



**Universidad de Valparaíso
Facultad de Odontología
Escuela de Odontología
Cátedra de Biomateriales**



Estudio in vitro del desgaste de una resina acrílica utilizada para la confección de planos de relajación sometida a fuerzas de bruxismo.

Trabajo de Investigación
Requisito para optar al Título
De Cirujano-Dentista

Alumnos:

Pablo Lazcano Álvarez
Marcela Rojas Gómez

Docente guía:

Dra. Carmen Gloria Muñoz B.

Docente colaborador:

Dr. Daniel Lira A.

**Valparaíso-Chile
2004**

*“A Dios y a nuestras familias
por ser ellos el apoyo y la fuerza
que nos ayuda a seguir adelante”*

Marcela y Pablo

Agradecimientos.

Queremos agradecer sinceramente:

A nuestros docentes guías Dra. Carmen Gloria Muñoz B. y Dr. Daniel Lira A. por todo el apoyo entregado para la realización de nuestro Seminario de Tesis.

Al Sr. Gerardo Álvarez por la valiosa cooperación en el desarrollo de la máquina de ensayos y su apoyo durante el desarrollo de este Seminario de Tesis.

Al Sr. Raúl Rojas por su valiosa ayuda en la confección de los lingotes de plomo y su cooperación en la impresión de esta tesis.

Al Sr. Iván Bermúdez por su ingenio y trabajo en el diseño y confección de la máquina experimental.

Al Señor Juan Basualto y Víctor Carrión, del Departamento de Ciencias de los Materiales de la UTFSM, por su excelente disposición.

Al Señor Julio Allende, del Laboratorio de Tecnología Mecánica de la UTFSM, por su valiosa cooperación en el proceso de medición.

Al Sr. Lucas Álvarez por su colaboración en la obtención de las fotografías y soporte computacional.

Al Sr. Marcos Chávez, bibliotecólogo de nuestra Facultad, por los contactos realizados para la obtención de bibliografía.

Al Laboratorio Dental Beltrán por su colaboración en la confección de los cuerpos de prueba.

A la Sra. Silvana Vargas, Ingeniera Estadística, por el análisis estadístico.

Y especialmente a nuestras familias por apoyarnos y darnos calma en los momentos más difíciles.

Indice

INTRODUCCION	1
I. MARCO TEORICO	2
Generalidades de Bruxismo.....	3
Tratamiento del Bruxismo.....	7
Propiedades Físicas de los Materiales.....	9
Resina Acrílica de Termocurado.....	13
II. OBJETIVOS	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
IV. RESULTADOS	36
V. DISCUSIÓN	46
VI. CONCLUSIONES	49
VII. SUGERENCIAS	51
VIII. RESUMEN	53
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	55
X. ANEXOS	60
Anexo 1 Especificaciones Técnicas Máquina de Ensayo.....	61
Anexo 2 Calibración Máquina de Ensayo.....	64
Anexo 3 Estudio Piloto.....	66
Anexo 4 Tablas	69
Anexo 5 Fotografías.....	72

Introducción

En la actualidad, el bruxismo constituye una parafunción de gran prevalencia en la población, por lo cual los investigadores han buscado conocer y comprender cada vez más los fenómenos relativos a su etiología y diagnóstico. Sin duda esto ha ayudado a enfocar de una mejor forma las estrategias de tratamiento, buscando siempre como objetivo final la salud de nuestros pacientes.

Dentro de las terapias que se utilizan hoy en día para el tratamiento del bruxismo está la indicación de uso de planos de relajación, los que se han ido confeccionando con diversos materiales a través del tiempo, siendo uno de ellos la resina acrílica de termocurado.

La resina acrílica es un material clásico, de uso odontológico masivo, siendo ampliamente estudiada y conocida en cuanto a sus propiedades físicas. Sin embargo, muchos de estos estudios han sido realizados mediante ensayos clásicos de ingeniería que muchas veces no facilitan el entendimiento del comportamiento clínico del material.

En nuestra época, en que se integran las diversas disciplinas científicas, creemos será de utilidad relacionar los conocimientos que se manejan tanto en el ámbito de los materiales dentales como del bruxismo, evaluando mediante un ensayo in vitro, el comportamiento de una resina acrílica utilizada en la confección de planos de relajación, sometida a fuerzas semejantes a las ejercidas en los episodios de bruxismo. Esto será de importancia en clínica para evaluar la evolución de los tratamientos de estos pacientes.



I Marco Teórico

I.- Generalidades de Bruxismo.

Es común encontrar en la población anomalías de funcionamiento del sistema estomatognático, siendo una de las más frecuentes el bruxismo (Okeson, 1999). Esta alteración de naturaleza inconsciente puede afectar a los diferentes pilares del sistema masticatorio comprometiendo su salud.

Definición.

La palabra bruxismo deriva del griego “*brychein*” que se puede traducir como “rechinando los dientes” (Nissani, 2000).

El bruxismo es un hábito oral que consiste en rechinar o apretar no funcionalmente los dientes, en forma rítmica, espasmódica e involuntaria (Mc. Neill, 1997). También se define bruxismo como “actividad motora orofacial generada durante el sueño, caracterizada por contracciones fásicas y tónicas de los músculos elevadores mandibulares” (Lavigne y cols., 1999).

Clasificación.

Es importante aclarar que la diferencia entre personas con bruxismo y sin bruxismo no radica en el tipo, sino que en el grado que lo realizan (Nissani, 2000). La mayoría de las personas aprietan o restriegan sus dientes alguna vez, pero tal conducta no la hace ser bruxista. Nissani señala que “podríamos hablar de bruxismo cuando la parafunción es bastante frecuente, persiste por bastante tiempo o es de tal intensidad que puede dañar los dientes y llevar a otras complicaciones”.

Se distinguen dos tipos de bruxismo según la forma en que se desarrollan los movimientos parafuncionales (Nissani, 2000):

APRIETE DENTARIO	RESTRIEGUE DENTARIO
- Conocido como “clenching”.	- Conocido como “grinding”
- Puede ocurrir tanto en sueño como en vigilia.	- Ocurre en el sueño y origina ruidos audibles.
- No origina ruidos audibles.	- Potencialmente más dañino.
- También llamado <i>Céntrico</i> .	- También llamado <i>Excéntrico</i>

(Nissani, 2000)

Epidemiología del bruxismo.

En la literatura no hay uniformidad de la prevalencia real del bruxismo, muchos estudios sugieren que el bruxismo afecta a una gran parte de la población (Nissani, 2000).

Estimaciones actuales de la población americana refieren un rango entre un 5-20% de bruxismo del total de la población (Nissani, 2000).

Melis y Abou-Atmeys(2003) describen una prevalencia del bruxismo de 27,2% , en un estudio realizado en Italia sobre 1014 pacientes.

En un estudio sobre 1052 pacientes, Pavone y cols. (1985) reportaron que el 21,2% tenían bruxismo. El mismo Pavone señala que la variación de la prevalencia reportada del bruxismo, se debe a la definición usada en cada estudio, el criterio diagnóstico, el tipo de población, tipo de cuestionarios y diseño del estudio.

Bruxismo y sueño.

Para comprender mejor el bruxismo nocturno es preciso conocer el proceso de sueño. El sueño se investiga monitorizando la actividad electroencefalográfica (EEG) cerebral de un individuo durante el sueño. Este registro se denomina polisomnograma. Un polisomnograma pone de relieve dos tipos básicos de actividad de ondas cerebrales que siguen un ciclo durante una noche de sueño. El primer tipo es una onda bastante rápida, que se denomina onda alfa (aproximadamente 10 ondas por segundo). Las ondas alfa se observan sobre todo durante las fases iniciales del sueño o el sueño poco profundo. Las ondas beta son más lentas (0,5 a 4 ondas por segundo) y se observan durante las fases más profundas del sueño. (Okeson,1999)

Estructura del Sueño.

Fase No REM ETAPAS 1-2 -----3-4	Fase REM (Movimientos Oculares Rápidos)
---	---

El ciclo del sueño se divide en cuatro etapas de sueño no REM y se sigue de un período de sueño REM (*rapid eye movement*).

- ETAPA 1 y 2 No REM: Corresponden a los estadios iniciales del sueño poco profundo y en ellas se dan grupos de ondas alfa rápidas, junto con pocas ondas beta.
- ETAPA 3 y 4 No REM: Corresponden a estadios de sueño más profundo con predominio de las ondas beta.
- FASE REM: Esta fase aparece como una actividad desincronizada, durante la cual se dan otros fenómenos fisiológicos, como las contracciones musculares de las extremidades y faciales, alteraciones de la frecuencia cardiaca y respiratoria, y movimientos rápidos de los ojos bajo los párpados. En esta etapa generalmente se producen los sueños.(Okeson,1999; Nissani,2000)

Durante un período de sueño normal, un individuo pasará de las fases poco profundas 1 y 2 a las más profundas 3 y 4. A continuación pasará a la fase REM. y el ciclo se repite durante toda la noche. Cada ciclo completo de sueño dura entre 60 a 90 minutos,

con lo que se determinan de 4 a 6 ciclos en una noche. Un 80% del sueño de una adulto esta formado por sueño No REM y el 20% por sueño REM. (Okeson,1999)

Se considera que el sueño No REM es importante para reestablecer la función de los sistemas corporales. Durante esta fase aumenta la síntesis de macromoléculas (proteínas y ARN), es decir, esta fase es vital para el reposo físico. En cambio el sueño REM es importante para reestablecer la función de la corteza cerebral, en esta fase se produce el reposo psíquico. (Okeson,1999)

Wruble y McGlynn (1989) establecieron que al medir el bruxismo nocturno mediante la interacción de la electromiografía y el electroencefalograma, éste ocurre durante todas las fases del sueño, pero lo hace desproporcionadamente durante la etapa de sueño profundo y la fase REM del sueño.

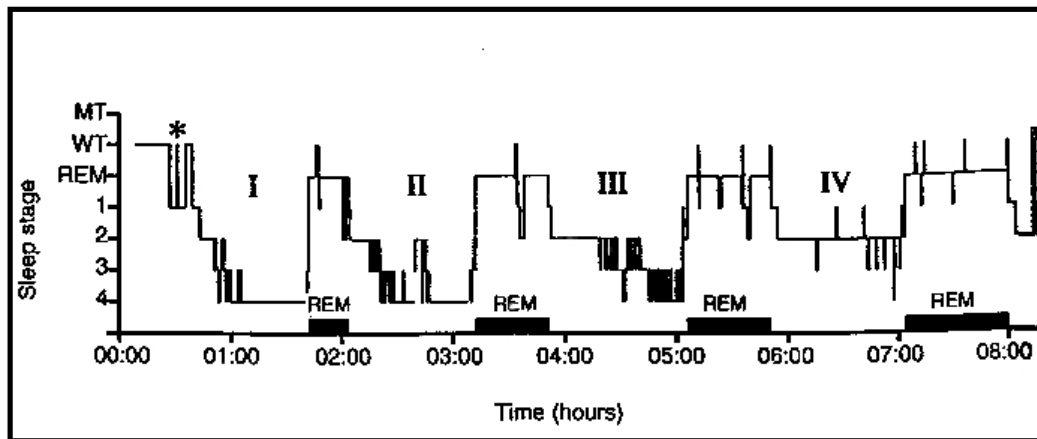


Figura 1.-Sueño normal en un joven de 23 años. Sólo 12 despertares (*) fueron registrados (normal, menos de 30). La duración de la etapa REM es mayor y de los estadios 3 y 4 es menor, a medida que se acerca el final de la noche. (Lavigne, 2001)

Medición de bruxismo

Sin duda que una de las principales dificultades que han encontrado los investigadores a lo largo del tiempo, es lo referido a medición de bruxismo. Tratar de obtener una metodología objetiva que nos entregue datos de intensidad, frecuencia y duración, como de tipo y característica del bruxismo, hasta el día de hoy permanece incierto. Okeson (1996) sostiene que “obtener un método para medir bruxismo es bastante difícil por lo intrincado del fenómeno”.

A continuación se describen algunos métodos de medición de bruxismo:

- *Electromiografía* (EMG): (Kydd y Daly, 1985) constituye el método más utilizado a través de los años; consiste básicamente en la medición de la actividad muscular, en este caso del masétero, en cuanto a frecuencia e intensidad en un período de tiempo. Posee la ventaja de entregar una medición objetiva de los episodios de bruxismo y obtener un

registro a lo largo del tiempo. En cuanto a las desventajas encontramos la extrema sensibilidad del aparato a registrar otras corrientes eléctricas como ronquidos o movimientos nocturnos. También se debe destacar que su utilidad apunta sólo a medir el bruxismo nocturno.

- *Utilización de cuestionarios:* (Pavone y cols., 1985) son utilizados con el fin de medir cualitativa y cuantitativamente el bruxismo. Como ventaja muestra el que entrega diversos datos de la parafunción, como tipo, características, etc. Como desventaja presenta el que realiza una medición poco detallada en la cuantificación de bruxismo puesto que se basa en la sumatoria de hechos, por los que entrega sólo niveles de bruxismo y no parámetros más precisos entre uno u otro paciente.

- *Transductores de presión:* (Nishigawa y cols., 2001) Instrumentos electrónicos que son colocados intraoralmente y se fijan con la ayuda de planos acrílicos que cubren las arcadas superior e inferior. Entregan información cuantitativa de la fuerza que se ejerce durante un episodio de bruxismo.

- Para la medición de restriegue dentario se presentó un aparato similar a la EMG, el cual consistía en un film sensible a la deformación o Intra Splint Force Detector (ISFD), y que entregaba esta señal a un computador (Takeuchi y cols., 1996) Estas señales fueron comparadas en igual cantidad y calidad de pacientes sanos medidos por EMG para determinar el umbral gatillo al cual el detector intraoral registraba la señal de contracción. (Funch y Gale, 1988) Se concluyó que ambos aparatos tuvieron una alta correlación de resultados.

Duración de los episodios de bruxismo.

Los estudios del sueño revelan que el número y duración de los episodios de bruxismo durante éste son muy variables. Kidd y Daly (1985) describieron en un estudio realizado en 10 individuos, mediante EMG y telemetría, que éstos apretaban rítmicamente los dientes durante un tiempo promedio de 11,4 minutos por noche, en un rango que va de 3,3 a 16,1 minutos, y lo hacían en forma de episodios aislados con una duración de 20 a 40 segundos. Además describieron que como los electrodos de la EMG eran colocados bilateralmente, cuando el sujeto bruxaba la contracción era producida unilateralmente y secuencialmente: primero el músculo masétero de un lado y luego el masétero del lado contralateral. Había aproximadamente 1 segundo entre contracciones musculares en el mismo lado, y la duración de la contracción muscular en cada lado tenía un promedio de 1,1 segundo.

Clarke y cols. (1984) describieron que los episodios de bruxismo se daban aproximadamente 5 veces durante un período de sueño, con una duración de 8 segundos por episodio. Okeson y cols. observaron episodios de bruxismo de un promedio de 5 a 6 segundos, en tres estudios distintos de individuos normales (Okeson, 1999).

