

**UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

ULACIT

ESCUELA DE ODONTOLOGÍA

**“Efecto de las lesiones de superficie en la porcelana
dental reforzada químicamente”**

Autores

Juan Carlos Ruiz Guevara
Mónica Sing Briz

Informe de investigación
Trabajo para optar por el grado de Licenciatura en Odontología

Tutor: Dr. Carlos Lastres Pérez
Asesor metodológico: Dr. José Antonio Espinel

Octubre 2000

DEDICATORIA

A Dios, por acompañarnos a lo largo de nuestras vidas

A nuestro hijo Juan Carlos, por quien tratamos de ser mejores cada día.

A nuestros padres, por el gran amor y dedicación que mostraron a lo largo de nuestras vidas y que por su esfuerzo lograron nuestro desarrollo profesional.

A nuestros hermanos y amigos por su apoyo incondicional a lo largo de nuestra carrera.

Para todos ellos con mucho amor,

Mónica y Juan Carlos

INDICE

Contenido	Página
1. Introducción.....	1
2. Hipótesis	4
3. Marco teórico	5
3.1. Porcelanas dentales	5
3.1.1. Clasificación por temperatura de fusión	7
3.1.2. Composición de la porcelana restauradora	8
3.1.3. Estructura	12
3.1.4. Comportamiento mecánico	15
3.1.5. Métodos de fortalecimiento de la porcelana dental	19
3.1.6. Propiedades físicas	20
3.1.7. Tiempo de sintetizado y resistencia de la porcelana aluminosa	22
3.1.8. Fortalecimiento mediante el intercambio iónico	23
4. Diseño metodológico	24
4.1.1. Tipo de estudio.....	24
4.1.2. Variable independiente	24
4.1.3. Variables dependientes	24
4.1.4. Variable fija	24
4.2. Criterios de selección de las unidades de análisis	24
4.3. Muestra	25
4.4. Procedimiento	25
4.4.1. Técnica de recolección de datos	29
4.4.2. Técnica de procesamiento y análisis de resultados	29

5. Descripción y análisis de resultados.....	31
6. Conclusiones y recomendaciones.....	57
7. Bibliografía	59
8. Anexos	60

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

Tabla N°1	Efecto de las lesiones de superficie sobre los refuerzos químicos (Vita 1.130°C 68).....	31
Tabla N° 2	Comparación entre el grupo control de muestras no tratadas y muestras con superficies inferiores rayadas	32
Tabla N°3	Comparación entre muestras tratadas químicamente no lesionadas y muestras no tratadas y no lesionadas	34
Tabla N°4	Cuadro comparativo que demuestra el rayado de superficies inferiores de muestras tratadas químicamente y su comparativo no rayado	35
Tabla N°5	Comparación entre muestras tratadas químicamente rayadas en su superficie inferior y sus comparables no tratadas químicamente	36
Tabla N°6	Comparación entre muestras no tratadas químicamente no lesionadas y las tratadas químicamente rayadas en sus superficies inferiores	37
Tabla N°7	Comparación entre muestras tratadas químicamente con rayado de las superficies superiores y sus comparables sin rayado	38
Tabla N°8	Comparación entre muestras tratadas químicamente, esmeriladas en sus superficies inferiores y sus comparables químicamente no tratadas ni lesionadas	40
Tabla N°9	Efecto de las lesiones de superficie sobre el refuerzo químico. Carga hasta el fallo. (Vitadur 368/344S)	41
Tabla N°10	Comparación entre muestras del grupo control en orientación 368/344Sy otro grupo control orientado 344S/368	42
Tabla N°11	Comparación entre muestras del grupo control probado en la orientación 344S/368 y un grupo similar con sus superficies inferiores rayadas	44

Tabla N°12	Comparación entre muestras del grupo no tratado químicamente probado en la orientación 368/344S y rayado en sus superficies superiores y un grupo probado en orientación 344S/368 rayado en su superficie inferior	46
Tabla N° 13	Comparación entre muestras del grupo tratado químicamente no lesionado en orientación 344S/368 y un grupo similar no tratado químicamente	47
Tabla N°14	Comparación entre muestras del grupo tratado químicamente rayado en sus superficies superiores en orientación 368/344S y un grupo similar no tratado químicamente	48
Tabla N°15	Comparación entre muestras del grupo tratado químicamente sin rayado en orientación 344S/368 y un grupo similar con superficies inferiores rayadas	49
Tabla N°16	Comparación entre muestras del grupo tratado químicamente en orientación 344S/368 con superficies de rayado inferiores y un grupo de muestras comparables en cuanto a rayado y orientación no tratadas químicamente	50
Tabla N°17	Comparación entre muestras del grupo no lesionado ni tratado químicamente en orientación 344S/368 y un grupo de muestras tratadas químicamente con rayado inferior	51
Figura N°1	7
Figura N°2	Aparato utilizado para efectuar rayas radiales en la superficie de las muestras de porcelana de prueba	26
Figura 3a	Diagrama de una pieza de porcelana de prueba apoyada en tres puntos. a) Tres rayas radiales b) desde el centro de la superficie inferior de la lesión	28
Figura 3b	Diagrama de una pieza de porcelana de prueba apoyada en tres puntos. a) Tres rayas radiales b) desde el centro de la superficie superior	28
Figura N°4	Efecto de las lesiones de superficie sobre los refuerzos químicos (Vita 1.130°C 68)	33
Figura N°5	Efecto de las lesiones de superficie sobre los refuerzos químicos (Vitadur)	43

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento al Dr. Carlos Lastres Pérez, por su dedicación, su apoyo incondicional y su amistad en el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Jose Antonio Espinel y la Dra. Georgina Rivero, por su valiosa colaboración en este trabajo.

Agradecemos al personal que labora en el Laboratorio “CIPRONA” de la Facultad de Química de la Universidad de Costa Rica, especialmente a su director Dr. Guillermo Chávez Guevara y a su subdirectora Dra. Martha Eugenia López López.

A nuestra familia, compañeros y profesores que durante toda la carrera hemos compartido inolvidables momentos.

1. INTRODUCCIÓN

El ejercicio de la odontología actual, impone hoy en día a cualquier profesional una exigencia de constante actualización. Es imperativo relacionar los esfuerzos de la investigación científica con la práctica cotidiana.

El odontólogo experimentado no puede basarse tan solo en unos esquemas de un patrón ya adquirido y consolidado, pues la dificultad y tal vez también el encanto de la odontología residen muchas veces precisamente en su constante renovación.

Año tras año, al contar con mayores avances tecnológicos e investigaciones, se han logrado mejorar los materiales utilizados en la prostodoncia fija. Tal es el caso de las porcelanas de uso dental. Este material, al ser altamente estético, es muy utilizado en las restauraciones fijas.

Sin embargo, se ha tratado de mejorar su resistencia a las fuerzas de tensión ejercidas en las restauraciones una vez cementadas en boca.

El Dr. R.W. Phillips en su libro *La ciencia de los materiales dentales* de Skinner en 1986 dedica un capítulo a la porcelana dental, en el cual menciona:

“... En una restauración puede obtenerse mayor resistencia mediante una alúmina de alta pureza, por lo general mayor de 97%, como refuerzo para la porcelana traslúcida. Estos reforzamientos preformados con alto contenido de alúmina sirven para fabricar puentes, coronas, postes, o pequeños puentes fijos”. (3)

Por otro lado, M. Mark y un grupo de investigadores en su estudio *Efecto de diferentes materiales cerámicos sobre la resistencia a la fractura de coronas adheridas a la dentina*, menciona:

“ En la porcelana aluminosa, la matriz vítrea de la porcelana se dispersa con cristales de alta resistencia como la alúmina (óxido de aluminio). Como consecuencia de ello, la resistencia y la elasticidad del material de composite cristal-vidrio se ven aumentadas progresivamente con la proporción de la fase cristalina.” (2)

Se ha demostrado que la porcelana dental químicamente reforzada tiene bajo coeficiente de densidad óptica-resistencia. Es evidente que tal condición es deseable en las restauraciones dentales del tipo de las prótesis fijas anteriores, pero se sabe poco acerca de la utilidad de la porcelana tratada químicamente.

