b>		<b>17,56</b>

Celda del tratamiento	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2	A3B1	A3B2	A4B1	A4B2	A5B1	A5B2
Total de la celda	125,95	87,50	103,50	83,00	92,95	92,85	95,30	109,45	146,80	116,25
Media de la celda	20,99	14,58	17,25	13,83	15,49	15,48	15,88	18,24	24,47	19,38

Suma total de los cuadrados	1621,72
Suma de los cuadrados de tipo de yeso	332,43
Suma de los cuadrados de tipo de secado	94,88
Suma de los cuadrados de la interacción	157,80
Suma de los cuadrados del error	1036,61

### ANOVA Análisis de Factores (continuación)

Fuente de variación	Suma de los cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrado de la media (CM)	Proporción F
Tratamiento tipo de yeso	332,43	4	83,11	4,009
Tratamiento tipo de secado	94,88	1	94,88	4,576
Interacción Tipo de yeso-Tipo de secado	157,80	4	39,45	1,903
Error	1036,61	50	20,73	
Total	1621,72	59		

Valor tabulado de F crítico		
1-alfa	4 y 50 gl	
0,900	2,04	El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 10% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento
0,950	2,53	El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 5% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento
0,975	3,01	El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 2,5% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento
0,990	3,65	El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 1% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento
0,995	4,14	Resultado no significativo para un 0,5%
1-alfa	1 y 50 gl	
0,900	2,79	El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 10% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento
0,950	4,00	El valor de F pudo haber ocurrido en menos del 5% de los casos y se rechaza la hipótesis nula de efecto sin tratamiento
0,975	5,29	Resultado no significativo para un 2,5%
0,990	7,08	Resultado no significativo para un 1%
0,995	8,49	Resultado no significativo para un 0,5%
1-alfa	4 y 50 gl	
0,900	2,04	Resultado no significativo para un 10%
0,950	2,53	Resultado no significativo para un 5%
0,975	3,01	Resultado no significativo para un 2,5%
0,990	3,65	Resultado no significativo para un 1%
0,995	4,14	Resultado no significativo para un 0,5%

- Para un  $\alpha$  de 5% se observa que el efecto del tipo de yeso es significativo.
- Para un  $\alpha$  de 5% se observa que el efecto del tipo de secado es significativo.
- La interacción entre tipo de yeso y tipo de secado no es significativa.
- Regresando a los datos se puede concluir que tipo de yeso Vel-Mix® Classic y secado al ambiente produce los mejores resultados.

### Análisis de $\chi^2$ para el Nivel de Fractura

	Cuello	Paladar	Total
Secados al ambiente	26	4	30
Secados al microondas	27	3	30
Total	53	7	60

Número de celda	Oij	Eij	Oij-Eij	(Oij-Eij) <sup>2</sup>	(Oij-Eij) <sup>2</sup> /Eij
1,1	26	26,5	-0,5	0,25	0,009434
1,2	4	3,5	0,5	0,25	0,071429
2,1	27	26,5	0,5	0,25	0,009434
2,2	3	3,5	-0,5	0,25	0,071429
Total	60	60			0,161725

<b><math>\chi^2</math></b>	0,161725
----------------------------	----------

<b>Grados de libertad (R-1)(C-1)</b>	1
--------------------------------------	---

Valor tabulado para 1 gl	
Alfa	valor crítico
0,005	7,88
0,010	6,63
0,025	5,02
0,050	3,84
0,100	2,71
0,250	1,32
0,500	0,455
0,750	0,102

- Para un  $\alpha$  de 0,05, como el  $\chi^2$  calculado es menor que el valor crítico, se acepta la hipótesis nula de que el lugar de fractura y el tipo de secado son independientes.