Nishigawa y cols. (2001), en un estudio realizado con transductores de presión intraorales realizado sobre 10 adultos, determinaron una duración promedio de 7,1 segundos en 499 eventos de bruxismo, donde el evento de mayor duración fue de 41,6

segundos. Además se registró un promedio de 3,6 episodios de bruxismo por hora, durante el sueño.

Intensidad de los episodios de bruxismo.

Los valores de las fuerzas masticatorias normales varían de un individuo a otro (Okeson y cols., 1999) en un estudio se indicó que la carga de mordida máxima de una mujer oscila entre 35,8 y 44,9 Kgf, mientras que en el varón oscila entre 53,6 y 64,6 Kgf. (Gibbs y cols.,1986). También se ha determinado que la fuerza aplicada en un molar es mayor a la aplicada en un incisivo. Se determinó que la máxima fuerza aplicada en primer molar fue de 41,3 a 89,9 Kgf., mientras que en un incisivo central fue de 13,2 a 23,1 Kgf. (Gibbs y cols., 1986)

En cuanto a las fuerzas aplicadas durante la función, (Gibbs y cols.1986) se indica que en la fase de trituración en movimiento de cierre se aplicaba un promedio de 27,3 Kgf. en los dientes posteriores. Otros estudios indicaron fuerzas muy inferiores, por ejemplo, Anderson ha descrito que al masticar zanahorias se realizaban fuerzas de 14 Kgf sobre los dientes, mientras que al masticar carne la fuerza producida era de 7 Kgf. Manns y Díaz (1988) señalan que la fuerza masticatoria promedio desarrollada durante la masticación habitual es del orden de los 10 Kgf.

Nishigawa y cols. (2001) en un estudio sobre 10 adultos, en que se utilizaron transductores intraorales de presión a nivel de los primeros molares, determinaron que la amplitud promedio de las fuerzas realizadas durante la noche eran de 42,3 Kgf. La fuerza nocturna más alta y que fue observada en un sujeto fue de 81,2 Kgf. La menor fuerza observada fue de 15,6 Kgf.

II.-Tratamiento del Bruxismo

Okeson (1999) indica cuatro objetivos generales en el tratamiento del bruxismo: reducir la tensión psicológica, tratar los signos y síntomas, minimizar los irritantes oclusales y romper los patrones de hábitos neuromusculares.

El uso de aparatos oclusales de relajación es la terapia más aceptada para proteger los dientes de la parafunción y disminuir los episodios de bruxismo. Los aparatos interoclusales son utilizados para disminuir y prevenir la atrición oclusal provocada por el bruxismo nocturno.(Casey y cols., 2003 ; Christensen , 2001 ; Pierce y cols.,1995;Veltri y Romano,1995; Okeson, 1987 ;Holmgren y cols., 1993; Okeson, 1987;Pavone,1985).

Ha sido reportado que en los pacientes con bruxismo nocturno , el nivel acumulado de actividad EMG del músculo masétero se ve reducido después de la inserción de un plano oclusal superior; cuando los pacientes discontinúan el uso del plano, el nivel de EMG se incrementa(Holmgren y cols.,1993)

Características físicas y biomecánicas de la placa de mordida estabilizadora.

Cualquier dispositivo intraoral de mordida representa un aparato mecánico, con influencias en el sistema masticatorio a diversos niveles. Los efectos de tales influencias pueden constituirse en: fisiológicos, anatómicos, psicológicos y físicos. De acuerdo con una secuencia de prioridades, los requerimientos físicos de esta placa pueden ser enumerados de la siguiente forma (Dos Santos, 1995):

- 1.- Recubrimiento de todos los dientes de la arcada donde esté colocada (Dos Santos, 1995; Okeson, 1996)
- 2.- Proporcionar un espacio interoclusal (dimensión vertical) mínimo (con un espesor de dimensión vertical no mayor de 3mm) (Dos Santos, 1995); sin embargo, este parámetro puede variar algunas veces de acuerdo al caso clínico. 1,5 o 2 milímetros en su zona más delgada a nivel de los dientes posteriores (Rubiano, 1993).
- 3.- La superficie de contacto oclusal de encuentro con las cúspides de soporte de los dientes antagonísticos, debe ser lisa y pulida (Dos Santos, 1995)
- 4.- Deberá existir una guía de desoclusión para los movimientos de lateralidad y protrusiva (Dos Santos, 1995; Okeson, 1996)
- 5.- La superficie fuera de contacto oclusal deberá ser lisa y pulida, sin presentar ángulos o aristas. (Dos Santos, 1995; Okeson, 1996)
- 6.- Ser confeccionado de un material resistente, con buena resiliencia para absorber los impactos dentales (Dos Santos, 1995)
- 7.- Ser confeccionado de un material de bajo costo y fácil de desgastar, ajustar y reparar, tanto en la clínica como en el laboratorio. (Dos Santos, 1995)
- 8.- Deberá ser estéticamente aceptable. (Dos Santos, 1995)
- 9.- No estorbar en los procesos de deglución y no irritar tejidos blandos (Rubiano, 1993)
- 10.- Ser resistente al desgaste, pero sin causar abrasión al diente (Casey y cols., 2003)

Material Utilizado para la confección del plano de relajación.

No siendo el material más perfecto, las resinas acrílicas transparentes de termopolimerización es el material adecuado. Su óptimo grado de resiliencia absorbe en gran parte los impactos masticatorios en caso de bruxismo y/o compresión dental (Dos Santos, 1995). Christensen (2000) sugiere que los planos oclusales deben ser confeccionados en polimetilmetacrilato, ya sea de termocurado o fotocurado. El tipo de plano oclusal que ha recibido más atención en las últimas investigaciones, es el de acrílico duro fabricado para la arcada superior. La mayoría de los estudios sugieren que esta

aplicación reduce notablemente los episodios de bruxismo nocturno (Pavone, 1985; Okeson, 1987), debido a que reducen significativamente la actividad muscular durante la noche; por el contrario, el uso de férulas blandas aumentaría la actividad muscular (Okeson, 1987) y no asegurarían una estabilidad dentaria en el tiempo.

Dube y cols. (2004) en un estudio mediante polisomnografía describen una disminución del 41% en la duración de los episodios de bruxismo al usar planos oclusales rígidos. Al Quarana y Lions (1999) señalan que las férulas oclusales rígidas reducen la actividad EMG de los músculos temporal y masétero en relación con pacientes que no usan plano de relajación; en cambio las férulas blandas producen un leve aumento de la actividad muscular, en especial del músculo masétero.

Calvin y cols.(1995) en una encuesta realizada sobre 380 especialistas que tratan bruxismo , señalan que el 14,5% indica férulas blandas, el 59,4% indica férulas de acrílico duro y el 26,1% varía la selección de materiales.

Facetas de desgaste en los planos de relajación.

Holmgren y cols. (1993) en un estudio sobre 31 pacientes con bruxismo y desordenes craneomandibulares y que se trataron sólo con plano de relajación, señalan que si bien el uso de planos de relajación disminuye la intensidad de los episodios de bruxismo y ayudan a distribuir en una forma más favorable las fuerzas, no detienen la ocurrencia de éstos.

Se observó la aparición de facetas de desgaste en los planos en el 61% de los pacientes en cada control (cada 2 semanas) y las facetas reaparecían siempre en la misma ubicación. En el 39% también reaparecían las facetas, pero entre intervalos de tiempo más prolongados. En el 71% de los pacientes estas facetas de desgaste eran producidas por excursiones mandibulares bilaterales, en el 13% en excursiones unilaterales y en 3% por excursiones protrusivas (Holmgren y cols, 1993).En más del 80% de los pacientes las facetas de desgaste en los planos de relajación aparecen debido a movimientos mandibulares de lateralidad. (Rugh y Ohrbach, 1988)

Durante los movimientos excéntricos de lateralidad, los movimientos mandibulares van más allá de la relación cúspide-cúspide de los caninos. (Holmgren y cols., 1993)

III.-Propiedades Físicas de los Materiales.

Una gran variedad de materiales son actualmente utilizados para la fabricación de planos de relajación. La mayoría de ellos son basados en la química del metacrilato (Casey y cols., 2003). Uno de los requisitos de los planos de relajación es ser resistente al desgaste, pero sin causar abrasión al diente (Casey y cols., 2003)

El desgaste es un fenómeno complejo y poco estudiado. Para empezar a comprenderlo vamos a aclarar algunos conceptos con respecto a las propiedades físicas de los materiales:

Desgaste.

Es definido como la pérdida de material, resultado de la traslación y reubicación con contacto, de dos o más materiales (Craig, 1998). Varios mecanismos de desgaste han sido descritos, pero en general son cuatro los que predominan en la literatura dental: (1) *Desgaste por deslizamiento o adhesión*, (2) *Desgaste por abrasión*, que incluye desgaste de dos cuerpos y desgaste de 3 cuerpos, (3) *Desgaste por fatiga* y (4) *Desgaste por corrosión*.(Casey y cols., 2003)

- (1) *Desgaste por deslizamiento o adhesión*: Requiere contacto entre las superficies; en este mecanismo, fragmentos submicroscópicos son arrancados de los puntos de contacto de los materiales de restauración durante los movimientos oclusales deslizantes. Durante los deslizamientos, el material de restauración es comprimido y forma una saliente contra la cúspide que se desliza. Como la cúspide se desliza, son inducidas tensiones traccionales tras el deslizamiento de la cúspide, que pueden producir microfracturas en la superficie del material (Al-Hiasat y cols., 1998)
- (2) *Desgaste por abrasión*: ocurre cuando partículas son forzadas en la superficie bajo desgaste. El desgaste de dos cuerpos ocurre cuando las partículas abrasivas son juntadas a una superficie a ser desgastada, en este caso se entiende por abrasivo al cuerpo que produce el desgaste y sustrato es el material desgastado. Y el desgaste de tres cuerpos ocurre cuando hay desplazamiento libre de un medio abrasivo colocado entre dos superficies independientes en contacto. Este proceso de tres cuerpos es también conocido como desgaste libre de contacto. De tal forma que la abrasión aparece como la forma primaria de desgaste de las zonas libres de contacto. (Al-Hiasat y cols., 1998)
- (3) *Desgaste por fatiga*: Es usualmente asociado con desgaste de zonas de contacto oclusal. Cargas cíclicas causan desgaste por fatiga. Tensiones locales altas son inducidas en el punto de contacto de las cúspides formando defectos microscópicos en el material sometido a tensión. Leinfelder et al. propusieron un mecanismo de desgaste, sugiriendo que las partículas de relleno en un material durante la función causan compresión y microfracturas en la matriz de las resinas, debido a que las partículas de relleno tienen un módulo de elasticidad mayor que las de la matriz, es decir, al tener un mayor módulo de elasticidad es necesaria una mayor tensión para provocarle una deformación elástica. (Al-Hiasat y cols., 1998)
- (4) *Desgaste por corrosión*: o químico ocurre cuando sustancias químicas exógenas degradan la matriz de una resina, su relleno o interfase. Es conocido que el alcohol puede plastificar las resinas, el agua puede causar pérdida de relleno y ciertas enzimas producidas por microorganismos pueden causar degradación de la resina. Debido a que el desgaste químico es dependiente de la composición de la saliva, comida y bebidas, este efecto es difícil de establecer. (Al-Hiasat y cols., 1998)

Dureza superficial y resistencia a la abrasión.

Se refiere al comportamiento de la superficie del material; es decir, la mayor o menor dificultad con que puede ser dañada o desgastada (Macchi, 2000)

Una manera de evaluar ese comportamiento es determinar la *dureza*, que puede definirse como la resistencia que ofrece el material a que se le haga una indentación permanente. De la definición surge el método para medirla: se trata de penetrar una probeta del material en estudio por medio de un penetrador o indentador definido, aplicando sobre éste una carga establecida. Relacionando la carga aplicada con la magnitud de la penetración o raya puede establecerse el valor de la dureza. Existen diversos métodos para medir dureza, basándose todos en el mismo principio ya descrito (Macchi, 2000):

Sistema Brinell: Se emplea como penetrador una pequeña esfera de acero. Esta se apoya sobre el material en estudio y se le aplica una carga normalizada. Para obtener el número de dureza Brinell se relaciona la carga aplicada con la superficie de la huella, que tiene una proyección circular y cuyo diámetro se mide con un microscopio. (Macchi, 2000)

Sistema Rockwell: Es una serie de sistemas en los que puede variar el tipo de indentador y la carga utilizada, es similar al Brinell , pero con él, en lugar de medirse la superficie de la huella, se mide la profundidad de la penetración. (Macchi, 2000)

Los métodos más exactos se basan en el uso de indentadores de diamante tallados de una forma especial.

Método Vickers: Es una prueba de microdureza .Es un indentador de diamante en forma piramidal que deja al aplicarle una carga variable una huella en forma cuadrangular muy pequeña, lo que permite realizar mediciones en áreas muy reducidas. (Macchi, 2000) Una pequeña indentación indica un valor alto, lo que significa que se está frente a un material duro (O'Brien y Ryge, 1980).

Material	Número de dureza Vickers
Esmalte	350
Dentina	60
Resina Acrílica	20
Cerámica	450

(Mc Cabe, 1988)

Sistema Knoop: Es una prueba de microdureza, el indentador es un diamante tallado en forma piramidal, pero con aristas longitudinales formando un ángulo de 172,5 grados y las transversales de 130 grados. La impronta dejada en el material en estudio tiene una forma romboidal con una diagonal mayor y una diagonal menor. Para el cálculo sólo se mide la diagonal mayor, debido a que su nivel de recuperación elástica no tiene tanta importancia (una pequeña recuperación en una longitud grande no altera el resultado apreciablemente).

(Macchi, 2000) Una pequeña indentación indica un valor alto, lo que significa que se está frente a un material duro (Mc Cabe, 1988)

Material	Número de Dureza Knoop
Esmalte	343
Dentina	68
Resina Acrílica	15
Cerámica	440

(Mc Cabe, 1988)

Otro modo de evaluar la dureza consiste en un rayado hecho en la superficie con un indentador estandarizado. El ancho de la huella permite tener una medida de la resistencia superficial del material. (Macchi, 2000) Las mediciones suelen hacerse utilizando un microscopio, dado que a menudo las hendiduras son demasiado pequeñas para que se puedan ver a simple vista. (Mc Cabe, 1988)

Dureza del esmalte dental.

La estructura del esmalte está compuesta principalmente por prismas, en una estructura densamente empaquetada que va desde la unión esmalte-dentina hasta la superficie exterior. Tales prismas tienen un espesor del orden de los 10000 Å y una longitud promedio de 0,3 mm. Muchas de sus propiedades generales como densidad y dureza, se derivan de las características estructurales de la distribución complicada de estos prismas. Éstos están compuestos de millones de cristallitos alargados, cuyas dimensiones varían según la porción de diente utilizada, el tipo de diente, la edad y la historia del diente. Por lo tanto la dureza del esmalte es variable. (Menaker y cols., 1986). Kozac y cols. (2003) en un estudio in vitro determinaron una dureza Vickers promedio de $349 \pm 7,4$. Álvarez y cols. (2003) registraron una dureza promedio Vickers de $324,1 \pm 7,35$.

Dureza de la resina acrílica.