Este estudio examina los efectos que las lesiones de superficie, en forma de abrasión y rayado agresivos, tienen sobre la resistencia de las porcelanas tratadas y no tratadas químicamente.

En la bibliografía y fuentes consultadas a nivel nacional no han sido reportados estudios acerca del efecto de las lesiones de superficie en la porcelana dental reforzada o no químicamente

2. HIPÓTESIS

Como se constata en los pocos antecedentes citados en la introducción del trabajo, existen muy pocos estudios que fundamenten los resultados del reforzamiento químico de las porcelanas dentales.

Los avances tecnológicos ponen a nuestra disposición instrumentos, aptos para medir rugosidades además de crear superficies de rayado en metales y piedras tales como adalpita, fedelpita, cerámica y muchos mas. Tal es el caso del tensionómetro mediante el cual procederemos a probar la siguiente hipótesis:

**El refuerzo químico de la superficie de la porcelana dental
aumenta sus propiedades físico mecánicas.**

3. MARCO TEÓRICO

La sustentación teórica del presente trabajo, exige precisar aspectos concernientes a la porcelana dental tales como sus propiedades, usos, constituyentes y otros aspectos generales, imprescindibles para la comprensión de esta investigación.

3.1 Porcelanas dentales

Las porcelanas dentales son los materiales con los que se hacen las restauraciones fijas más estéticas. Básicamente son vidrios no cristalinos compuestos por unidades estructurales de silicio y oxígeno (tetraedros de SiO_4). Para su empleo en odontología deben tener las siguientes propiedades:

1. Punto de fusión bajo.
2. Alta viscosidad.
3. Resistencia a la desvitrificación.

Estas propiedades se obtienen añadiendo otros óxidos a la estructura básica.⁽⁴⁾

Según su uso, la porcelana se clasifica en tres tipos. El primero se emplea para la fabricación de dientes artificiales. El segundo se usa para coronas, fundas de porcelana e incrustaciones; y el tercero, designado con mayor propiedad como esmalte, se usa como frente sobre coronas metálicas coladas tipo Veneer; sin embargo, los principios de la composición química y técnica son esencialmente los mismos para los tres tipos.

Las porcelanas dentales son en parte minerales cristalinos (por ejemplo feldespato, sílice, alúmina) en una matriz de vidrio. La fase de vidrio consta de polvos finamente trabajados los cuales, cuando se compactan y arden o se sintetizan a altas temperaturas, se funden y forman un material translúcido, parecido al esmalte. La porcelana dental es el material de restauración estética más durable y, cuando está correctamente glaseada y tersa, se limpia con mucha facilidad de manchas o placa.

Figura N°1. Micrografía de la fractura de una porcelana dental



Nota: fractura en un sistema de dos fases de porcelana dental.

Fuente: Mc. Lean, J. W., The aluminar einforced porcelain crown. J. Am. Dent. Ass., 75:621, 1967.

1. Alta fusión 1288-1371° C (2350-2500° F)
2. Fusión media 1093-1260° C (2000-2300° F)
3. Baja fusión 871-1066° C (1600-1950° F)

3.1.2 Composición de la porcelana restauradora

Los fabricantes usan la porcelana de alta fusión en la construcción de dientes de dentadura artificial, pero se usa rara vez en la fabricación de restauraciones individuales de porcelana. Estos materiales pueden contener de 75 a 85% de feldespato, de 12 a 22% de cuarzo y más de 4% de caolín. El feldespato proporciona una fase cristalina y sirve de matriz para el cuarzo, el cual permanece en suspensión después de la combustión.

El cuarzo (SiO_2) se usa en la porcelana como un endurecedor. A temperatura de combustión normal, su estructura no cambia y sirve para estabilizar la masa a altas temperaturas.

Los feldespatos utilizados en la fabricación de porcelana dental son mezclas de silicato de potasio y aluminio $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$, y albita, $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$. El feldespato natural jamás es puro y es variable su relación de potasa (K_2O) y sosa (Na_2O). Cuando el feldespato se funde de 1250 a 1500° C (2280-2730° F), el fundido se vuelve vidrio con una fase de sílice cristalino libre.

La sosa formada por el feldespato tiende a disminuir la temperatura de fusión, en tanto que la formación de potasa incrementa la viscosidad del vidrio fundido, lo cual origina menor hundimiento o flujo piropástico de la porcelana durante la combustión. Esta es una propiedad deseable porque evita que los bordes se redondeen, que se pierda la forma de los dientes e impide la obliteración de las manchas superficiales, los cuales dan un aspecto vivo.

El caolín es un silicato de aluminio hidratado ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) que sirve de aglutinante y hace más moldeable la porcelana sin haberla calentado. Debido a su opacidad, está presente en pequeñas cantidades, si es que se encuentra.

Muchas porcelanas para restauración contienen una fase cristalina libre de cuarzo; sin embargo, deben denominarse vidrios, y las porcelanas de alta fusión, más exactamente, “vidrios feldespáticos”.

En las porcelanas de media y baja fusión, los fabricantes mezclan los componentes, los funden, y luego enfrían bruscamente la masa en agua. Este enfriamiento ocasiona tensiones internas que causan agrietamiento y fractura del vidrio. Este proceso se llama “fritación” y el producto se llama “frita”. La frágil estructura resultante se reduce a un polvo fino que usará el ceramista.

Durante el profundido de la porcelana ocurre la reacción piroquímica entre los ingredientes y se presenta gran parte de la contracción asociada con esta reacción. Durante la subsecuente combustión en el laboratorio dental, los polvos se funden y forman la restauración. La temperatura de fusión depende de la composición del vidrio y debe controlarse con cuidado para minimizar el flujo pirolástico.

Los álcalis (potasa y sosa) se introducen como carbonatos o como minerales naturales (por ejemplo feldespato). En el último caso, se añade algo de sílice y alúmina. El boro puede estar presente como bórax o ácido bórico. Cuando se

usa cal, se añade como carbonato de calcio que se convierte en CaO durante la fritación.

Las partículas de alúmina son mucho más fuertes, con un módulo de elasticidad más alto que el cuarzo e interrumpen la propagación de grietas con mayor eficacia. El vidrio seleccionado para la matriz debe tener el mismo coeficiente de expansión térmica que la alúmina. En este caso la grieta se propaga a través de las partículas de alúmina.

En la misma medida que las partículas de alúmina se fractura con más dificultad que el vidrio, así se requiere mayor energía para la propagación de la grieta que a través del vidrio solo. Por lo tanto, la alúmina tiene una mayor proporción de cualquier carga que se aplica, y la resistencia del compuesto alúmina-vidrio, se eleva con el contenido de alúmina. Un 50% en peso de alúmina-vidrio, puede tener el doble de la resistencia de la sola fase de vidrio.

Así pues, si el coeficiente de expansión térmica es diferente en las dos fases, la grieta se propaga a través de los granos y la resistencia se reduce. Este camino

irregular e debe a las tensiones que existen alrededor de las partículas de alúmina.

(Southan D. E., 1987 Pags 261-263)5

3.1.3 Estructura

Como sucede en la mayoría de los materiales cerámicos, los átomos se mantienen juntos gracias a las uniones primarias. En el cristal de sílice por ejemplo, la unión es iónica y a la vez covalente, con una disposición atómica tetraédrica. No hay electrones libres, por lo tanto, los materiales cerámicos son malos conductores térmicos y eléctricos. En comparación con los metales, la disposición atómica es compleja.

Las reacciones cerámicas son lentas debido a la gran resistencia y a la complejidad de sus estructuras. Las porcelanas dentales son casi inertes. El enfriamiento del cristal por lo general es muy lento, pero la velocidad de difusión atómica es de tal lentitud que el cristal se solidifica con un estructura de líquido en vez de hacerlo con estructura cristalina. Aunque la energía interna del líquido superenfriado o estructura no cristalina es mayor que la disposición cristalina, la primera es una forma estable. Esta estructura se denomina vítrea y el proceso de

formación se conoce como *vitrificación*. En cerámica, la vitrificación es la obtención de una fase líquida por reacción o derretimiento, el cual, al enfriarse proporciona la fase del glaseado o brillo.