## Estadística Descriptiva – Fuerza Máxima

		Estadística descriptiva: Fuerza Máxima									
		Elite Rock		ResinRock		SilkyRock		Tewerock		Vel-Mix Classic	
		Ambiente	Microondas	Ambiente	Microondas	Ambiente	Microondas	Ambiente	Microondas	Ambiente	Microondas
Media		20,99	14,58	17,25	13,83	15,49	15,48	15,88	18,24	24,47	19,38
Error típico		2,18	0,73	1,42	2,54	1,39	2,21	1,67	0,94	2,71	1,71
Mediana		22,00	14,38	17,60	12,23	16,30	15,60	14,18	18,13	22,13	18,95
Desviación estándar		5,34	1,78	3,48	6,23	3,41	5,42	4,09	2,31	6,64	4,20
Varianza de la muestra		28,51	3,18	12,10	38,80	11,63	29,36	16,76	5,34	44,04	17,61
Curtosis		-1,12	2,58	-2,09	-2,06	-2,26	2,15	-1,73	0,93	-1,80	1,49
Coefficiente de asimetría		-0,14	1,41	-0,21	0,50	-0,30	0,12	0,72	-0,79	0,73	0,55
Rango		14,20	5,10	7,75	14,10	7,95	16,95	9,75	6,40	14,90	12,70
Mínimo		14,00	12,75	13,20	8,00	11,35	7,15	11,75	14,35	18,50	13,60
Máximo		28,20	17,85	20,95	22,10	19,30	24,10	21,50	20,75	33,40	26,30
Suma		125,95	87,50	103,50	83,00	92,95	92,85	95,30	109,45	146,80	116,25
Cuenta		6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Nivel de confianza (95,0%)		5,60	1,87	3,85	6,54	3,58	5,69	4,30	2,43	6,96	4,40
Intervalo de confianza al 95%	Límite inf	15,39	12,71	13,60	7,30	11,91	9,79	11,59	15,82	17,50	14,97
	Límite sup	26,59	16,45	20,90	20,37	19,07	21,16	20,18	20,67	31,43	23,78

### **Gráficos de Trabajo – Resistencia a la Fractura**

En la siguiente sección de Anexos se incluyen los gráficos para los valores mínimos y máximos obtenidos al someter a carga los cuerpos de prueba en la maquina INSTRON. Los cuerpos de prueba “A” corresponden al grupo secado al ambiente. Los cuerpos de prueba “B” corresponden a los secados en horno microondas.

**I. INTRODUCCIÓN** \_\_\_\_\_ **1****II. ASPECTOS TEÓRICOS** \_\_\_\_\_ **3**

<b>1. Propiedades Mecánicas</b>	<b>3</b>
1.1. Fuerzas	3
1.2. Tensión y Resistencia	4
1.3. Deformaciones	4
1.4. Proporcionalidad y Elasticidad	5
1.5. Ley de Hooke y Módulo de Young	5
1.6. Límite de Fractura y Yesos Dentales	6
<b>2. Materiales de Impresión</b>	<b>8</b>
2.1. Siliconas	9
2.1.1. Siliconas por condensación	9
2.1.2. Siliconas por Adición	10
2.2. Propiedades Mecánicas	11
2.2.1. Unión a la cubeta	11
2.2.2. Inhibición de Polimerización	12
2.2.3. Recomendaciones	13
2.3. Técnicas de Impresión	13
2.3.1. Técnica con Cubetilla Acrílica	13
2.3.2. Técnica Silicona / Silicona Simultánea	14
2.3.3. Técnica Silicona / Silicona Diferida	14
2.4. Tipos de Materiales de Impresión, Técnicas y Discusión	15
<b>3. Yesos Dentales para Vaciado</b>	<b>17</b>
3.1. Cantidad de Agua de la Mezcla	18
3.2. Fraguado	18
3.2.1. Control del tiempo de fraguado	19
3.3. Resistencia y sus Factores	21
3.4. Especificación No.25 – Productos de Yeso Dental	23
3.4.1. Clasificación de los yesos	23
3.4.2. Rotulado	24
3.5. Proyecciones de la Resina Epóxica	24

### **III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS** 26

1. Hipótesis 26
2. Objetivos 26
  - 2.1. Objetivo General 26
  - 2.2. Objetivos Específicos 26

### **IV. MATERIALES Y MÉTODOS** 27

1. Variables 28
2. Materiales y Métodos – Ejecución 29
  - 2.1. Preparación Dentaria 29
    - 2.1.1. Surcos Guías de Desgaste 30
    - 2.1.2. Desgaste Incisal 31
    - 2.1.3. Desgaste de la Pared Vestibular 31
    - 2.1.4. Desgastes de las Paredes Proximales 32
    - 2.1.5. Desgaste de la Pared Cingular 32
    - 2.1.6. Desgaste de la Pared Palatina 33
    - 2.1.7. Terminación de Aristas 33
  - 2.2. Trabajo de Laboratorio 34
  - 2.3. Presentación y Pesaje de Yesos 37
  - 2.4. Impresiones 40
  - 2.5. Procedimiento de Vaciado y Secado 42
  - 2.6. Prueba de Fractura 45

### **V. RESULTADOS** 47

1. Yeso Vel-Mix® Classic: 48
2. Yeso SilkyRock® 49
3. Yeso Tewaterock® 49
3. Yeso Tewaterock® 50
4. Yeso Elite Rock® 51
5. Yeso ResinRock® 52
6. Análisis Estadístico 53

### **VI. DISCUSIÓN** 55

<b>VII. CONCLUSIONES</b>	<b>57</b>
<b>VIII. SUGERENCIAS</b>	<b>58</b>
<b>IX. RESUMEN</b>	<b>59</b>
<b>X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>60</b>
<b>XI. ANEXOS</b>	<b>66</b>