Los valores de dureza Knoop de las resinas son 15-18 y Vickers de 20 (Al-Hiasat y cols., 1998) lo cual indica que estas pueden rayarse y abrasionarse con facilidad. (Craig, 1998),

Resistencia a la compresión

Cuando se aplican sobre un cuerpo dos fuerzas, de igual dirección (actuando sobre la misma recta), en sentido contrario y convergentes, se tiende a disminuir la longitud del cuerpo (comprimirlo); se produce por lo tanto una deformación por compresión. Si se estudia la tensión máxima que se puede llegar a inducir sin producir la ruptura, se hablará de resistencia compresiva (Macchi, 2000).

Resistencia a la tracción.

Si se aplican dos fuerzas de igual dirección, sentido contrario y divergentes, se tiende a aumentar la longitud del cuerpo (traccionarlo), se inducen tensiones y se producen deformaciones traccionales. La resistencia estudiada en esas condiciones se denomina resistencia traccional. (Macchi, 2000).

Resistencia a la fatiga.

La resistencia a la fatiga es la tensión a la que cede un material bajo el efecto de una carga repetida, por consiguiente, la ruptura bajo el efecto de una carga cíclica dependerá de la magnitud de la carga y del número de repeticiones (Craig, 1998)

Resistencia al impacto.

La resistencia al impacto es una medida de la energía que absorbe un material cuando se fractura debido a un golpe repentino. Para determinarla se mide la energía total que absorben los materiales antes de su fractura, cuando reciben un golpe brusco (Craig, 1998)

IV.-Resina Acrílica de termocurado.

Composición resinas acrílicas de termocurado (Macchi, 2000; Anusavice, 1998; Craig, 1998)

La resina acrílica de termocurado para la confección de planos de mordida se presenta en forma de polvo y líquido.

Composición polvo (polímero):

La mayoría de los materiales comerciales contienen polimetacrilato de metilo, que puede haber sido modificado por la adición de pequeñas cantidades de metacrilatos de etilo, de butilo u otros alquiles para obtener un polímero algo más resistente a las fracturas por impactos. Contiene además un iniciador, el peróxido de benzoilo, para iniciar la polimerización del monómero líquido una vez que se mezcla con el polvo. Además se pueden incorporar plastificantes como el ftalato de butilo, al polvo o el monómero. Además puede contener partículas inorgánicas como fibras o esferas de vidrio o silicato de circonio. Estas partículas suelen ser tratadas con un agente acoplador como el trietoxisilano insaturado para mejorar la humidificación y la unión entre las partículas inorgánicas y el acrílico.

Composición líquido (monómero):

Se compone en la mayoría de los casos por metacrilato de metilo. Dado que estos monómeros pueden polimerizar por efecto del calor, la luz o de pequeñas cantidades de oxígeno, se le añaden inhibidores para alargar la vida útil del líquido. El inhibidor más utilizado es la hidroquinona, que está presente en una concentración de 0,003% a 0,1%. A veces se añaden plastificantes para producir polímeros más blandos y resilientes, para lo cual se utiliza generalmente el ftalato de dibutilo. Estas moléculas plastificantes no participan en la reacción de polimerización, sino que se distribuyen por toda la masa polimerizada. De este modo, interfieren en la interacción entre las moléculas de polímero. Esto hace que el polímero plastificado sea mucho más blando que el polímero puro.

El uso de plastificantes tiene el inconveniente de que se pueden rezumar gradualmente de la masa de material y pasar a los líquidos orales, endureciendo el acrílico. Se puede también plastificar el polímero añadiéndole algún éster de peso molecular mayor, como el metacrilato de butilo. Estos ésteres polimerizan y forman un plástico más flexible y que no rezuma hacia los líquidos orales por ser una plastificación interna.

Composición Resina acrílica de termocurado. (Macchi, 2000; Craig, 1998)

Polvo	Líquido
<ul style="list-style-type: none">- Esferas de polímero acrílico (polimetacrilato de metilo) o copolímero.- Iniciador (peróxido de benzoilo).- Plastificante (ftalato de dibutilo).- Partículas Inorgánicas (fibras o esferas de vidrio o silicato de circonio)	<ul style="list-style-type: none">- Monómero (metacrilato de metilo)- Inhibidor (Hidroquinona)- Plastificante (ftalato de dibutilo)- Agente de Enlace (Glicol dimetacrilato)

Manipulación resina termopolimerizable. (Macchi, 2000; Craig, 1998)

Para utilizar la resina acrílica de termocurado, es necesario preparar un molde en donde se pueda adaptar la masa de resina, prensarla y controlar así los cambios dimensionales que se producen en el material. Para ello, en una *mufla*, se fija con yeso el modelo primario sobre el cual se ha confeccionado en cera el plano que se desea obtener. Fraguado el yeso, se pincela con vaselina y se adapta la denominada *contramufla* sobre la mufla que contiene ya el modelo con la cera. Luego se vierte otra mezcla de yeso hasta llenar la contramufla y se coloca la tapa, cerrando así la mufla. Una vez fraguado este yeso, toda la caja (mufla y contramufla) se coloca en un recipiente con agua caliente durante 3 a 4 minutos para ablandar la cera y retirarla, y se abre separando la mufla de la contramufla, lo que es posible porque los dos yesos estaban pincelados con un separador aislante (vaselina). La cera retirada deja un espacio que constituye el molde o cámara para el procesamiento de la resina del plano.

Luego se mezcla la resina de termocurado, en la cual sólo se produce una reacción física de mezcla (disolución del polímero en el monómero) y apenas se produce

polimerización, la mezcla del monómero y el polímero pasa por varias consistencias: arenosa, filamentosa, plástica, gomosa y dura. Cuando la mezcla adquiere la consistencia plástica, tiene las propiedades idóneas para trabajarla. La especificación n° 12 de ANSI/ADA para plásticos para bases de dentaduras, establece que la mezcla de polvo-líquido presenta la consistencia de empacado, al separarla limpiamente de las paredes del recipiente de vidrio utilizado para realizar la mezcla, y especifica que debe alcanzar dicha consistencia en menos de 40 minutos desde el momento del comienzo de la mezcla. Por último, la mufla es calentada para que comience la polimerización. El régimen de curado consiste en someter a la mufla a una serie de temperaturas, no sólo para lograr la polimerización de la resina, sino para obtener sus mejores propiedades físicas, químicas y mecánicas.

Como se recordará, los fenómenos anexos de la polimerización son la contracción y la exotermia. Por lo tanto, si la mufla que contiene la resina se somete a una temperatura inicial de 70°C, la brusca iniciación de la polimerización provoca altas temperaturas ya que el calor generado, se suma al existente. Como el monómero hierve a unas pocas décimas por encima de los 100°C, se corre el riesgo de su evaporación. El lugar que ocupaba el líquido evaporado queda vacío generando poros en la estructura final que debilita al material.

Régimen de calentamiento de la mufla (Macchi, 2000)

Para evitar esto, la mufla debe colocarse en un recipiente con agua a temperatura ambiente y luego elevarla de manera paulatina hasta llegar a 70°C, en aproximadamente una hora. A partir de ese momento, lo ideal sería mantenerla a esa temperatura por 7 u 8 horas para lograr la completa polimerización de todo el monómero y que el resultado final alcance un completo grado de polimerización. Sin embargo, por comodidad técnica, es usual mantener la mufla a 70°C durante una hora u hora y media y luego elevar la temperatura a 100°C y mantenerla así alrededor de una hora. Al final, se deja enfriar en el mismo baño de agua hasta la temperatura ambiente, para reducir el efecto no conveniente del cambio dimensional térmico que se produce en la resina (Macchi, 2000).

Una vez enfriada, se extrae de la mufla y se elimina el molde de yeso; después de demuflar, el acrílico se recorta y se pule con una rueda de pulir húmeda para no generar calor y con esto distorsiones (Craig, 1998).

Propiedades de resistencia de las resinas acrílicas:

Dureza.

Los valores de dureza Knoop de las resinas (15-18) indican que estas pueden rayarse y abrasionarse con facilidad. (Craig, 1998)

Resistencia a la abrasión.

Se ha medido la resistencia a la abrasión de las resinas abrasionando estos materiales con papel de cloruro de silicio de grano 600 durante una hora, bajo una tensión de 0,26 Mpa en agua a 37°C y valorando la pérdida de material; en este caso hubo una pérdida de 595 mm por 10^{-3} (Craig, 1998)

Casey y cols. (2003), en un estudio in vitro de resinas de termopolimerización para confección de planos de relajación, las sometieron a 2500 ciclos bajo una carga de 9,1 Kgf., con un indentador esférico de cerámica esteatita, determinando un desgaste de 23,7 $\mu\text{m} \pm 7,8$ para una de las resinas y de 7,1 $\mu\text{m} \pm 1,8$ para la segunda resina. La medición fue realizada con rugosímetro.

Resistencia a la fatiga.

La resistencia a la fatiga representa el número de ciclos que soporta un material antes de romperse a una tensión determinada. La resistencia a la fatiga bajo una tensión de 17,2 Mpa para los polimetacrilatos es de 1,5 por 10^6 ; un rendimiento de 1 por 10^6 ciclos es considerado aceptable. (Craig, 1998)

Resistencia a la tracción y compresión.

Poseen una resistencia a la tracción y la compresión adecuada para el uso odontológico. Las fracturas suelen deberse a caídas accidentales o algún defecto en la fabricación. También se puede deber a la fatiga por flexión, como consecuencia de las tensiones cíclicas que deben soportar (Craig, 1998)

Propiedad	Polimetacrilato de Metilo
Resistencia a la tracción(Mpa)	48,3-62,1
Resistencia a la compresión(Mpa)	75,9

(Craig, 1998)

Resistencia al impacto

La resistencia al impacto es una medida de la energía que absorbe un material cuando se fractura debido a un golpe repentino. Los acrilatos de polivinilo tienen una resistencia al impacto una o dos veces mayor que la de los polimetacrilatos de metilo, lo que significa que los primeros absorben más energía al recibir un impacto y que son más resistentes a la fractura. (Craig, 1998)

Propiedad	Polimetacrilato de metilo
Resistencia a los impactos, Izod (Kgm/cm muesca)	0,011

(Craig, 1998)

II Objetivos

Objetivos

- 1.- Reproducir in vitro fuerzas masticatorias funcionales y parafuncionales según apoyo teórico.
- 2.- Diseñar y fabricar un aparato que permita reproducir in vitro, condiciones de desgaste de la resina acrílica de termocurado sometida a fuerzas funcionales y parafuncionales.
- 3.- Cuantificar el desgaste que sufre una resina acrílica de termopolimerización utilizada para la confección de planos de relajación sometida a fuerzas parafuncionales in vitro.
- 4.- Relacionar el grado de desgaste con datos de episodios de bruxismo nocturno. (Tiempo – Intensidad).
- 5.- Cuantificar el desgaste que sufre una resina acrílica de termopolimerización utilizada para la confección de planos de relajación sometida a fuerzas funcionales in vitro.

III Materiales y Métodos

Materiales y Métodos.

1.- Tipo de Estudio.

El presente estudio es un trabajo experimental que se ajusta a un modelo bifactorial de efectos fijos, en el cual con una máquina de ensayo especialmente desarrollada para este estudio, se someterán cuerpos de prueba de acrílico transparente de termocurado Marché a distintas cargas producidas en episodios de bruxismo nocturno durante distintos períodos de tiempo.

2.- Marco Muestral.

Debido a que es un diseño experimental y a que no existen trabajos previos que hayan utilizado el mismo material, y sometido éste a los factores requeridos para esta investigación, se debió realizar un estudio piloto previo (Anexo 3) para evaluar el buen funcionamiento de la máquina de ensayo desarrollada para este estudio y determinar los valores apropiados del tamaño de muestra.

Por lo tanto con los datos obtenidos en el estudio piloto (Anexo 3) se analizaron los siguientes puntos:

- 1.- La existencia interacción entre los factores: carga y tiempo, para lo cual se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para el modelo bifactorial de efectos fijos.
- 2.- Comparaciones múltiples de Tukey entre las medias individuales de renglón o columna para describir las diferencias específicas.
- 3.- Se debió comprobar la idoneidad del modelo de estudio, para lo cual debía comprobarse una homogeneidad de la varianza y residuos con una distribución normal.
- 4.- Hechos estos análisis se procedió a la elección del tamaño de la muestra.

El tamaño de muestra apropiado, determinado en el estudio piloto, para este experimento es de 15 réplicas para cada interacción carga-tiempo definidas según el apoyo teórico de este estudio.

3.- Metodología.

3.1.- Materiales e instrumentos.

- Para la realización de este experimento in vitro, se desarrolló una máquina de ensayo de desgaste con la colaboración del Departamento de Ciencias de los Materiales de la Universidad Técnica Federico Santa María (anexo 1).
- Grasa Unirex N-2 ESSO, USA.

- 12 lingotes de plomo calibrados de distinta masa (anexo 2 tabla 1)
- Balanza de precisión marca Sartorius GMBH 16000 modelo 3862MP81 , Alemania
- 27 Cuerpos de prueba de acrílico de termocurado transparente Marché elaborados por Laboratorio Dental Beltrán. (en cada uno de los cuales se realizaron cinco pruebas).
- 3 Frascos de 90 cc. de saliva artificial (20 cc. Metilcelulosa 4%, 10 cc. Glicerina, 60 cc. de Agua destilada, 2 gotas de esencia de limón) del Recetario Magistral Farmacias Ahumada.
- 9 frascos de vidrio para almacenar los dientes.
- 27 premolares superiores libres de caries, extraídos por indicación ortodóncica.
- Suero fisiológico
- 3 Jeringas de Composite TPH Spectrum, Dentsply, Brasil.
- 1 frasco de adhesivo Prime&Bond NT,Densply,USA.
- 1 Jeringa de ácido ortofosfórico al 37% Vivadent.
- 1 Turbina Dabi Atlante MS 350 Torque,Brasil.
- 1 Piedra troncocónica grano rojo para pulir composite.
- 1 copa siliconada Enhance,Dentply,USA.
- 1 lámpara de fotocurado QHL 75 ,Dentsply,USA
- Un comparador de carátulas o pulsador marca Veto, Japón , con resolución de 0,001 mm
- Un soporte magnético marca Mitutoyo mod. 7011SN, Brasil
- Una lupa estereoscópica Zeiss con aumento de 12,5X.
- Cámara Digital Sony DCR-TRV22, Japón.

3.2.- Máquina de ensayo de desgaste.

Para poder realizar este experimento, desarrollamos una máquina de ensayo de desgaste (Anexo 1) con lo cual pretendemos reproducir in vitro las cargas ejercidas sobre un plano de relajación en episodios de bruxismo nocturno. Este ensayo fue desarrollado con la colaboración y supervisión del departamento de Ciencias de los Materiales de la UTFSM. Las características de esta máquina están basadas en el apoyo teórico de bruxismo y dos diseños previos. Uno corresponde a la denominada “boca artificial” creada por Schulte y cols. (1987) en un estudio comparativo de la resistencia al desgaste de polimetilmetacrilato e Isosit utilizado para confección de planos de relajación. Esta boca artificial es una máquina servohidráulica, en la cual se montan cúspides palatinas de terceros molares superiores, las que producen cargas masticatorias contra un cuerpo de prueba sumergido en agua desmineralizada; este cuerpo de prueba a su vez recorre una trayectoria de 7 milímetros.