El principal ion presente en todos los cristales es oxígeno, que forma uniones muy estables con iones multivalentes pequeños, como silicio, boro, germanio o fósforo. Estas unidades estructurales, como tetraedros de SiO_4 o triángulos de BO_3 , forman la red desordenada del cristal. Así estos elementos llevan el nombre de formadores de vidrio o cristales.

La porcelana dental tiene una trama básica de silicio y oxígeno como matriz formadora de vidrio, pero se consiguen otras propiedades, como baja temperatura de fusión, viscosidad alta y resistencia a la desvitrificación, con solo incorporar otros óxidos a la red de SiO_4 formadora de vidrio. Estos óxidos son de potasio, sodio, calcio, aluminio y boro.

Los óxidos de potasio, sodio y calcio se usan como modificadores de cristales; es decir, interrumpen la integridad de la red de SiO_4 y actúan como fundentes. La finalidad del fundente es descender la temperatura de ablandamiento del vidrio al reducir la cantidad de uniones cruzadas entre el oxígeno y los elementos formadores

de cristales. El sodio por ejemplo, proporciona un electrón al átomo de oxígeno del tetraedro. Así, el átomo de oxígeno se convierte en parte de un solo tetraedro, en vez de ser compartido por otros tetraedros. En otras palabras, los tetraedros se separan.

Si los enlaces de SiO disminuyen y la masa fundida se torna menos viscosa; también, se obtiene una temperatura de madurez más baja. Si se interrumpen demasiados tetraedros, el cristal se *cristaliza* o *desvitrifica*. Sin embargo, no es probable que ocurra esto con las porcelanas dentales, porque en la mayoría de los casos el contenido de silicio es mucho mayor que la mitad del total de la masa (Phillips,R.W 1986).³

Cuando una porcelana se cuece demasiadas veces y se desvitrifica, se vuelve lechosa y difícil de glasear (Shillinburg,H. 1990).⁴

Por otro lado, aunque el óxido bórico (B₂O₃) puede actuar como fundente, también forma su propia red vítrea. Como el óxido bórico forma una red gemela con el sílice, puede interrumpir aun la red más rígida de sílice y producir el descenso del punto de ablandamiento del cristal.

Sin embargo, el papel del Al₂O₃ en la formación de cristales es complicada. No se considera un verdadero formador de cristales por sí mismo, debido a las

dimensiones del ion y de la relación O:Al. No obstante, puede intervenir en la red del cristal para alterar el punto de ablandamiento y viscosidad.

Óxidos como el Al_2O_3 reaccionan de una u otra manera, según sean otros factores, como la composición. Estos óxidos son denominados *intermedios*. Por lo general, el Al_2O_3 se usa en la formación de cristales para aumentar la dureza y la viscosidad.

No obstante, el B_2O_3 también impiden los aumentos de expansión térmica, y por tanto permite un incremento en el contenido del álcali para bajar aún más la temperatura de combustión.

3.1.3 Comportamiento mecánico

A causa de su estructura, el cristal carece por completo de ductilidad después de la vitrificación. No se producen dislocaciones ni deslizamientos.

Al romperse, se produce una fractura quebradiza. Su resistencia a la compresión es alta, y teóricamente, también es alta su resistencia a la tracción. La resistencia tangencial es baja (la fibra de vidrio debe tener una resistencia a la tracción de 1.000.000 de libras por pulgada cuadrada).

Sin embargo, en la práctica, la resistencia a la tracción de una cerámica es muy baja, debido a las irregularidades de la superficie. Por lo contrario, en la fibra de vidrio, que se obtiene por el estiramiento del vidrio en su estado viscoso a temperatura elevada, hay una estructura bastante uniforme. En el cuerpo cerámico común, se producen defectos de superficie como pequeñas grietas, porosidades y desniveles. Estas grietas generan concentración de tensiones y como los cristales carecen de ductilidad, el alivio de tensiones no es posible. Si la estructura se halla bajo tensión por tracción, las tensiones concentradas superan con facilidad la resistencia del cuerpo cerámico, y la profundidad de la grieta aumenta. Cuanto mayor sea la profundidad de la grieta, tanto mayor será la concentración de

tensiones, y la fractura quebradiza se produce con rapidez. Esta teoría explica las fracturas casi explosivas de los cuerpos cerámicos, cosa que ocurre con frecuencia.

Por otro lado, bajo la tensión de compresión la grieta no se autopropaga y la tensión es mejor resistida. Se cree que las grietas se forman durante el enfriamiento de la cerámica, después de la maduración. Independientemente de la velocidad de enfriamiento, la capa externa se enfría con mayor rapidez que la parte interna. En consecuencia, la piel se halla bajo compresión y la parte interna contiene tensiones traccionales porque su contracción térmica es parcialmente impedida por la piel rígida que ya se ha solidificado. Este cambio de dimensión diferencial podría fracturar o romper la capa superficial y producir minúsculas grietas cuando las tensiones opuestas tratan de neutralizarse entre sí en esta zona.

Se tendrá en cuenta este factor y se lo aprovechará aumentando a propósito el espesor de la capa superficial mediante un proceso llamado “templado”. En este proceso el vidrio se calienta hasta una temperatura que permite la relajación y luego se enfría rápidamente. A causa de este tratamiento, la “piel” tiene el espesor suficiente, de manera que las tensiones de tracción internas no son suficientes para superar las tensiones de la compresión de la superficie, y las grietas no se extienden.

Por tanto, la resistencia general del vidrio aumenta. Este procedimiento se aplica a las estructuras cerámicas dentales, pero es más eficaz aplicados sobre superficies planas.

Un importante factor clínico en el debilitamiento de las superficies cristalinas es el efecto de la contaminación por humedad. El agua cumple una función primordial en la fatiga estática del cristal y produce una reducción de la resistencia que depende del tiempo. El proceso ha recibido el nombre de reemplazo de los iones alcalinos del cristal o por iones de hidrógeno, los cuales atraen moléculas de agua y las sitúan dentro de los espacios que originalmente estaban ocupados por los álcalis.

Esta agua encontrada en la saliva puede actuar como un tipo de modificador de la red en el debilitamiento del vidrio. El vidrio sin dañar se debilita por el almacenamiento de humedad y muestra fractura demorada cuando se tensiona a una carga constante en condiciones de humedad. Es muy probable que la superficie debilitada de la porcelana dental se presenta en la boca. También, las cargas que se aplican sobre las superficies oclusales (que en condiciones normales no fracturarían el material) pueden tensionar el sistema agrietado una vez que se inicie la fatiga estática.

Esto puede ser la causa de que las porcelanas unidas al metal sean mucho más fuertes, ya que la interfase de la porcelana es protegida contra los efectos de las microgrietas y de la fatiga estática en el agua. El grosor del material también juega un papel importante en este reforzamiento pero, como se explicó, la unión del material probablemente mejora la resistencia de la corona de alúmina unida al platino.

3.1.4 Métodos de fortalecimiento de la porcelana dental

Para fortalecer la porcelana dental, conviene contar con un mecanismo que evite la propagación de las grietas que podría ocurrir con pequeñas tensiones por tracción. En el caso de la corona metal porcelana, esto puede obtenerse de diferentes maneras. La superficie interior puede reforzarse con un metal o con una cerámica de alta resistencia o bien, la superficie de la porcelana puede tratarse con intercambio de iones para mejorar su resistencia.

3.1.5 Propiedades físicas

La resistencia de las restauraciones de porcelana quizá sea su propiedad mecánica más importante. Dijimos que la resistencia a la compresión de los cuerpos cerámicos es mayor que su resistencia a la tracción o su resistencia tangencial. La resistencia a la tracción es baja, debido a los inevitables defectos de la superficie. La resistencia tangencial es baja por la carencia de ductilidad o capacidad de deformación que nace de la estructura bastante compleja de los materiales cerámicos vítreos.

Por lo común, la resistencia de la porcelana dental se mide por una prueba de flexión transversal que indica su resistencia a la flexión o módulo de rotura. La resistencia a la tracción de la porcelana es menor que su resistencia a la compresión; se deduce que la superficie inferior de la muestra es más débil y debe fracturarse primero. Por ello, la medición indicaría más la resistencia a la tracción que la resistencia a la compresión.

La resistencia de la porcelana depende en una gran medida de su composición, integridad superficial y estructura interna. La presencia de vacíos y burbujas y, la

temperatura de cocción, afectan su resistencia. Salvo que la vitrificación sea completa, la estructura es débil. Asimismo, si la cerámica se cuece demasiado, su resistencia disminuirá, porque entonces se disuelve mayor cantidad de núcleo en el fundente y la trama del núcleo se debilita. No obstante, este efecto es más nocivo para las cualidades estéticas. La cocción excesiva hace que el material sea más transparente y adquiera aspecto vidrioso.

El enfriamiento demasiado rápido aumenta las grietas superficiales y debilita la porcelana. La porcelana glaseada es mucho más resistente que la variedad no glaseada. El glaseado reduce la propagación de grietas. Si por desgaste quitamos la capa glaseada, la resistencia transversal será la mitad de la presente cuando existe tal capa. Con la porcelana “templada” se consigue el mismo efecto que con el glaseado.

Resulta interesante destacar que el módulo de rotura de la porcelana aluminosa es el mismo, sea la porcelana glaseada o no. El efecto de refuerzo del núcleo de alúmina es suficiente para contrarrestar en cierta medida el efecto debilitante de la

solución de continuidad de la superficie. Es considerable el efecto de refuerzo que se obtiene usando alúmina sintetizada como apoyo a la porcelana translúcida, según lo indica su módulo de rotura.

La técnica de cocción también afecta la resistencia. El programa de cocción que recurre a temperatura más baja durante un tiempo más prolongado es superior, en lo que a resistencia concierne, a la técnica de período de cocción a alta temperatura. Con las temperaturas de cocción bajas se preservan mejor los bordes y ángulos marcados.

Evidentemente hay que calcular que pase el tiempo suficiente a la temperatura adecuada para que la masa fundida viscosa fluya completamente a través de las partes no fundidas y las unifique. A medida que la temperatura aumenta, la viscosidad de la fase fundida decrece y ésta fluye con mayor facilidad, pero quizá a alta temperatura se funda demasiado material, lo cual hará que la resistencia disminuya. Como sucede con materiales similares, es necesario mantener la relación óptima entre matriz y núcleo para conseguir el máximo de resistencia.

3.1.6 Tiempo de sintetizado y resistencia de la porcelana aluminosa

Es esencial que exista enlace químico entre la matriz de vidrio y los

cristales de alúmina, de manera que se obtenga la máxima resistencia en la porcelana

aluminosa. Este sistema es más eficaz para impedir la fractura cuando pueden pasar grietas de forma indiscriminada a través de ambas fases de vidrio y de cristal de alúmina, y por ello permite a los cristales soportar mayor proporción de cualquier tensión aplicada a la porcelana.

Conviene utilizar un tiempo prolongado de sintetizado cuando se cuecen las porcelanas de baja fusión con núcleo aluminoso, a fin de permitir que los cristales absorban bien el vidrio.

3.1.7 Fortalecimiento mediante el intercambio iónico

Como ya se señaló, la porcelana también puede endurecer mediante el intercambio de iones. Cuando las porcelanas dentales que poseen suficiente contenido de sosa (Na_2O) se sumergen en un baño de sal de nitrato de potasio, los iones de potasio reemplazarán algunos iones de sodio localizados cerca de las capas superficiales. El aglutinamiento de átomos ocurre cuando los grandes iones de

potasio desplazan a los iones de sodio , y se produce una superficie de tensión. Esta compresión superficial origina un aumento en la resistencia de la porcelana.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de estudio

El estudio es de tipo experimental, con prueba de hipótesis. La cual consiste en, que el refuerzo químico de la superficie en la porcelana dental aumenta sus propiedades físico químicas, tiene las siguientes variables:

4.1.1 **Variable Independiente:** tipo de muestras (con y sin tratamiento químico)

4.1.2 **Variables dependientes:** resistencia expresada en Newtons.

4.1.3 **Variables fijas:** porcelanas de diferente diámetro y grosor.

4.2 Criterios de selección de las unidades de análisis

Se seleccionaron para el estudio porcelanas aluminosas y de cuarzo.

4.3 Muestra

Se prepararon 50 muestras puras de Vita 1130° C 68, en forma de disco, de 10 mm de diámetro por 2 mm de grosor, ya que las muestras puras no difieren en resistencia de la porcelana laminada, La muestra de porcelana aluminosa de esta investigación la constituyeron 48 láminas de Vitadur 344S y 368, cuya preparación siguió exactamente la descrita anteriormente.

Los discos laminados tenían un diámetro de 10 mm y un grosor total nominal de 2 mm. El grosor medio del núcleo de alta fusión (344 S) fue de 0.947 mm.

4.4 Procedimiento

El tratamiento químico para el grupo de Vita 1130° C consistió en inmersión de nitrato potásico fundido a 600 ° C durante 4.5 horas. Para el grupo aluminoso la inmersión fue a 500°C durante 6 horas.

Las lesiones de superficie se efectuaron de dos formas en ambos grupos, mediante rayado con una Vickers 136° Diamond Pyramid Indenter, pirámide de base cuadrangular con un ángulo incluido entre facetas opuestas de 136° según los requisitos de la British Standards Institution, bajo una carga de 19.733N y mediante abrasión completa de la superficie hasta una profundidad de 60 a 70 μ m con papel N° 220 SiC.

En todos los casos la pirámide de diamante hizo una línea de picado de 156 a 188 μ m de anchura y, en consecuencia, de 30 a 40 μ m de profundidad.

Se hicieron irradiar tres líneas de rayado desde el centro de la muestra con el aparato que se muestra en la figura a continuación.

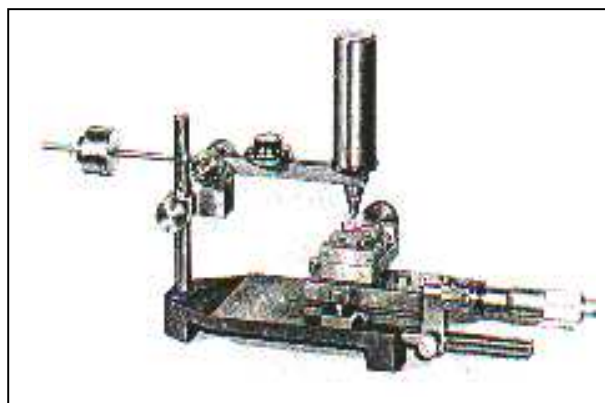


Fig.2 Aparato utilizado para efectuar rayas radiales en la superficie de las muestras de porcelana de prueba.

El brazo que poseía la carga y sujetaba la pirámide de diamante se mantuvo siempre en posición horizontal. Las muestras se apoyaron y sujetaron en un disco Perspex que se montó sobre un dispositivo deslizante de precisión de acero, cuyo recorrido se regulaba mediante un tornillo micrométrico. La punta de diamante se centró sobre una muestra lisa de latón bien sujeta con un centro claramente marcado.

En las piezas de prueba de porcelana se hicieron las rayas radiales empezando a mover la punta desde 0.5 mm del borde de la muestra unos 5 mm hacia el centro de la misma, mientras se hacía girar lentamente el tornillo micrométrico con una progresión en cada vuelta de unas 80 μm . Cada 80 μm se recorría un segundo mas o menos; cada progresión se separó con una pausa de un segundo. Se efectuaron tres rayas de este tipo en un ángulo de 120°. La cantidad eliminada mediante la abrasión se midió con un micrómetro.