El segundo modelo es el modelo de Casey y cols. (2003), el cual describió el desgaste in vitro de cinco resinas utilizadas para la confección de planos de relajación. Su máquina de ensayo es un indentador de cerámica, el cual aplica carga contra un cuerpo de prueba sumergido en agua destilada, a su vez el cuerpo de prueba va montado en una plataforma móvil, que recorre una trayectoria de 1 centímetro lineal en un segundo ida y vuelta.

La máquina desarrollada para nuestra investigación, cuenta con una bandeja encargada de aplicar carga sobre los cuerpos de prueba, sobre la cual se aplican lingotes

de plomo mediante un sistema de carril, él cual estandariza su posición. Esta bandeja a su vez lleva inserto un vástago de acero en el cual se montan dientes naturales (premolares superiores extraídos por indicación ortodóncica), los cuales se fijan al vástago mediante resina compuesta. La posición de la bandeja es estandarizada por un nivelador GWBS S93B, que permite que en cada prueba la orientación espacial de esta sea repetible.

El diente montado en el vástago transmite a su vez, la carga que se aplica sobre la bandeja, a los cuerpos de prueba que van fijos en un recipiente de acero especialmente creado para esto. El recipiente que contiene los cuerpos de prueba a su vez va conectado por un buje a un motor Samsung Monofásico de 200W eléctrico, que hace que el cuerpo de prueba realice una trayectoria de 7mm de ida y vuelta, trayectoria adecuada para estudios de desgaste en planos de relajación descrita en la creación de la llamada boca artificial por Schulte y cols. (1987). Maulen y cols. (2002) describen un promedio de 7,48 mm. en lateralidad derecha y 7,31 mm. en lateralidad izquierda en pacientes con diagnóstico de dolor temporomandibular.

El cuerpo de prueba realiza esta trayectoria (7 mm.), de ir y volver al punto de inicio, en 1 segundo, basado en el estudio de Kydd y Daly en 1985, que mediante EMG determinaron que cuando un sujeto bruxa la contracción es producida unilateralmente y secuencialmente; primero el músculo masétero de un lado y luego el masétero del lado contralateral, existiendo aproximadamente 1 segundo entre la contracción muscular del músculo masétero del mismo lado. Para el conteo de los ciclos se adicionó un microswitch marca MICRO conectado a una calculadora digital CITIZEN LC310III Japan, la cual fue modificada para ir registrando cada ciclo.(Anexo 1)

La etapa de calibración de esta máquina fue desarrollada en el Departamento de Ciencias de los Materiales de la UTFSM (Anexo 2).

3.3.- Montaje de dientes naturales a la máquina de ensayo.

Para este estudio se recolectaron 27 premolares superiores sanos, extraídos por indicación ortodóncica. Estos premolares fueron limpiados con un cepillo de dientes inmediatamente después de la exodoncia y almacenados en suero fisiológico estéril en frascos de vidrio herméticos.



Figura 1. Se observan 2 premolares superiores almacenados en suero fisiológico estéril.

Previo a ser montados en la máquina de ensayo, a estos premolares se les creó artificialmente una faceta de desgaste tipo 2 (Pergamalian y cols., 2003), definida como un evidente aplanamiento de las

cúspides o superficies oclusales sin llegar a dentina. Esta faceta de desgaste es la que se presenta con mayor frecuencia en pacientes con bruxismo (faceta de desgaste promedio 1,75) (Pergamalian y cols., 2003)

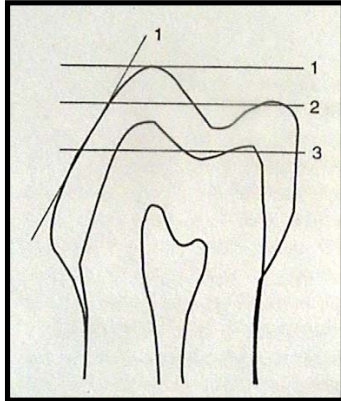


Figura 2. Criterio de atrición:

0= No existe desgaste.

1=Mínimo desgaste de la superficie oclusal o puntas cuspidéas.

2=Evidente aplanamiento de las cúspides o ángulos incisales.

3=Pérdida total del contorno y exposición dentinaria evidente. (Pergamalian y cols., 2003)

Para crear estas facetas de desgaste se utilizó una piedra troncocónica de grano rojo de alta velocidad para pulir composite, con abundante irrigación, una vez obtenido el desgaste, éste fue pulido con una copa siliconada Enhance, Dentsply.

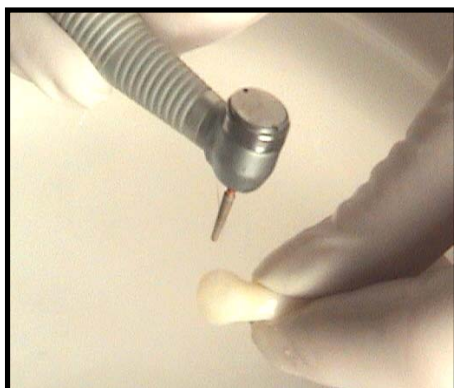


Figura 3. Creación faceta de desgaste tipo 2.



Figura 4-5. En la figura 4 se aprecian los dientes intactos y en la figura 5 se observan dos premolares una vez creada la faceta de desgaste tipo 2.

Una vez creadas las facetas de desgaste en los dientes naturales, estos se montaron en un vástago de acero mediante resina compuesta. Para esto, a cada diente se le realizó

grabado ácido en el tercio cervical de su corona con ácido ortofosfórico al 37% (Vivadent) por 30 segundos, luego se lavaron con abundante agua durante 20 segundos. Posteriormente se secaron y se le aplicó el sistema adhesivo Prime & Bond NT (Dentsply) el cual se dejó actuar durante 15 segundos, luego se aireó con un chorro suave de aire por 5 segundos y se fotopolimerizó por 20 segundos. Luego el diente fue fijado mediante resina compuesta (TPH Spectrum, Dentsply) colocada en el lumen del vástago, la cual se fue fotopolimerizando por estratos (20 segundos cada capa) hasta cubrir el tercio cervical de los dientes.

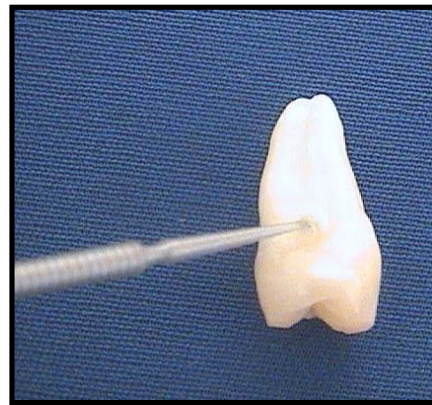
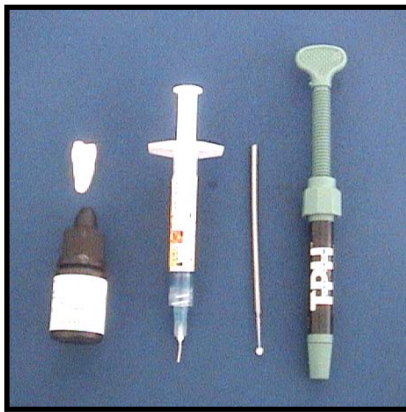


Figura 6-7. Figura 5, Sistema adhesivo y resina compuesta utilizada. Figura 7, se aprecia la aplicación de adhesivo en el tercio cervical de cada diente.

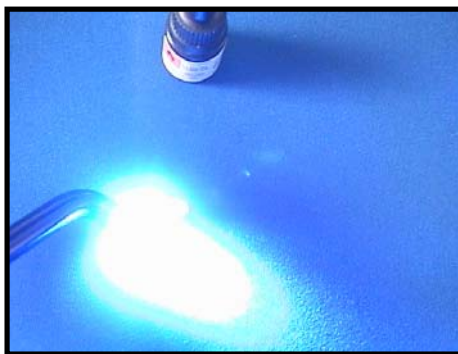


Figura 8-9. Figura 8, fotopolimerización del sistema adhesivo. Figura 9, Aplicación de la resina compuesta en el lumen del vástago de acero para la posterior fijación del diente natural.

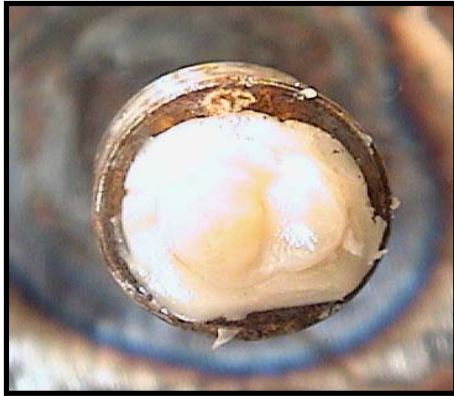


Figura 10. Se aprecia el diente natural fijo en el lumen del vástago de acero mediante resina compuesta.

3.3.- Confección cuerpos de prueba.

Se confeccionaron 27 patrones de cera rosada de 50 milímetros de largo, 20 milímetros de ancho y 5 milímetros de alto, los cuales fueron prensados y pulidos para elaborar los cuerpos de prueba en acrílico transparente de termocurado Marché. Este proceso fue realizado por el Laboratorista Dental Sr. Hernán Beltrán Z.

El proceso de confección en laboratorio fue el siguiente:

- 1) Se enmulló los patrones de cera, usando como material de investido yeso piedra, y se usó como aislante entre cada mufla vaselina líquida.
- 2) Una vez fraguado el yeso piedra se procedió al desencerado en agua hirviendo. Luego se abrieron las muflas y se retiraron los restos de cera.
- 3) Se colocó sobre la superficie del yeso aislante para acrílico Acryfoid.
- 4) Se preparó acrílico de termocurado transparente Marché de acuerdo a las indicaciones dadas por el fabricante. Una vez que alcanza estado plástico se coloca en la impresión dejada por el patrón de cera en el yeso y se procede a reposicionar la contramufla y prensarla con una prensa hidráulica, luego se colocan los estribos y se inicia el siguiente ciclo de calentamiento: Se sumerge la mufla en agua a temperatura ambiente y se eleva a 70°C en media hora, luego se mantiene a 70°C durante una hora y media; y luego se eleva la temperatura a 100°C y se mantiene así una hora.

Al final se deja enfriar en el mismo baño de agua, hasta la temperatura ambiente para reducir el efecto no conveniente del cambio dimensional térmico que se produce en la resina(5). Una vez enfriada se extrae de la mufla y se elimina el molde de yeso, después de demuflar el acrílico se recorta con pimpollo y piedras de montar, se pule con discos de lija, luego piedra pómez con escobilla dura en un torno de pulir, y finalmente rouge blanco para acrílico con fieltro en torno de pulir hasta lograr brillo especular.

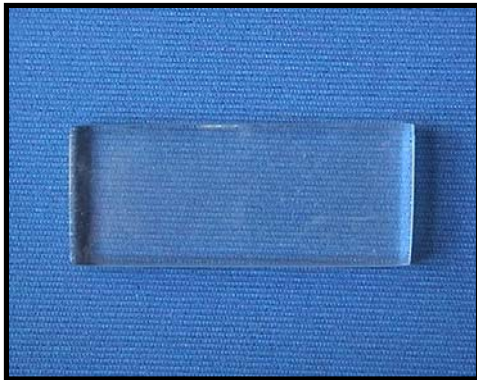


Figura 11. Cuerpo de prueba de acrílico de termocurado transparente Marché terminado.

3.4.- Metodología experimental.

Para este experimento se utilizaron 27 cuerpos de prueba, a cada uno de los cuales se le aplicaron 5 pruebas de desgaste, sumando en total 135 pruebas de desgaste. Para cada interacción (intensidad de carga-tiempo) se realizaron 15 pruebas de desgaste.

Los factores que interactúan en este experimento son carga y tiempo de aplicación, el cual fue convertido a su equivalente en ciclos, los cuales fueron registrados por el contador digital de la máquina de ensayo.

Basados en el apoyo teórico de bruxismo, las cargas a utilizarse son 15,6 Kgf. (Mínima fuerza observada en bruxismo nocturno), 42,3 Kgf (Fuerza promedio observada en bruxismo nocturno) y 81,2 Kgf. (Máxima fuerza observada en bruxismo nocturno) (Nishigawa y cols., 2001). Y los tiempos de aplicación de estas cargas son 46,2 minutos (correspondiente a 3,3 minutos tiempo mínimo de duración de un episodio de bruxismo, multiplicado por 14 días), 159,6 minutos (correspondiente a 11,4 minutos tiempo promedio multiplicado por 14 días) y 225,4 minutos (16,1 minutos tiempo máximo multiplicado por catorce días) (Kydd y Daly, 1985). Se estimó tiempos correspondientes a 2 semanas de episodios de bruxismo nocturno, que son las indicadas por Holmgren y cols. (1993) para el primer control de un plano de relajación en búsqueda de facetas de desgaste, debido a que en su estudio acerca del funcionamiento de planos de relajación determinaron que en el 61% de los pacientes después de este período, se observa la aparición de facetas de desgaste.

Se conformaron 9 grupos de prueba:

- **Grupo 1: (n=15)** A los cuales se les aplicó una carga de 15,6 Kgf durante 46,2 minutos (2772 ciclos)
- **Grupo 2: (n=15)** A los cuales se les aplicó una carga de 15,6 Kgf durante 159,6 minutos (9576 ciclos)
- **Grupo 3: (n=15)** A los cuales se les aplicó una carga de 15,6 Kgf durante 225,4 minutos (13524 ciclos)

- **Grupo 4: (n=15)** A los cuales se les aplicó una carga de 42,3 Kgf durante 46,2 minutos (2772 ciclos)
- **Grupo 5: (n=15)** A los cuales se les aplicó una carga de 42,3 Kgf durante 159,6 minutos (9576 ciclos)
- **Grupo 6: (n=15)** A los cuales se les aplicó una carga de 42,3 Kgf durante 225,4 minutos (13524 ciclos)
- **Grupo 7: (n=15)** A los cuales se les aplicó una carga de 81,2 Kgf durante 46,2 minutos (2772 ciclos)
- **Grupo 8: (n=15)** A los cuales se les aplicó una carga de 81,2 Kgf durante 159,6 minutos (9576 ciclos)
- **Grupo 9: (n=15)** A los cuales se les aplicó una carga de 81,2 Kgf durante 225,4 minutos (13524 ciclos)

Cada uno de los cuerpos de prueba fue sumergido en saliva artificial (Recetario Magistral, Farmacias Ahumada) en un recipiente especialmente confeccionado que se fija a un carro que realiza una trayectoria de 7 mm. ida y vuelta en un lapso de un segundo. Los dientes utilizados fueron reemplazados cada 5 pruebas.

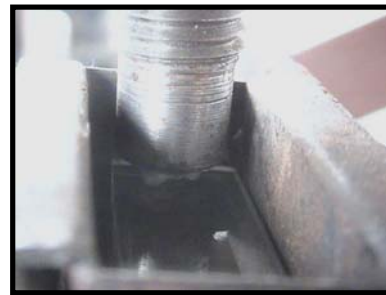


Figura 12-13. Figura 12, cuerpo de prueba en recipiente especial sumergido en saliva artificial. Figura 13, diente natural montado en vástago de acero ejerciendo carga contra cuerpo de prueba.

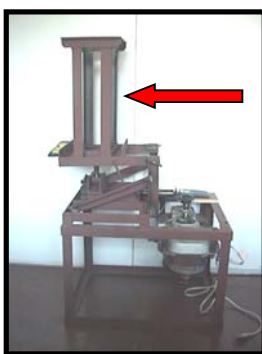


Figura 14-15. Figura 14, vista lateral máquina de ensayo, señalado con flecha roja la bandeja sobre la cual se posicionan los lingotes de plomo para lograr ejercer la carga deseada sobre el cuerpo de prueba. Figura 15, Vista frontal recipiente de cuerpo de prueba y vástago que porta el diente que aplica la carga.

3.5.- Medición de desgaste y recolección de datos.

La medición de los desgastes se realizó en el Laboratorio de Tecnología Mecánica de la UTFSM. Para determinar el método apropiado para medir, primero fueron observados los desgastes mediante una lupa estereoscópica Zeiss con aumento de 12,5X por el Profesor Juan Basualto K. Jefe del Departamento de Ciencias de los Materiales de la UTFSM. El método elegido fue un comparador de carátulas o pulsador marca Veto, Japón, con resolución de 0,001 mm.



Figura 16-17. Figura 16, observación de los desgastes mediante lupa estereoscópica Zeiss. Figura 17, pulsador Veto con resolución de 0,001 mm.

Para realizar la medición el pulsador se fijó en un soporte magnético marca Mitutoyo mod. 7011SN, Brasil, el cual estandariza la posición del aparato de medición. El cuerpo de prueba fue posicionado sobre una cubierta de metal corregido.

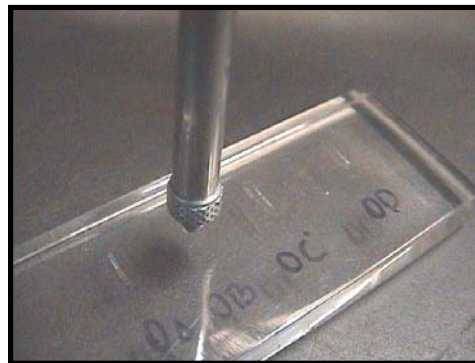


Figura 18-19. Figura 18 se aprecia el pulsador durante proceso de medición. Figura 19, punta de medición del pulsador recorriendo faceta de desgaste.

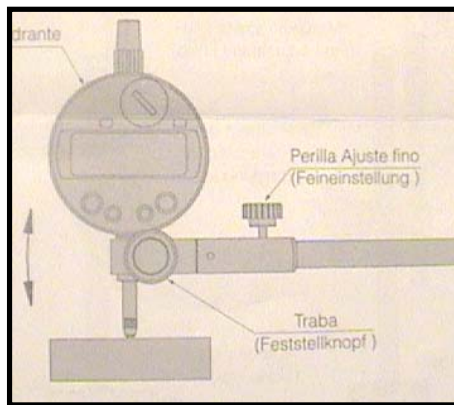


Figura 20-21. Figura 20, esquema del pulsador montado en soporte magnético. Figura 21, se aprecia el pulsador montado en el soporte magnético durante el proceso de medición de los desgastes.

Una vez posicionado el cuerpo de prueba, se fija la punta de medición en el borde de cada faceta de desgaste, lo que se marca como 0 mm. en el pulsador, luego se procede a desplazar la punta de medición hasta encontrar la zona más profunda de la faceta de desgaste, la cual es registrada en la tabla de recolección de datos (Anexo 4). Cada medición se repitió 3 veces.

4.- Definiciones Operacionales.

- **Tiempo:** Cantidad de minutos durante los cuales cada cuerpo de prueba es sometido a una determinada carga.
- **Carga:** Cantidad de Kilogramos Fuerza aplicados sobre el cuerpo de prueba.
- **Desgaste:** Máxima profundidad de cada faceta de desgaste, medida en milímetros mediante pulsador digital.

5.- Metodología Estadística.

Las variables de este estudio son de tipo cuantitativas continuas:

- Tiempo: medido en minutos (variable independiente)
- Carga: medido en Kilogramos Fuerza (variable independiente)
- Desgaste: medido en milímetros (variable dependiente)

Para el análisis de los datos obtenidos en nuestro estudio la metodología estadística a utilizar será la siguiente:

1. **Análisis de varianza (ANOVA)**, el cual permite verificar si existe interacción entre los factores, es decir, entre intensidad y tiempo.
2. **Comparaciones Múltiples de Duncan**, esto se aplica si el análisis de varianza indica que hay diferencias en el nivel medio de los renglones o columnas, resulta de

interés llevar a cabo comparaciones entre las medias individuales de renglón o columna para describir las diferencias específicas.

3. Comprobación de la idoneidad del modelo.

5.1.-Diseño factorial de efectos fijos

Muchos experimentos se llevan a cabo para estudiar los efectos producidos por dos o más factores. Puede mostrarse que en general los diseños factoriales son los más eficientes para este tipo de experimentos. Por diseño factorial se entiende aquel en el que se investigan todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores en cada ensayo completo o réplica del experimento. Por ejemplo, si existen a niveles del factor A y b niveles del factor B, entonces cada réplica del experimento contiene todas las ab combinaciones de los tratamientos. A menudo, se dice que los factores están cruzados cuando éstos se arreglan en un diseño factorial.

El efecto de un factor se define como el cambio en la respuesta producida por un cambio en el nivel del factor. Con frecuencia, éste se conoce como efecto principal porque se refiere a los factores de interés primordial del experimento. En algunos experimentos puede encontrarse que la diferencia en la respuesta entre los niveles de un factor no es la misma en todos los niveles de los otros factores. Cuando esto ocurre, existe una interacción entre los factores. Hay que notar que cuando una interacción es grande los correspondientes efectos principales tienen poco significado práctico.

Los diseños factoriales poseen algunas ventajas, son más eficientes que los experimentos de un factor a la vez, más aún, los diseños factoriales son necesarios cuando alguna interacción puede estar presente, con el propósito de evitar hacer conclusiones que son engañosas. Finalmente, los diseños factoriales permiten estimar los efectos de un factor en diversos niveles de los otros factores, produciendo conclusiones que son válidas sobre toda la extensión de las condiciones experimentales.

En un diseño factorial general se tienen a niveles del factor A, b niveles del factor B, c del factor C, y así sucesivamente, arreglados en un experimento factorial. En general habrá un total de $abc \dots n$ observaciones si hay n réplicas del experimento completo. Se hace notar que deben recopilarse al menos dos réplicas ($n \geq 2$) para poder determinar la suma de cuadrados del error si todas las posibles interacciones en el modelo son incluidas.

En el caso de que todos los factores del experimento sean fijos, fácilmente pueden formularse y probarse hipótesis acerca de los efectos principales y de las interacciones. Para el modelo de efectos fijos, los estadísticos que prueban cada efecto principal y cada interacción se pueden construir dividiendo la media de cuadrados del efecto o de la interacción correspondiente entre la media de cuadrados del error. Todas estas pruebas F corresponden a pruebas unilaterales del extremo superior. Los grados de libertad de cualquier efecto principal son iguales al número de niveles del factor menos uno; y los grados de libertad de una interacción son el producto de los grados de libertad asociados con los componentes individuales de la interacción.

El modelo estadístico de nuestro experimento puede describirse mediante un modelo estadístico lineal, que es el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

en donde:

y : corresponde al desgaste del material que se ve influenciado por lo siguiente:

μ : es el efecto medio general, o la media general del estudio.

τ_i : es el efecto del i -ésimo nivel del factor renglón A, o efecto de la intensidad de la carga.

β_j : es el efecto del j -ésimo nivel del factor columna B, o efecto del tiempo

$(\tau\beta)_{ij}$: es el efecto de la interacción entre τ_i y β_j o carga-tiempo.

ε_{ijk} : es el componente del error aleatorio. Error que debe considerarse siempre y que es la diferencia entre el valor real observado y el valor estimado de desgaste.

Inicialmente se supone que ambos factores son fijos y que los efectos de tratamiento se definen como desviaciones de la media general, por lo tanto $\sum_{i=1}^a \tau_i = 0$ y $\sum_{j=1}^b \beta_j = 0$. Se supone que los efectos de interacción son fijos y que se definen de manera que $\sum_{i=1}^a (\tau\beta)_{ij} = 0$. Hay un total de abn observaciones porque se realizan n réplicas.

El diseño factorial que se aplicará en este estudio será de dos factores fijos, El factor A corresponde a la intensidad aplicada, el factor B al tiempo., además se consideran 15 réplicas para cada tratamiento, lo que hace un total de 135 observaciones.

En un diseño factorial o de factores, tanto los factores (o tratamientos) de renglón como de columna tienen la misma importancia. Específicamente el interés consiste en probar hipótesis acerca de la igualdad de los efectos de tratamiento de renglón, es decir,

Las hipótesis a probar son:

Para probar hipótesis acerca de la igualdad de los efectos principales del factor A (intensidad de carga), es decir, si este factor influye en el modelo.

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$ (Todas las intensidades no afectan al desgaste)

$H_1 : \text{Al menos un } \tau_i \neq 0$ (Al menos una intensidad provoca efecto)

Para probar hipótesis acerca de la igualdad de los efectos principales del factor B (tiempo de aplicación de la carga):

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ (Todos los tiempos no afectan el desgaste)

$H_1 : \text{Al menos un } \beta_i \neq 0$ (Al menos un tiempo afecta el desgaste)

Para probar hipótesis acerca de la igualdad de los efectos de las interacciones (intensidad-tiempo).

$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$, para toda i, j (Todas las interacciones no afectan el desgaste)

$H_1 : \text{Al menos un } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ (Al menos una interacción afecta el desgaste)

Es decir lo que intentamos probar es si estos factores influyen en nuestro modelo.

Regiones Críticas:

Se rechaza H_0 si $F_0 > F_{(\alpha, (a-1), (abc(n-1)))}$.

Se rechaza H_0 si $F_0 > F_{(\alpha, (b-1), (abc(n-1)))}$.

Se rechaza H_0 si $F_0 > F_{(\alpha, (c-1), (abc(n-1)))}$.

Se rechaza H_0 si $F_0 > F_{(\alpha, (a-1)(b-1), (abc(n-1)))}$.

A continuación, se muestra cómo pueden probarse estas hipótesis usando un análisis de varianza bifactorial o bidireccional (de dos factores o en dos sentidos).

5.2.-Análisis de varianza (ANOVA) para el modelo bifactorial de efectos fijos:

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F_0
Tratamiento A Intensidad	SS_A	$a-1$	$MS_A = \frac{SS_A}{a-1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$
Tratamiento B Tiempo	SS_B	$b-1$	$MS_B = \frac{SS_B}{b-1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$
Interacción	SS_{AB}	$(a-1)(b-1)$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	SS_E	$ab(n-1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n-1)}$	—
Total	SS_T	$abn-1$	—	—

La suma de cuadrados de cuadrados totales puede expresarse como:

$$SS_T = SS_A + SS_B + SS_{AB} + SS_E$$

donde, SS_A y SS_B corresponden a la suma de cuadrados para los efectos principales y SS_{AB} es la interacción.

Así,

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{y_{i..}^2}{bn} - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{y_{.j.}^2}{an} - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

Es conveniente obtener SS_{AB} en dos etapas. Primero se calcula la suma de cuadrados entre los totales de las ab celdas, conocida como la suma de cuadrados debido a los “subtotales”:

$$SS_{\text{subtotales}} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij.}^2}{n} - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

Esta suma de cuadrados contiene a la SS_A y SS_B . Por lo tanto, la segunda etapa consiste en calcular SS_{AB} mediante:

$$SS_{AB} = SS_{\text{subtotales}} - SS_A - SS_B$$

La SS_E se calcula por diferencia

$$SS_E = SS_T - SS_{AB} - SS_A - SS_B$$

o bien,

$$SS_E = SS_T - SS_{\text{Subtotales}}$$

5.3.-Comparaciones Múltiples de Duncan.

Un procedimiento usado ampliamente para comparar todas las parejas de medias, es la prueba de intervalos múltiples desarrollado por Duncan (1955). Para aplicar dicha prueba en muestras del mismo tamaño, se dispone en orden ascendente las medias de tratamiento y se determina el error estándar de cada media, usando

$$S_{\bar{y}_i} = \sqrt{\frac{MS_E}{n}}$$

A partir de la tabla de intervalos significativos de Duncan se obtienen los valores de r , α (p,f), para $p = 2, 3, \dots, a$, en donde α es el nivel de significación y f es el número de

grados de libertad del error. Estos intervalos deben transformarse en un conjunto de $a - 1$ mínimos intervalos significativos (es decir, R_p) para $p = 2, 3, \dots, a$, calculando:

$$R_p = r_{\alpha}(p, f) S_{\bar{y}_i}$$

A continuación, se prueban las diferencias observadas entre las medias, comenzando por el valor más alto contra el más pequeño, comparando esta diferencia con el intervalo mínimo significativo R_a . Después se calcula la diferencia entre el valor más alto y el segundo más pequeño y se compara con el intervalo significativo mínimo R_{a-1} . Este procedimiento continúa hasta que todas las medias han sido comparadas con la media más grande. A continuación, la diferencia entre la segunda media más grande y la más pequeña se calcula y se compara contra el intervalo mínimo significativo R_{a-1} . Este proceso continúa hasta que han sido consideradas las diferencia entre todos los $(a(a-1))/2$ posibles pares. Si una diferencia observada es mayor que el intervalo mínimo significativo correspondiente, se concluye que la pareja de medias en cuestión es significativamente diferente. Para evitar contradicciones, ninguna diferencia entre una pareja de medias se considera significativa si las dos medias se encuentran entre otras dos que no difieran significativamente.

IV Resultados

Resultados.

Una vez obtenidos los resultados de las mediciones de los nueve grupos de prueba, en total 135 tratamientos, estos fueron registrados en una tabla (Anexo 4).

1.-Análisis de Varianza (ANOVA)

Con los datos obtenidos se procedió a realizar el análisis de varianza , el cual busca identificar si existe interacción de los factores Intensidad de carga (A) y Tiempo de aplicación de la carga (B) y si estos influyen por si solo y/o en conjunto en el desgaste del material.