Se rayaron los grupos de muestras tratadas y las no tratadas, mientras que se abrasionaron otras procedentes de ambos grupos. Todas ellas se compararon con grupos similares que no habían sufrido alteraciones de superficie tras su fabricación.

Se efectuaron pruebas de resistencia utilizando el sistema de apoyo en tres puntos con colocación central de la carga ya descrito, con las lesiones de superficie

colocados tanto en la posición de tensión como por encima de la misma o por debajo. Las líneas radiales se situaron siempre a media distancia entre esferas de acero de soporte. (Fig 3a, 3b)

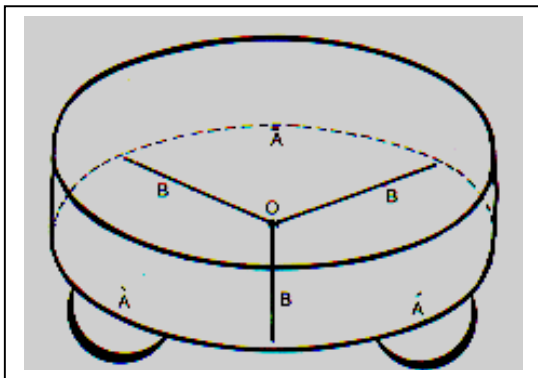


Fig. 3a. Diagrama de una pieza de porcelana de Prueba apoyada en 3 puntos (a). 3 rayas radiales (b) desde el centro (o) de la superficie inferior de la tensión.

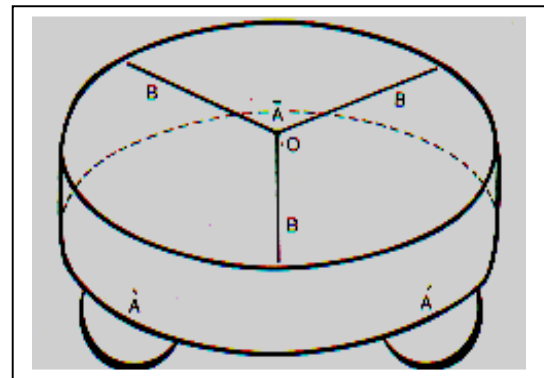


Fig. 3b Diagrama de una pieza de porcelana de prueba apoyada en tres puntos (a). Tres rayas radiales desde el centro (o) de la superficie superior.

Puesto que en las coronas químicamente reforzadas que se usan en la práctica no hay necesidad antes del cementado o posibilidad tras el mismo de que se produzca abrasión superficial o lesiones en sus superficies internas, solo se abrasaron o rayaron las superficies del esmalte (368) de las laminas aluminosas

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

Se dividieron las muestras en 10 grupos (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J), cada uno con un grosor diferente. A los diferentes grupos se les aplicó o no el tratamiento químico, para que de esta forma se estudiaran muestras tratadas y no tratadas y así establecer una comparación entre ellas.

Para el mismo fin algunas superficies de las muestras fueron rayadas y otras esmeriladas.

4.4.2 Técnicas de procesamiento y análisis de resultados

Los resultados obtenidos con respecto a los diferentes efectos de las lesiones en las superficies tratadas y no tratadas químicamente se registran en las tablas y gráficos estadísticos utilizando como medidas de resumen la Media Aritmética, la desviación Estándar y el Coeficiente de Variación.

Para la prueba de hipótesis se utilizó la prueba estadística T procediendo de la siguiente manera:

Si el valor calculado es mayor que el valor tabulado para un nivel de significación del 5% y 1% entonces se rechaza H^0 y podemos afirmar que las medias provienen de muestras diferentes, o sea que las diferencias observadas no son obras del azar si no debidas al reforzamiento químico a que fueron sometidas las porcelanas. (Dixon, Massey,1980) ¹

5. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se resume la información obtenida en la investigación. En este sentido se describen y analizan los resultados.

La tabla 1 muestra los efectos que tuvieron las lesiones de superficie en las muestras puras de cuarzo de porcelana Vita 1.130 °C 68.

Tabla 1. Efecto de las lesiones de superficie sobre los refuerzos químicos. Carga hasta el fallo (n) (Vita 1.130°C 68)

N° de Muestras	Grosor medio mm	Tratamiento Químico (NO3K)	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Media (N)	Desviación estandar	Coeficiente de variación (%)
			Profundidad del rayado medio (µm)	Profundidad del esmerilado medio (µm)				
A10	1.988	Nulo			Sin lesión	210	19	12
B5	1.984	Nulo	30-40		Inferior	46	7	17
C5	1.978	Nulo	30-40		Superior	201	26	13
D5	1.997	600°C/4.5 h	30-40		Inferior	143	5	4
E5	1.990	600°C/4.5 h	30-40		Superior	304	7	3
F5	1.993	600°C/4.5h		60	Inferior	323	26	9
G5	1.986	600°C/4.5 h		74	Superior	299	35	12
F+G10	1.989	600°C/4.5 h		67	Inferior (F) Superior (G)	311	33	11

H10	1.992	600°C/4.5 h	Sin lesión	363	18	7
-----	-------	-------------	------------	-----	----	---

El rayado de las superficies de tensión de las muestras no tratadas redujo su resistencia de forma muy evidente. El grupo control era unas 4.6 veces más resistente que las muestras con superficies inferiores rayadas. La diferencia de las medias resultó ser estadísticamente significativa, la T calculada fue de 18.3640, cifra superior a 3.01 que es el valor crítico para un $\alpha = 0.1$ y 13 grados de libertad.

Tabla N°2 . Comparación entre el grupo control de muestras no tratadas y muestras con superficies inferiores rayadas.

N° de Muestras	Grosor medio mm	Tratamiento Químico (KNO3)	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Media (N)	Desviación estandar	Coeficiente de variación (%)
			Profundidad del rayado medio (μm)	Profundidad del esmerilado medio (μm)				
A10	1.988	Nulo			Sin lesión	210	19	12
B5	1.984	Nulo	30-40		Inferior	46	7	17

$\alpha: 0.05 = 2.16$

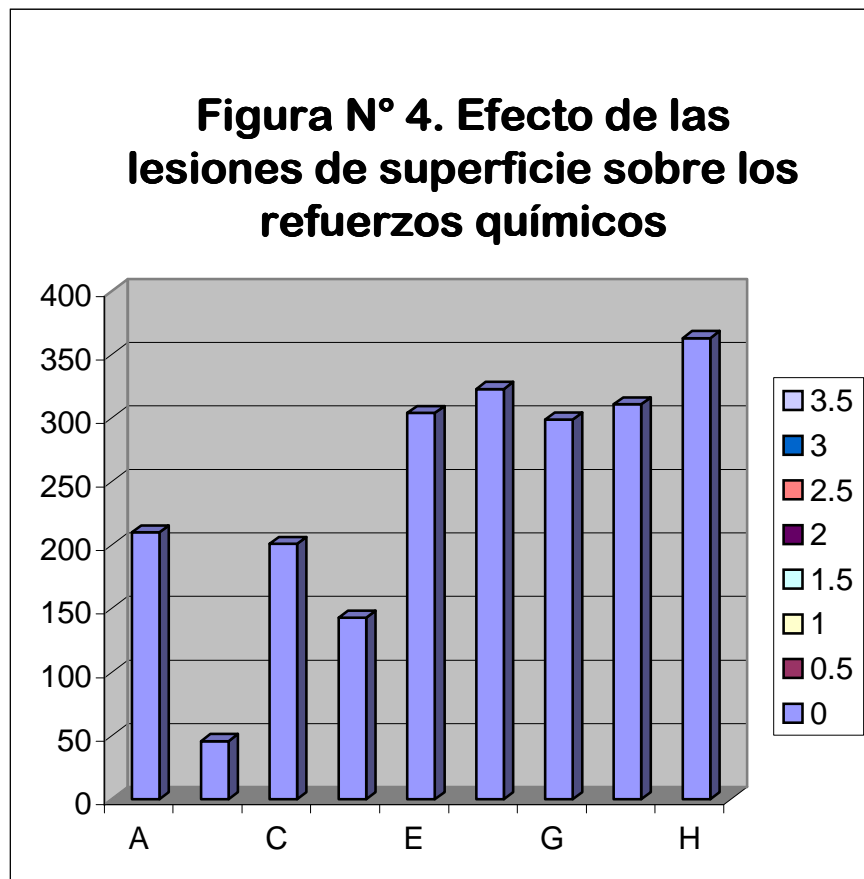
$\alpha: 0.01 = 3.1$

T= 18.3640

Nota: 1-10 A, 11-15 B.

Fuente: Sing B., M. Y Ruiz G., J. C.

El rayado de las superficies superiores de las muestras no tratadas no redujo su resistencia de forma significativa (Fig. 4)



Eje Y: Media (N) Eje X: Muestras

Nota: A, B, C, D, E, F, G, H, son muestras de porcelana dental.

Fuente : Sing, B., M. y Ruiz, G., J. C.

Las muestras tratadas químicamente no lesionadas eran unas 1.7 veces mas

resistentes que las muestras no tratadas y no lesionadas.

T observado es de 18.6241, que es mayor que el valor tabulado, podemos rechazar H^0 y concluimos que existe diferencia significativa, con una probabilidad de 1% de equivocación.

Tabla N°3. Comparación entre muestras tratadas químicamente no lesionadas y muestras no tratadas y no lesionadas.

N° de Muestras	Grosor medio mm	Tratamiento Químico (NO3K)	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Media (N)	Desviación estandar	Coeficiente de variación (%)
			Profundidad del rayado medio (μm)	Profundidad del esmerilado medio (μm)				
H10	1.992	600°C/4.5 h			Sin lesión	363	18	7
A10	1.988	Nulo			Sin lesión	210	19	12

$\alpha: 0.05 = 2.10$

$\alpha: 0.01 = 2.87$

T = 18.6241

Nota: A-1-10, H-41-50.

Fuente: Sing, B., M. y Ruiz, G., J.C.

El rayado de las superficies de tensión de muestras tratadas redujo su resistencia, pero el grupo comparable no rayado era solo 2.5 veces más fuerte que las muestras químicamente tratadas que habían sido severamente dañadas.

T observado es de 26.9766, que es mayor que el valor tabulado, podemos rechazar H_0 y concluimos que existe diferencia significativa, con una probabilidad de 1% de equivocación.

Tabla N°4. Cuadro comparativo que demuestra el rayado de superficies inferiores de muestras tratadas químicamente y su comparable no rayado.

N° de Muestras	Grosor medio mm	Tratamiento Químico (KNO ₃)	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Media (N)	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
			Profundidad del rayado medio (µm)	Profundidad del esmerilado medio (µm)				
D5	1.997	600°C/4.5 h	30-40		Inferior	143	5	4
H10	1.992	600°C/4..5 h			Sin lesión	363	18	7

$$\alpha: 0.05 = 2.16$$

$$\alpha: 0.01 = 3.01$$

$$T=26.9766$$

Nota D-21-25, H-41-50.
 Fuente: Sing, B., M. y Ruiz, G., J. C.

Las muestras tratadas rayadas en sus superficies de tensión eran unas 3.1 veces más fuertes que las dañadas en forma comparable del grupo no tratado.

T observado es de 26.6984, que es mayor que el valor tabulado, podemos rechazar H_0 y concluimos que existe diferencia significativa, con una probabilidad de 1% de equivocación.

Tabla N°5. Comparación entre muestras tratadas químicamente rayadas en su superficie inferior y sus comparables no tratadas químicamente.

N° de Muestras	Grosor medio mm	Tratamiento Químico (KNO ₃)	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Media (N)	Desviación estandar	Coeficiente de variación (%)
			Profundidad del rayado medio (µm)	Profundidad del esmerilado medio (µm)				

D5	1.997	600°C/ 4.5 h	30-40		Inferior	143	5	4
B5	1.984	Nulo	30-40		Inferior	46	7	17

$\alpha: 0.05 = 2.30$

$\alpha: 0.01 = 3.35$

T= 26.6984

Nota: D-21-25, B-11-15.

Las muestras no tratadas no lesionadas eran significativamente más fuertes que las que habían sido tratadas químicamente y luego rayadas en sus superficies de tensión, pero solo con un factor de 1.5 aproximadamente.

T observado es de 7.6315, que es mayor que el valor tabulado, podemos rechazar H^0 y concluimos que existe diferencia significativa, con una probabilidad de 1% de equivocación.

Tabla N°6. Comparación entre muestras no tratadas químicamente no lesionadas y las tratadas químicamente rayadas en sus superficies inferiores.

N° de Muestras	Grosor medio mm	Tratamiento Químico (KNO ₃)	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Media (N)	Desviación estandar	Coeficiente de variación (%)
			Profundidad del rayado medio (μm)	Profundidad del esmerilado medio (μm)				

A10	1.988	Nulo			Sin lesión	210	19	12
-----	-------	------	--	--	------------	-----	----	----

D5	1.997	600°C/4.5 h	30-40		Inferior	143	5	4
----	-------	-------------	-------	--	----------	-----	---	---

$\alpha: 0.05 = 2.16$

$\alpha: 0.01 = 3.01$

T= 7.6315

Nota A-1-10, D-21-25.

Fuente: Sing, B., M. y Ruiz, G., J. C.

Efecto de las lesiones de superficie en la porcelana dental químicamente reforzada

38

El rayado de las superficies superiores de las muestras tratadas las debilitó hasta un nivel de confianza muy significativo; sin embargo, las muestras tratadas no rayadas eran solamente unas 1.2 veces más fuertes.

T observado es de 7.0815, que es mayor que el valor tabulado, podemos rechazar H_0 y concluimos que existe diferencia significativa, con una probabilidad de 1% de equivocación.

Tabla N°7. Comparación entre muestras tratadas químicamente con rayado de las superficies superiores y sus comparables sin rayado.

N° de Muestras	Grosor medio mm	Tratamiento Químico (KNO ₃)	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Media (N)	Desviación estandar	Coeficiente de variación (%)
			Profundidad del rayado medio (μm)	Profundidad del esmerilado medio (μm)				
E 5	1.990	600°C/ 4.5 h	30-40		Superior	304	7	3
H10	1.992	600°C/ 4.5 h			Sin lesión	363	18	7

α : 0.05 = 2.16

α : 0.01 = 3.01

T= 7.0815

Nota: E-26-30, H-41-50.

Fuente: Sing, B., M. y Ruiz, G., J. C.

El esmerilado de las superficies de las muestras tratadas, de las superficies tanto de tensión como las superiores, no las debilitó, con un 99.9% de nivel de confianza.

Las piezas de prueba químicamente tratadas que habían sido esmeriladas en sus superficies de tensión eran aún 1.5 veces más fuertes que el grupo control no tratado no lesionado.

T observado es de 9.5194, que es mayor que el valor tabula podemos rechazar H^0 y concluimos que existe diferencia significativa, con una probabilidad de 1% de equivocación.

Tabla N ° 8. Comparación entre muestras tratadas químicamente esmeriladas en sus superficies inferiores y sus comparables químicamente no tratadas ni lesionadas.

N° de Muestras	Grosor medio mm	Tratamiento Químico (KNO ₃)	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Media (N)	Desviación estandar	Coeficiente de variación (%)
			Profundidad del rayado medio (μm)	Profundidad del esmerilado medio (μm)				
F5	1.993	600°C/ 4.5 h		60	Inferior	323	26	9
A10	1.988	Nulo			Sin lesión	210	19	12
$\alpha: 0.05 = 2.16$								
$\alpha: 0.01 = 3.01$								
T= 9.5194								

Nota F-31-35, A-1-10.

Fuente : Sing, B., M. y Ruiz , G. , J. C.

La tabla 9 resume los resultados de las láminas aluminosas de Vitadur-S.