Tabla I.-Análisis de varianza de la resistencia del material.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados medios	F ₀	Nivel de significancia
Tratamiento A Intensidad	0,257243	2	0,128622	23231,5	0,00
Tratamiento B Tiempo	0,077995	2	0,038998	7043,7	0,00
Interacción	0,019389	4	0,004847	875,5	0,00
Error	0,000698	126	0,000006	—	—
Total	0,355325	134	—	—	—

Así,

$$\begin{aligned}SS_{\text{modelo}} &= SS_{\text{fuerza}} + SS_{\text{tiempo}} + SS_{\text{interacción}} \\ &= 0.354627\end{aligned}$$

y que

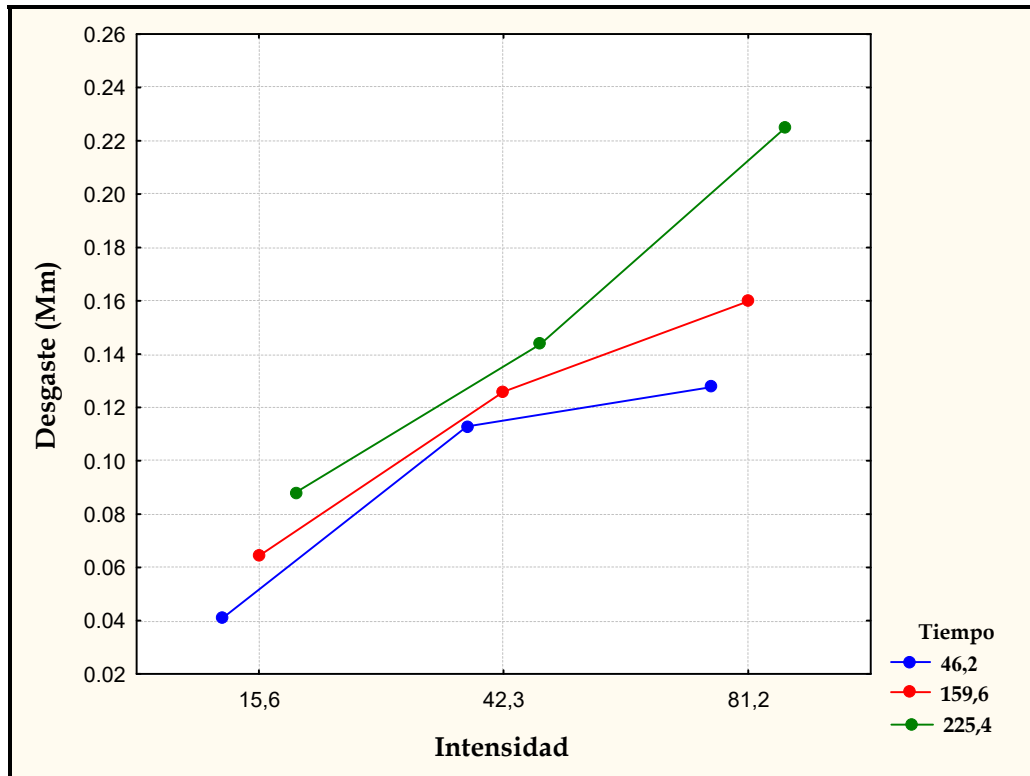
$$R^2 = \frac{SS_{\text{modelo}}}{SS_{\text{total}}} = 0.998$$

Conforme a este análisis de varianza cerca del 99% de la variabilidad en el desgaste del material, se explica por la intensidad, por el tiempo y por la interacción entre la intensidad y el tiempo

De acuerdo al análisis de varianza, se concluye que existe una interacción significativa entre la intensidad y el tiempo. Además, los efectos principales de manera individual también son significativos.

Como auxiliar en la interpretación de los resultados de este experimento, resulta útil la construcción de una gráfica de las respuestas medias de cada combinación de tratamiento.

Gráfico 1. Gráfico de Medias (Intensidad versus tiempo)



Dentro del análisis de varianza se realiza este gráfico para comparar las medias de desgaste de los tres tipos de intensidad de carga, con los tres tiempos de aplicación planteados. Se aprecia que hay diferencia en el nivel medio de desgaste de las tres intensidades de carga.

El hecho de que las rectas del gráfico no sean paralelas indica una interacción significativa. En general, a menor intensidad menor desgaste del material, independiente del tiempo. Al variar la intensidad en el tiempo 46,2, el desgaste casi no aumenta, pero en los otros dos tiempos aumenta de forma considerable.

2.- Comparaciones Múltiples de Duncan.

Debido que el análisis de varianza indica que hay diferencia en el nivel medio de los renglones o columnas, resulta de interés llevar a cabo comparaciones entre las medias individuales de renglón o columna para descubrir las diferencias específicas. Para esto, los métodos de comparación múltiple resultan útiles.

A continuación, se ilustra la aplicación de la prueba de intervalos múltiples de Duncan a los datos de desgaste de material. Se recordará que en este experimento la interacción resultó significativa. Cuando esto ocurre, las diferencias en las medias de un factor (por ejemplo el A) pueden ser ocultadas por la interacción AB. Un enfoque consiste en fijar el factor B en un nivel específico, y aplicar la prueba de intervalos múltiples de Duncan a las medias del factor A en ese nivel.

Tabla II.- Comparaciones múltiples de Duncan.

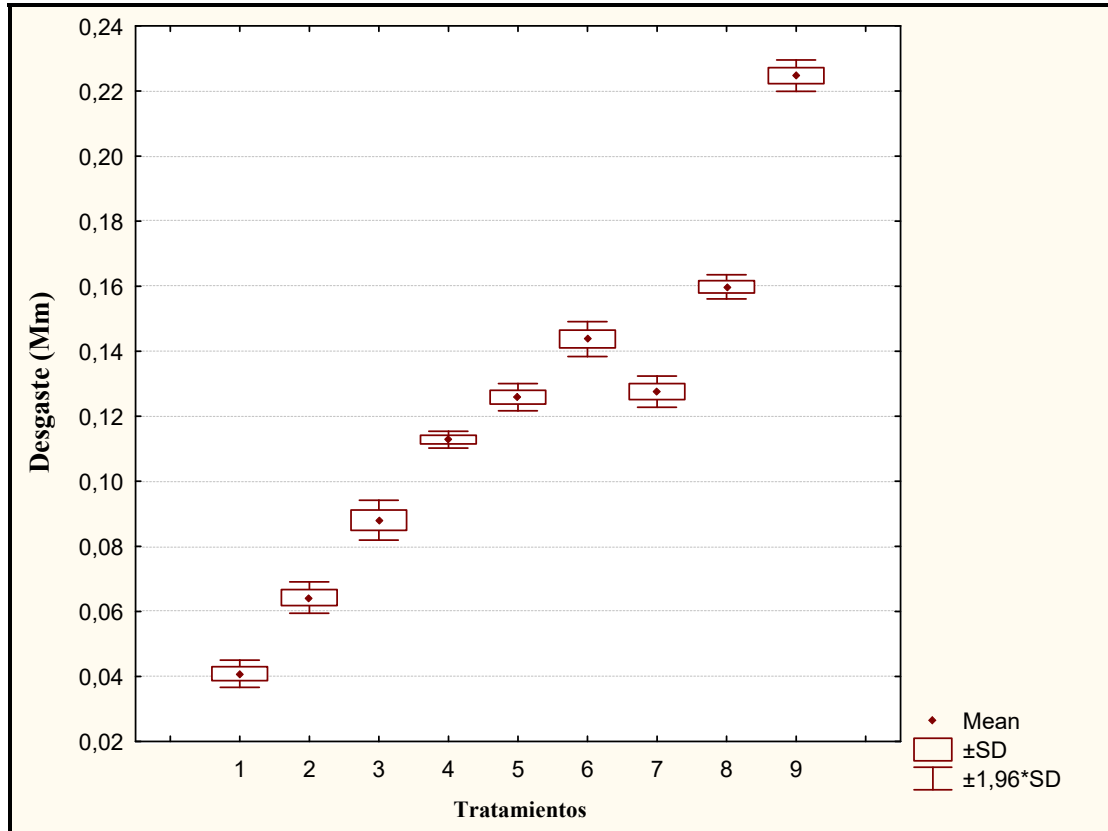
Comparación			Nivel de Significancia Intensidad — Tiempo							
			15,6			42,3			81,2	
Intensidad	Tiempo	Medias	46,2	159,6	225,4	46,2	159,6	225,4	46,2	159,6
15,6	46,2	0,04087	—	—	—	—	—	—	—	—
	159,6	0,06427	0,000009	—	—	—	—	—	—	—
	225,4	0,08807	0,000011	0,000009	—	—	—	—	—	—
42,3	46,2	0,11280	0,000003	0,000011	0,000009	—	—	—	—	—
	159,6	0,12587	0,000004	0,000003	0,000011	0,000009	—	—	—	—
	225,4	0,14373	0,000004	0,000004	0,000004	0,000003	0,000011	—	—	—
81,2	46,2	0,12760	0,000004	0,000004	0,000003	0,000011	0,043657	0,000009	—	—
	159,6	0,15980	0,000005	0,000004	0,000004	0,000004	0,000003	0,000009	0,000011	—
	225,4	0,22473	0,000001	0,000005	0,000004	0,000004	0,000004	0,000011	0,000003	0,000009

Se observa que todas las comparaciones son significativas, es decir existe diferencia significativa entre las intensidades y los tiempos, con un nivel de significancia del 5 % o bien el desgaste producido para cada grupo de tratamiento es significativamente distinto al que se produce con cualquier otro grupo.

Cabe destacar, que se obtiene casi el mismo nivel de desgaste medio si se aplica una intensidad de 42,3 a un tiempo de 159,6 que si se aplica un intensidad de 81,2 a un tiempo de 46,2.

Resulta útil la construcción de una gráfica de las respuestas medias de cada combinación de tratamiento, para una mejor interpretación de los resultados.

Gráfico2.-Gráfico de Medias. Desgaste medio considerando las distintas combinaciones de tratamientos.



Codificación de combinaciones de tratamiento		
Intensidad	Tiempo	Código
15,6	46,2	1
	159,6	2
	225,4	2
42,3	46,2	4
	159,6	5
	225,4	6
81,2	46,2	7
	159,6	8
	225,4	9

En este gráfico se puede apreciar visiblemente que existe diferencia entre los desgastes producidos en cada tratamiento. No existe una gran diferencia entre el tratamiento 5 y 7, que está destacado en la tabla anterior de combinaciones múltiples de Duncan. Al observar además las bandas de confianza del gráfico puede apreciarse que los valores de desgaste obtenido tienden a estar en torno al promedio.

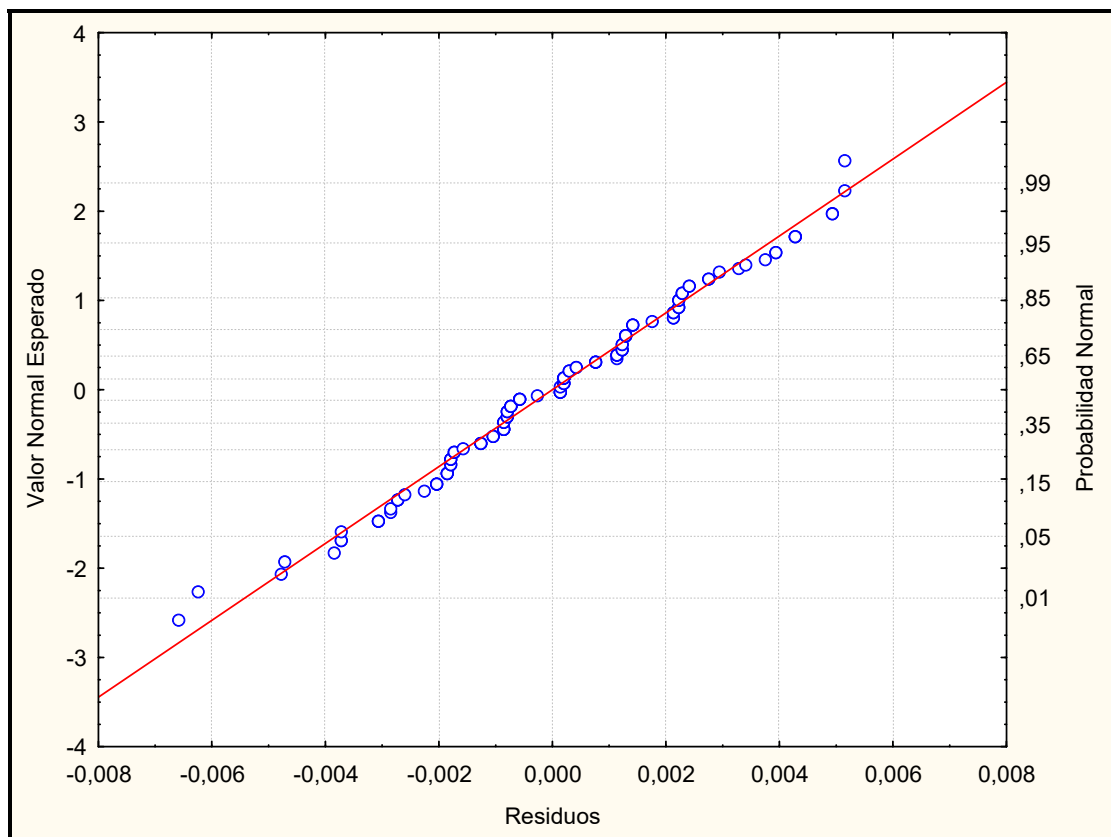
3.- Comprobación de la idoneidad del modelo

Antes de poder adoptar las conclusiones del análisis de varianza debe probarse la adecuación del modelo propuesto. La herramienta principal es el análisis de residuos.

Los residuos para el modelo bifactorial de efectos fijos son:

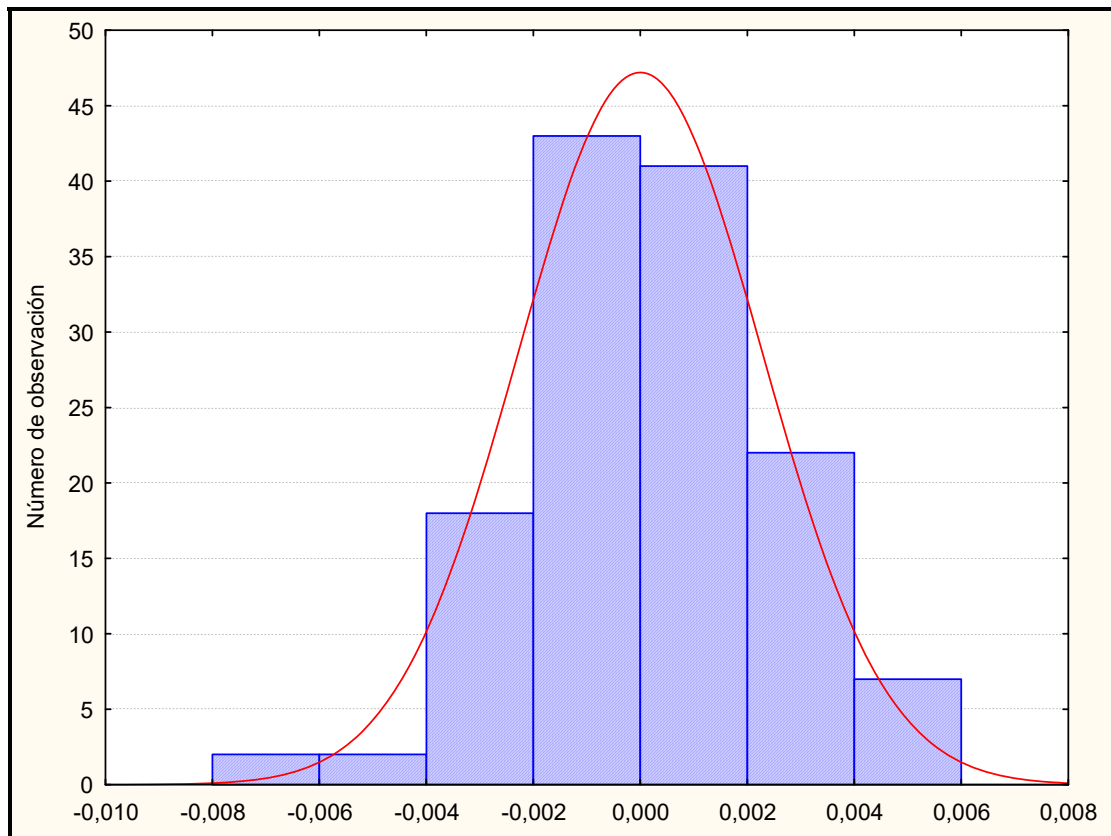
$$e_{ijk} = y_{ijk} - \hat{y}_{ijk}$$

Gráfico 3. Grafico de Probabilidad normal de los residuos.



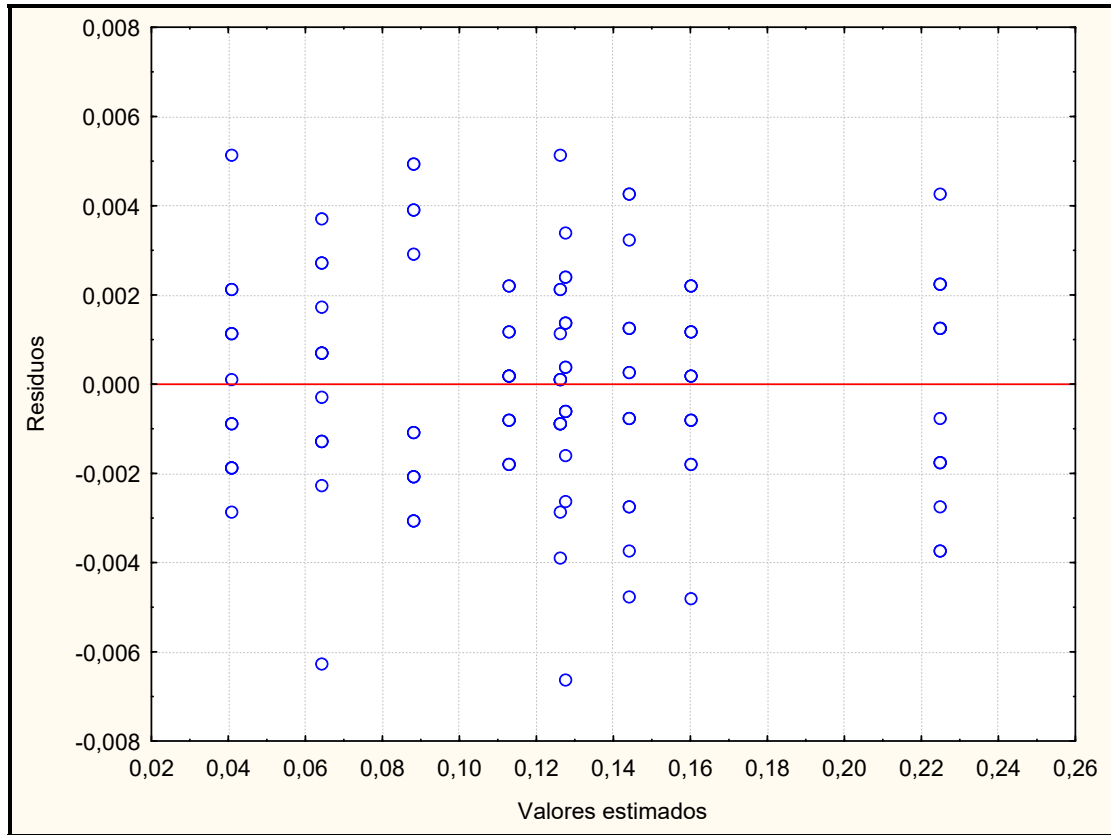
En el gráfico de residuos puede apreciarse una distribución normal de los residuos, es decir, que los resultados del análisis de varianza y comparaciones múltiples son válidos y por lo tanto el modelo planteado para este experimento es válido.

Gráfico 4.- Histograma de residuos.



La gráfica de probabilidad normal y el histograma de estos residuos no revelan algo que pudiera causar problemas. Es decir, podemos en base a esto concluir que el modelo y análisis anterior son correctos.

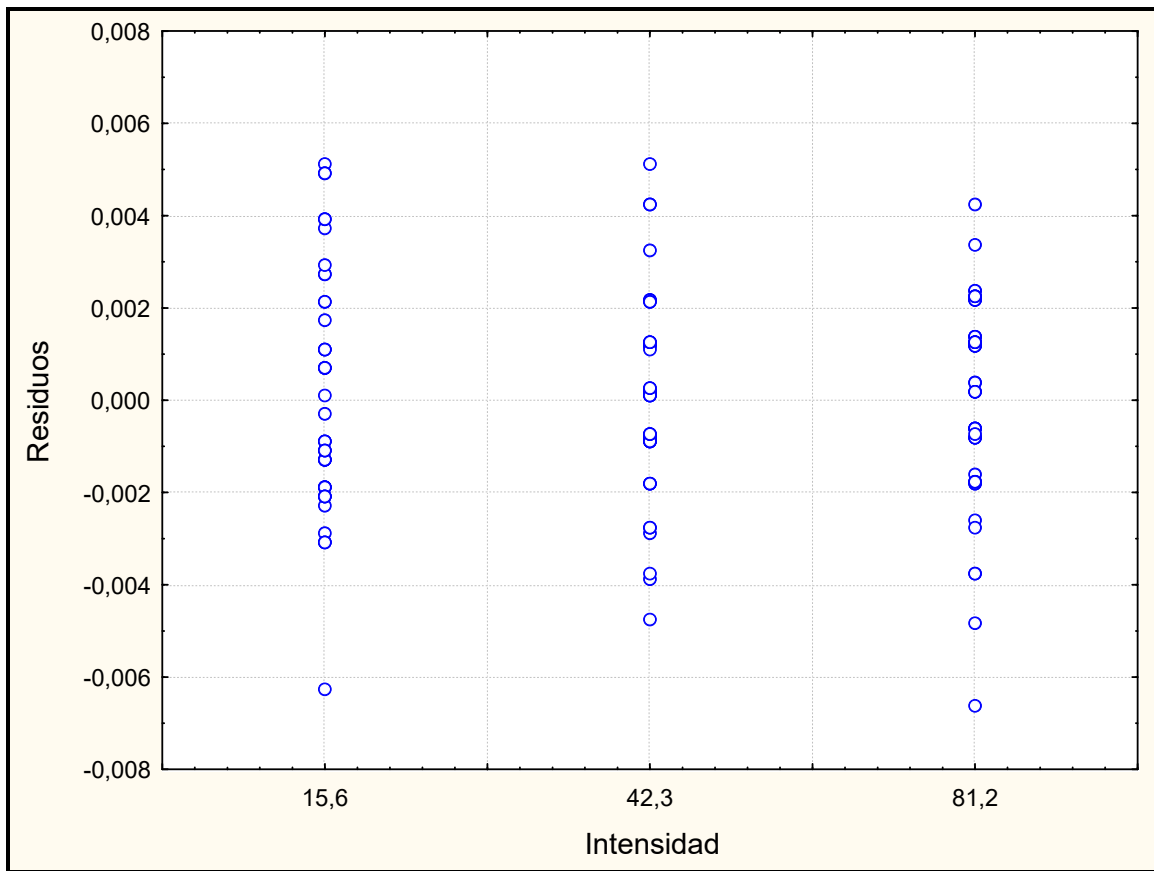
Gráfico 5.- Residuos versus valores estimados.



Se puede observar la comparación de los residuos con los valores estimados del modelo.

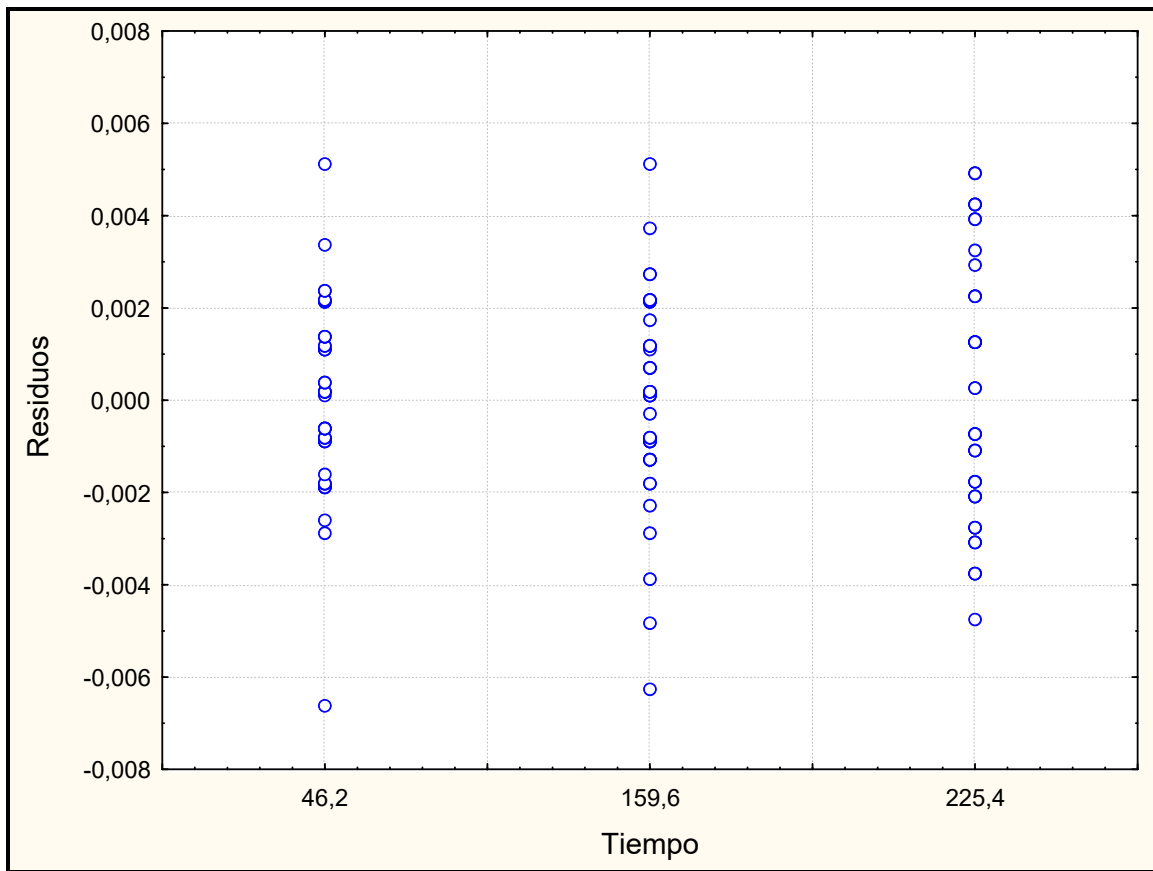
Se presenta una gráfica de los residuos contra los valores ajustados \hat{y}_{ijk} . Esta gráfica muestra una ligera estabilidad de la varianza de los residuos. Es decir, hay un comportamiento homogéneo de los residuos.

Gráfico 6.- Residuos contra intensidad.



Se observa una ligera variabilidad, en especial en 15,6 Kgf, debido a que hay un punto que tiende a alejarse de la concentración de la mayoría de los datos.

Gráfico 7.-Residuos contra tiempo.



Ambas gráficas indican una ligera desigualdad en las varianzas, la máxima variabilidad se da entre 15,6 y 46,2.

Finalmente el modelo ajustado es el adecuado y todos los análisis previos son válidos.

V Discusión

Discusión.

Cualquier experimento in vitro diseñado para estudiar desgaste está sujeto a ser criticado, debido a que el desgaste presentado por un material clínicamente es un proceso multifactorial y complejo. Pero como fue planteado en la introducción, creemos necesario para una adecuada aplicación clínica de los conocimientos, el desarrollar pruebas in vitro de los materiales, que hagan más fácil el entendimiento de su comportamiento. Es decir, las pruebas de estos materiales deben acercarse a lo que ocurre en boca.

Uno de los requisitos básicos de un material apropiado para la confección de planos de relajación es ser resistente al desgaste, pero a la vez no causar atrición de los dientes (Casey y cols., 2003). Sin embargo existe el consenso de que los planos de relajación tienden a desgastarse con el tiempo (Al-Hiasat, 1998). Nuestro experimento demuestra que efectivamente se produce desgaste en la resina acrílica y este es determinado por la magnitud de la carga a la cual es sometida, por el tiempo durante la cual ésta es aplicada y la interacción de estos dos factores.

Tanto en el estudio de Schulte y cols. (1987) como en el de Casey y cols. (2003) se midió el desgaste del acrílico al aplicarle una magnitud de carga durante un tiempo determinado, y se buscaba comparar la resistencia de diferentes resinas, pero no evaluar el comportamiento de cada una de ellas. En nuestro experimento se evaluó el comportamiento de una resina, en la cual se detectó una diferencia significativa del desgaste presentado por los diferentes grupos experimentales. Sin embargo existen interacciones en las cuales se pueden producir desgastes similares, lo que indica la necesidad de medir el desgaste que se produce en valores intermedios a los propuestos por este experimento para analizar de una forma más precisa el comportamiento de la resina acrílica.

El desgaste que se produce en el acrílico es proporcional a la magnitud de la carga a la cual es sometida y el tiempo durante el cual ésta es aplicada. De acuerdo a lo anterior se pueden observar desgastes semejantes en cargas altas durante corto tiempo y cargas de baja intensidad durante un tiempo prolongado; por lo que es crítico el control del tiempo si se quiere conocer la intensidad de la carga al medir un desgaste.

El proceso de desgaste es complejo y en él participan múltiples factores. En este ensayo se intentó estandarizar los diferentes elementos que participan del proceso de desgaste. Se eligió un movimiento deslizante recíproco para realizar el experimento de desgaste en ausencia de impacto, para simular la situación clínica. Ha sido demostrado que el impacto no contribuye significativamente al proceso de desgaste intraoralmente, debido a que la mandíbula sufre una considerable desaceleración previo al impacto del cierre (Casey y cols., 2003).

Es destacable y a la vez motivo de controversia el haber utilizado como objeto indentador un diente natural, ya que Casey y cols. (2003) en su estudio de comparación de cinco resinas utilizadas para la confección de planos de relajación descartaron su uso, debido a que el esmalte dental presenta una variabilidad inherente de estructura física y varía de un individuo a otro. Utilizaron en su lugar esferas de cerámica, sin embargo, en

nuestro estudio se utilizaron dientes naturales que fueron cambiados cada 15 pruebas, y no se produjo una variabilidad de los resultados, por el contrario hubo un comportamiento homogéneo en el desgaste del material. Queremos hacer notar que pese a existir una variabilidad del esmalte dental, la cerámica difiere aun más de las condiciones reales que se presentan en boca y presenta una dureza Knoop de 440.