Tabla 9. Efecto de las lesiones de superficie sobre el refuerzo químico. Carga hasta el fallo (N), Vitadur 368/344S

N° de Muestras variación	Grosor medio de las láminas (mm)	Tratamiento químico (KNO ₃)	Orientación de las láminas en prueba	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Medio (N)	Desviación estandar	Coeficiente de (%)
				Profundidad de rayado medio (µm)	Profundidad del esmerilado medio (µm)				
(A) 3	1.990	Nulo	344S/368			Sin lesión	205	3	1.5
(B) 6	1.988	Nulo	368/344S			Sin lesión	248	9	4.0
(C) 5	1.988	Nulo	344S/368	30-40		Inferior	58	3	5.0
(D) 5	1.970	Nulo	368/344S	30-40		Superior	230	7	3.0
(E) 4	1.986	500°C/6 h	344S/368			Sin lesión	449	31	8.0
(F) 6	1.997	500°C/6 h	368/344S			Sin lesión	536	21	4.0
(G) 5	1.997	500°C/6 h	344S/368	30-40		Inferior	149	8	9.0
(H) 5	1.969	500°C/6 h	368/344S	30-40		Superior	502	34	8.0
(I) 4	1.969	500°C/6 h	344S/368		68	Inferior	335	60	18.0
(J) 5	1.954	500°C/6 h	368/344S		65	Superior	435	54	12.0

Nota: A,B,C,D,E,F,H,I,J, muestras de porcelana con su respectivo tratamiento.

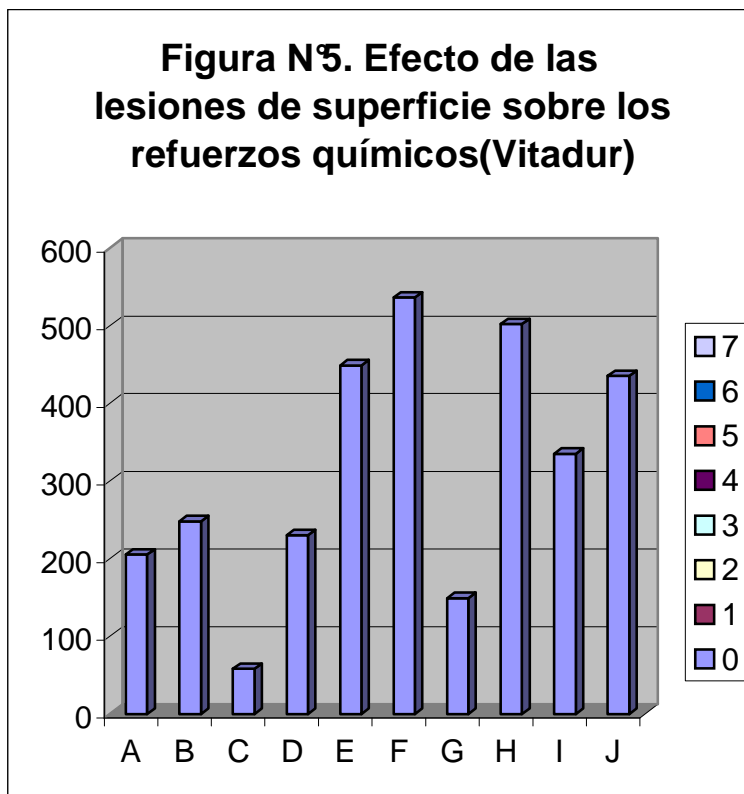
Un grupo de control que se probó en orientación 368 / 344 S (p. ej. porcelana del esmalte en la superficie superior y porcelana del núcleo en la inferior) demostró ser unas 1.2 veces más fuertes que ningún otro grupo de control probado en la orientación 344 S/368.

T observado es de 7.8694, que es mayor que el valor tabulado, podemos rechazar H^0 y concluimos que existe diferencia significativa, con una probabilidad de 1% de equivocación.

Tabla N°10. Comparación entre muestras del grupo control en orientación 368/344S y otro grupo control orientado 344S/368.

N° de Muestras variación	Grosor medio de las láminas (mm)	Tratamiento químico (KNO3)	Orientación de las láminas en prueba	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Medio (N)	Desviación estandar	Coeficiente de de (%)
				Profundidad de rayado medio (μ m)	Profundidad del esmerilado medio (μ m)				
B6	1.988	Nulo	368/344S			Sin lesión	248	9	4.0
A3	1.990	Nulo	344S/368			Sin lesión	205	3	1.5
$\alpha: 0.05 = 2.36$									
$\alpha: 0.01 = 3.49$									
T= 7.8694									

Se encontró que existía una relación similar entre la resistencia de las láminas tratadas químicamente si se comparaban de la misma forma. Aunque pequeñas, estas diferencias son muy significativas en el primer caso y significativas con un nivel de confianza entre el 99% y el 99.9% en el segundo (Fig.5)



Eje Y: Media (N) Eje X: Muestras

Nota: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J son muestras de porcelana dental.

Fuente : Sing, B., M. y Ruiz, G., J. C.

El grupo control probado en la orientación 344 S/368 era unas 3.5 veces más fuerte que un grupo similar con superficies inferiores rayadas.

T observado es de 74.3305, que es mayor que el valor tabulado, podemos rechazar H_0 y concluimos que existe diferencia significativa, con una probabilidad de 1% de equivocación.

Tabla N ° 11. Comparación entre muestras del grupo control probado en la orientación 344S/368 y un grupo similar con sus superficies inferiores rayadas.

N° de Muestras variación	Grosor medio de las láminas (mm)	Tratamiento químico (NO3K)	Orientación de las láminas en prueba	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Medio (N)	Desviación estandar	Coeficiente de (%)
				Profundidad de rayado medio (μm)	Profundidad del esmerilado medio (μm)				

A3	1.990	Nulo	344S/368			Sin lesión	205	3	1.5
C5	1.988	Nulo	344/368	30 –40		Inferior	58	3	5.0

$\alpha: 0.05 = 2.44$

$\alpha: 0.01 = 3.70$

T= 74.3305

El rayado de las superficies superiores de un grupo probado en orientación 368 / 344S no redujo su resistencia en forma significativa cuando se comparó con un grupo control similar no rayado. Un grupo no tratado probado en orientación 368/344 S y rayado en las superficies superiores era unas 4 veces más resistente que un grupo probado en orientación 344 S/368 con superficies de tensión rayadas.

T observado es de 54.6270, que es mayor que el valor tabulado, podemos rechazar H^0 y concluimos que existe diferencia significativa, con una probabilidad de 1% de equivocación.

Tabla N ° 12. Comparación entre muestras del grupo no tratado químicamente probado en la orientación 368/344S y rayado en sus superficies superiores y un grupo probado en orientación 344S/368 rayado en su superficie inferior.

N° de Muestras variación	Grosor medio de las láminas (mm)	Tratamiento químico (KNO ₃)	Orientación de las láminas en prueba	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Medio (N)	Desviación estandar	Coeficiente de
				Profundidad de rayado medio (μm)	Profundidad del esmerilado medio (μm)				
D5	1.970	Nulo	368/344S	30-40		Superior	230	7	3.0
C5	1988	Nulo	344S/368	30-40		Inferior	58	3	5.0

α : 0.05 = 2.30

α : 0.01 = 3.35

T= 54.6270

Nota D-65-69, C-60-64.

Fuente: Sing, B., M. y Ruiz, G., J. C.

Las láminas tratadas químicamente no lesionadas que se probaron en orientación 344 S/368 demostraron ser unas 2.2 veces más fuertes que las del grupo control similar no tratadas.

T observado es de 13.2108, que es mayor que el valor tabulado, podemos rechazar H^0 y concluimos que existe diferencia significativa, con una probabilidad de 1% de equivocación.

Tabla N ° 13. Comparación entre muestras del grupo tratado químicamente no lesionado en orientación 344S/368 y un grupo similar no tratado químicamente.