El tipo de desgaste que principalmente se produce en este experimento, es un desgaste abrasivo de dos cuerpos, el cual ocurre cuando dos cuerpos son firmemente confrontados y existe una marcada diferencia de la dureza superficial de estos (Pavone, 1985). La dureza Knoop reportada es de 343 ± 7 y 21 para esmalte y resina acrílica respectivamente. Lo que reafirma lo planteado anteriormente con respecto al uso de dientes como indentadores, ya que existe una diferencia marcada entre la dureza superficial del diente y la resina acrílica. La variabilidad de la dureza superficial del esmalte, si bien existe, no es lo suficientemente amplia como para variar los resultados del desgaste producido por un diente u otro.

Es necesario estudiar el grado de desgaste frente a otros tipos de facetas de desgaste de los dientes utilizados como indentador, ya que al variar la forma de la faceta de desgaste, variaría también la superficie de aplicación de la carga, que a su vez podría influir en el grado de desgaste.

Con respecto a las cargas que se ejercen durante los episodios de bruxismo Nishigawa y cols. (2001) en un estudio sobre 10 adultos en que se utilizaron transductores intraorales de presión a nivel de los primeros molares determinó que la intensidad promedio de las fuerzas realizadas durante la noche eran de 42,3 Kgf. La carga nocturna más alta y que fue observada en un sujeto fue de 81,2 Kgf. La menor carga observada fue de 15,6 Kgf. pero estas cargas varían de un individuo a otro, y por lo tanto hay cargas intermedias. Con estas cargas hubo diferencias estadísticas significativas en los desgastes medidos, debido a que son alejadas en magnitud una de otra, pero se debe determinar si al utilizarse fuerzas intermedias estas diferencias serían estadísticamente significativas, lo que de igual forma es aplicable para los tiempos utilizados en el diseño del experimento.

Clínicamente, señala Casey y cols. (2003) el desgaste por corrosión es un factor incuestionable de desgaste de los aparatos ortóticos. Por ejemplo el alcohol plastifica la resina. Esta es una limitación de nuestro estudio, debido a que se utilizó saliva artificial solamente con la finalidad de obtener una adecuada lubricación en la zona de contacto entre el diente y el cuerpo de prueba. Estudios futuros deberían estudiar este proceso de desgaste cuando la resina es expuesta a químicos exógenos presentes en la dieta común de las persona.

Queremos destacar el instrumento usado para cuantificar el desgaste de la resina acrílica, el pulsador, debido a que su uso es bastante sencillo y podría ser utilizado en clínica para evaluar de una forma más certera el desgaste que presentan los planos de relajación.

VI Conclusiones

Conclusiones

- 1.-El proceso de desgaste de la resina acrílica de termocurado está determinado por la magnitud de la carga a la que se ve sometida, por el tiempo durante el cual ésta es ejercida y la interacción de estos dos factores.
- 2.-El desgaste producido en la resina acrílica es directamente proporcional a la cantidad de carga a la que se ve sometida y la cantidad de tiempo durante la cual ésta es aplicada.
- 3.-El material demostró un comportamiento homogéneo en cuanto a los valores de desgaste medidos, siendo estos muy cercanos a la media en cada grupo experimental y a su vez cada grupo presentó desgastes significativamente diferentes a los demás
- 4.-Al evaluar facetas de desgaste en acrílico de termocurado, debe discriminarse si éstas son producidas por una alta intensidad de carga durante corto tiempo o por una baja intensidad de carga durante un tiempo prolongado.
- 5.-Ante una carga funcional, durante un mínimo tiempo, se presentan facetas de desgaste, lo cual nos hace pensar que la presencia de una faceta de desgaste no es un signo patognomónico de que el paciente esté ejerciendo fuerzas parafuncionales; algo sumamente importante a tener en cuenta al momento de evaluar un plano de relajación.
- 6.-Se desarrolló una máquina de ensayo idónea, para evaluar in vitro el desgaste de la resina acrílica de termocurado producido por episodios de bruxismo, creando un importante precedente que puede permitir ampliar el entendimiento de este proceso y fundamentalmente dar nuevas herramientas de diagnóstico al especialista en trastornos temporomandibulares y dolor orofacial.
- 7.-Se validó nuestro experimento, debido a que los resultados obtenidos fueron homogéneos, sin grandes variaciones dentro de cada grupo, es decir, siempre los desgastes observados estuvieron cercanos a la media de cada grupo experimental. . Lo cual hace que sea predecible el desgaste que puede producirse en la resina acrílica frente a las diferentes combinaciones de factores a las cuales fue sometida.

VII Sugerencias

Sugerencias

Creemos sumamente importante el haber logrado crear un ensayo experimental, que permite reproducir el proceso de desgaste que ocurre en los planos de relajación utilizados para el tratamiento del bruxismo. Este no debe ser desaprovechado y debe continuarse con la línea de investigación iniciada en el presente seminario de tesis, debido a que el proceso de desgaste es sumamente complejo y el llegar a comprenderlo de una mejor forma es fundamental para una correcta evaluación clínica del comportamiento de los materiales dentales.

Además con la máquina desarrollada en este seminario de tesis, puede evaluarse el comportamiento de materiales de restauración sometidos a cargas parafuncionales.

Más aún sería de gran utilidad en el futuro poder llegar a que con la medición de una faceta de desgaste en clínica lograr con el apoyo de otros exámenes como EMG, estimar con mayor exactitud la carga y el tiempo durante la cual ésta es ejercida por el paciente, para tener un elemento adicional de evaluación de la terapia de un paciente tratado con plano de relajación.

VIII Resumen

Resumen

Estado del problema. Los planos de relajación están destinados a disminuir la actividad muscular causada por el bruxismo, pero tienden a sufrir desgaste con el tiempo.

Objetivo. Reproducir in vitro las condiciones que se producen en este proceso de desgaste y evaluar el comportamiento del material utilizado para la confección de los planos de relajación.

Materiales y Métodos. 27 cuerpos de prueba de acrílico de termocurado transparente Marché, Nueve grupos experimentales (n=15). Los cuerpos de prueba fueron montados en una máquina de ensayo desarrollada para el experimento. Se uso como indentador premolares superiores extraídos por indicación ortodoncica. Los cuerpos de prueba fueron sumergidos en saliva artificial y sometidos a cargas de 15,6 Kgf; 42,3 Kgf y 81,2 Kgf durante 46,2; 159,6 y 225,4 minutos realizando una trayectoria recíproca de 7 mm. en un segundo. El desgaste fue medido en milímetros con un pulsador digital de 0,001 mm. de resolución. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y comparaciones múltiples de Duncan.

Resultados. La media de desgaste medida en milímetros para cada grupo fue: 15,6Kgf-46,2 min=0,040; 15,6Kgf-159,6min=0,064; 15,6Kgf-225,4min=0,088 / 42,3Kgf-46,2min=0,112; 42,3Kgf-159,6min=0,125; 42,3Kgf-225,4min=0,143 / 81,2Kgf-46,2min=0,127; 81,2 Kgf-159,6min=0,159; 81,2Kgf-225,4min=0,224. El análisis de varianza (ANOVA) y combinaciones múltiples de Duncan detectaron diferencias significativas entre los grupos (5% de significancia).

Conclusión. Existen diferencias significativas en el desgaste in vitro en los distintos grupos experimentales, existiendo una significativa interacción de los factores tiempo e intensidad. Además los factores principales en forma individual también son significativos.

IX Bibliografía

Bibliografía.

Al-Hiasat AS, Saunders WP, Sharkey SW, Smith GM, Gilmour WH. (1998): Investigation of human enamel wear against four dental ceramics and gold. *Journal of dental Research*; 26: 487-495

Al-Quranfa, Lyons M. (1999): The immediate effect of hard and soft splints on the EMG activity of the masseter and temporales muscles. *Journal of Oral Rehabilitation* 26(7):559-563.

Álvarez C, Carrillo J, Calatayud J, Carrillo I, Latorre R. (2003): Análisis comparativo de la microdureza Rockwell superficial y Vickers en diferentes composites con esmalte y dentina natural. www.dentsply-iberia.com/Noticias/clinica1704.htm Universidad Europea de Madrid.

Anusavice K (1998): *Ciencia de los Materiales Dentales*, Ed. Mc Graw-Hill Interamericana, Décima Edición.

Barrancos J (1999): *Principios mecánicos. Operatoria Dental Tercera Edición*. Editorial Panamericana. Pp: 535-548

Casey J, Dunn W, Wright E (2003): In vitro wear of various orthotic device materials. *Journal of Prosthetic Dentistry* 90 (3) 498-502.

Christensen G (2000): Treating Bruxismo and Clenching, *JADA* 31:233- 235

Christensen G. (1999): Destruction of human teeth. *JADA* 30: 1229-1230

Clarke NG, Townsend GC (1984): Distribution of nocturnal Bruxism patterns in man. *Journal of Oral Rehabilitation*. 11:529

Craig R (1998): *Propiedades Mecánicas .Materiales en Odontología Restauradora*, Ed. Hartcourt Brace, Décima Edición. pp: 109-203

Dos Santos J (1995): *Diagnostico y tratamiento de la sintomatología craneomandibular*, Ed. Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica, primera edición.

Dube C., Rompre P., Guitard F., Lavigne G.(2004) : Quantitative polygraphic study on efficacy and safety of oral splint in tooth grinding subject. *Journal of Dental Research* 83(5):398-403

Echeverri E, Sencherman G (1993): *El Bruxismo un problema psicodental.Neurofisiología de la Oclusión*. Ediciones Montserrat. pp: 172- 177

Funch D, Gale E (1988): Comparison of different treatments for nocturnal Bruxism. Journal of Dental Research 67: 597-601.

Gibbs Ch., Mahan P., Mauderli A., Lundeen H., Wlask E. (1986) :Limits of human bite strength. Journal of Prosthetic Dentistry 56(2):226-229

Hinojosa M, Reyes M (2001): La Rugosidad de las Superficies: Topometría, Ingenierías Abril-Junio; 4 (11): 27-33

Holmgren K, Sheikholeslam A, Riise C (1993): Effect of full-arch maxillary splint on parafunctional activity during sleep in patients with nocturnal bruxism and signs and symptoms of craniomandibular disorders. Journal of Prosthetic Dentistry 69(3): 293-297.

Kozac K, Duschner H, Gotz H, White D, Zoladz J (2003): Efectos de los gels de peróxido sobre el esmalte y la dentina in vitro. www.dentalresourcenet.com.mx/research/posters/pp1390 Procter & Gamble, Mason, OH, USA; Johannes Gutenberg University, Mainz, Germany

Kydd WL, Daly C (1985): Duration of nocturnal tooth contacts during bruxismo. Journal of Prosthetic Dentistry; 53(5): 717-721

Lavigne G, Goulet J, Zuconni M, Morrison F, Lobbezoo F (1999): Sleep disorders and the dental patient. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology 88(3):257-271.

Macchi R (2000): Otras Aplicaciones de los materiales .Materiales Dentales, Ed. Médica y Panamericana, Tercera Edición pp: 321-332

Macchi R (2000): Propiedades de los materiales.Materiales Dentales, Ed. Médica y Panamericana, Tercera Edición pp: 14-34

Manns A, Díaz G (1988): Sistema Estomatognático. Función Masticatoria. Facultad de Odontología Universidad de Chile. pp: 59-90

Manns A, Díaz G (1988): Sistema Estomatognático. Mecanismos Neuromusculares Centrales o Cerebrales .Facultad de Odontología Universidad de Chile. pp: 151-175

Maulen M., Aníñir E., Gandarillas C. (2002): Evaluación Clínica de la Electroterapia (onda H) en el alivio del dolor en pacientes con Trastornos Temporomandibulares. Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano- Dentista de la Universidad de Valparaíso, Chile.

Mc Cabe JF (1988): Propiedades utilizadas para caracterizar los materiales. Materiales de Aplicación Dental. Salvat Editores. pp: 13

Meeder W., Díaz C., Sebastián I. (1999): Algas orofaciales de origen no odontogénico. Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano- Dentista de la Universidad de Valparaíso, Chile.

Melis M., Abou-Atmey S. (2003): Prevalence of bruxism awareness in a Sardinian population. *Cranio* 21(2):144-151

Menaker L, Morhart R, Navia J. (1986): El huésped .Bases Biológicas de la Caries Dental. Editorial Salvat .pp:117-218

Nishigawa K. Bando- Nakano M (2001): Quantitative study of bite force during sleep associated Bruxismo. *Journal of oral Rehabilitation* May; 28(5):485-91

Nissani M (2000): Can taste aversion prevent Bruxism? *Applied Psychophysiology and biofeedback*. 25:43-54

O'Brien W, Ryge G, (1980): Naturaleza y manipulación de los materiales. *Materiales Dentales y su selección*. Ed. Panamericana. pp: 32.

Okeson J, (1999): Neuroanatomía, función y fisiología del sistema masticatorio. Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares, Ed. Mosby/Doyma Libros, Cuarta Edición. pp: 29-66

Okeson J, (1999): Etiología de los trastornos de funcionamiento del sistema masticatorio. Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares, Ed. Mosby/Doyma Libros, Cuarta Edición. pp: 149-179

Okeson J. (1987): The effects of hard and soft occlusal splints on nocturnal bruxism. *JADA* 114: 788-791

Pavone B (1985): Bruxism and its effect on the natural teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry* 53(5): 692-696

Pergamalian A., Thomas R., Hussein Z, Greco C. (2003): The association between wear facets, bruxismo, and severity of facial pain in patients with temporomadibular disorders. *Journal of Prosthetic Dentistry* 90:194-200.

Pierce C, Weyant R, Block H, Nemir D (1995): Dental Splint Prescription Patterns: A Survey. *JADA* 126: 248-254.

Pingitore G, Petrie J, Chrobak V (1991): The social and psychologic factors of Bruxism. *Journal of Prosthetic Dentistry* 65: 443-446

Rubiano M (1993): Placa Neuro-Mio-Relajante; elaboración y mantenimiento paso a paso, Ed. Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica, primera reimpresión

Rugh J, Orbach R (1988): Occlusal Parafunction, Ed. ND Mohl pp: 249-261

Schulte G., Anderson C, Sakaguchi R., De Long R. (1987) : Wear resistance of Isosit and polymethyl methacrylate occlusal splint material. *Dental Material* 3:82-84

Takeuchi H, Ikeda T, Clark G (1996): Development of new detecting system for Bruxism. *Journal of Dental Research* 75 (IADR abstract):2584.

Veltri N, Romano G, (1995): Mecanismo de acción neuromuscular de las férulas en pacientes con bruxismo. *El dentista Moderno* 10 (1): 55-64

Wruble J, McGlynn C (1989): Bruxismo nocturno y variables del sueño: una revisión crítica. *Journal of Orofacial Pain.* 3:152-158.