N° de Muestras variación	Grosor medio de las láminas (mm)	Tratamiento químico (KNO3)	Orientación de las láminas en prueba	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Medio (N)	Desviación estandar	Coeficiente de (%)
				Profundidad de rayado medio (μ m)	Profundidad del esmerilado medio (μ m)				
E4	1.986	500°C/6 h	344S/368			Sin lesión	449	31	8.0
A3	1.990	Nulo	344S/368			Sin lesión	205	3	1.5

α : 0.05 = 2.57

α : 0.01 = 4.03

T= 13.2108

Nota E-70-73, A-51-53.

Fuente: Sing, B., M. y Ruiz, G., J. C.

Se encontraba un factor parecido cuando se probaban y comparaban grupos de láminas tratadas y no tratadas, en una orientación 368/344 S. De nuevo, cuando se rayaban las superficies superiores y se probaban las muestras en orientación 368/344 S, el grupo tratado era más resistente que el no tratado con el mismo factor aproximado de 2.2.

T observado es de 17.7566, que es mayor que el valor tabulado, podemos rechazar H_0 y concluimos que existe diferencia significativa, con una probabilidad de 1% de equivocación.

Tabla N°14. Comparación entre muestras del grupo tratado químicamente rayado en sus superficies superiores en orientación 368/344S y un grupo similar no tratado químicamente.

N° de Muestras variación	Grosor medio de las láminas (mm)	Tratamiento químico (KNO3)	Orientación de las láminas en prueba	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Medio (N)	Desviación estandar	Coeficiente de (%)
				Profundidad de rayado medio (μ m)	Profundidad del esmerilado medio (μ m)				

H5	1.969	500°C/6 h	368/344S	30-40		Superior	502	34	8.0
D5	1970	Nulo	368/344S	30-40		Superior	230	7	3.0

α : 0.05 = 2.30

α : 0.01 = 3.35

T= 17.7566

Las láminas tratadas no lesionadas que se probaron en la orientación 344 S/368 eran unas tres veces más fuertes que las muestras similares tratadas con superficies inferiores rayadas.

T observado es de 23.0727, que es mayor que el valor tabulado, podemos rechazar H_0 y concluimos que existe diferencia significativa, con una probabilidad de 1% de equivocación.

Tabla N°15. Comparación entre muestras del grupo tratado químicamente sin rayado en orientación 344S/368 y un grupo similar con superficies inferiores rayadas.

N° de Muestras variación	Grosor medio de las láminas (mm)	Tratamiento químico (KNO3)	Orientación de las láminas en prueba	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Medio (N)	Desviación estandar	Coeficiente de (%)
				Profundidad de rayado medio (μ m)	Profundidad del esmerilado medio (μ m)				

E4	1.986	500° C/6 h	344S/368			Sin lesión	449	31	8.0
----	-------	------------	----------	--	--	------------	-----	----	-----

G5	1.997	500°C /6 h	344S/368	30-40		Inferior	149	8	9.0
----	-------	------------	----------	-------	--	----------	-----	---	-----

α : 0.05 = 2.30

α : 0.01 = 3.35

T= 23.0727

Las láminas tratadas en orientación 344 S/368 con superficies de tensión rayadas eran unas 2.6 veces más fuertes que las muestras comparables en cuanto a rayado y orientación no tratadas.

T observado es de 23.5660, que es mayor que el valor tabulado, podemos rechazar H_0 y concluimos que existe diferencia significativa, con una probabilidad de 1% de equivocación.

Tabla N°16. Comparación entre muestras del grupo tratado químicamente en orientación 344S/368 con superficies de rayado inferiores y un grupo de muestras comparables en cuanto a rayado y orientación no tratadas químicamente.

N° de Muestras variación	Grosor medio de las láminas (mm)	Tratamiento químico (KNO ₃)	Orientación de las láminas en prueba	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Medio (N)	Desviación estandar	Coeficiente de (%)
				Profundidad de rayado medio (μ m)	Profundidad del esmerilado medio (μ m)				

G5	1.997	500°C /6 h	344S/368	30-40		Inferior	149	8	9.0
C5	1988	Nulo	344S/368	30-40		Inferior	58	3	5.0

α : 0.05 = 2.26

α : 0.01 = 3.24

T= 23.5660

El grupo control no tratado ni lesionado en orientación 344 S/368 demostró ser unas 1.3 veces más fuerte que el grupo tratado rayado en sus superficies inferiores. Aunque pequeña, esta diferencia es muy significativa.

T observado es de 11.0742, que es mayor que el valor tabulado, podemos rechazar H^0 y concluimos que existe diferencia significativa, con una probabilidad de 1% de equivocación.

Tabla N° 17 . Comparación entre muestras del grupo no lesionado ni tratado químicamente en orientación 344S/368 y un grupo de muestras tratadas químicamente con rayado inferior.

N° de Muestras variación	Grosor medio de las láminas (mm)	Tratamiento químico (KNO3)	Orientación de las láminas en prueba	Tipo de lesión de superficie		Superficie de aplicación de la lesión	Medio (N)	Desviación estandar	Coeficiente de de (%)
				Profundidad de rayado medio (μm)	Profundidad del esmerilado medio (μm)				
A3	1.990	Nulo	344S/368			Sin lesión	205	3	1.5
G5	1.997	500°C /6 h	344S/368	30-40		Inferior	149	8	9.0
$\alpha: 0.05 = 2.36$									
$\alpha: 0.01 = 3.49$									
T= 11.0742									

El significado de las superficies superiores de las láminas tratadas y la prueba en orientación 368/344 S no las debilitó significativamente.

Con un nivel de confianza del 95% la resistencia de las láminas tratadas esmeriladas en sus superficies superiores y probadas en orientación 368 /344S no fue mayor que la de las láminas tratadas que fueron esmeriladas en su superficie de tensión y probadas en orientación 344 S/368. Cuando se esmerilaron las superficies de tensión de las láminas tratadas químicamente y se probaron en orientación 344 S/368 demostraron ser unas 1.6 veces más fuertes que las del grupo control comparable no tratado no lesionado. Cuando se esmerilaron las superficies superiores de láminas tratadas en la prueba de orientación 368/344S, demostraron ser unas 1.8 veces más fuertes que el grupo control similar no tratado ni lesionado.

El rayado de las superficies de tensión de las piezas de prueba puras tanto tratadas como no tratadas las debilitó enormemente. Este efecto debilitante fue mayor en las muestras no tratadas.

Mientras que el grupo control quedó reducido a un 20% de su resistencia, el grupo tratado químicamente quedó reducido solo a un 40% de su resistencia

original. Solo la alteración de las superficies de tensión de la misma forma tuvo un efecto tan marcado.

El rayado de las superficies superiores de las muestras puras no tratadas no tuvo un efecto debilitante significativo. Sin embargo, este tipo de lesión debilitó las muestras tratadas puras hasta un 85% de su resistencia anterior. Estas muestras químicamente tratadas debilitadas eran aun un 45% más fuertes que las muestras de control no lesionadas.

Mientras que las muestras puras no lesionadas eran cerca de un 60% tan fuertes como las muestras puras químicamente reforzadas, cuando se rayaban sus superficies o inferiores eran solo un 30% tan fuertes como las muestras puras tratadas y peligrosamente dañadas aun tenían cerca de un 70% de la resistencia del grupo control no tratado ni lesionado.

El esmerilado en las superficies superiores o inferiores de las muestras puras tratadas solo reduce su resistencia de forma leve. No se debilitaron con un gran

nivel de confianza significativo (mayor del 99% pero menor del 99.9%). El grupo control no tratado era solo un 65% tan fuerte como las muestras tratadas que habían

sido esmeriladas en sus superficies inferiores. El leve efecto debilitante que produjo el esmerilado en las muestras tratadas se debió probablemente a un descenso de su módulo efectivo de elasticidad o de dureza.

Las láminas que se probaron en orientación 344S/368 eran aproximadamente un 85% tan fuertes como las mismas láminas que fueron probadas en orientación 368 /344S. Se comprobó tanto para las muestras tratadas como para las no tratadas y se debió probablemente a la contribución de los núcleos a dispersamente reforzados tuvieron en la dureza efectiva de las láminas.

El rayado de las superficies inferiores del grupo control redujo su resistencia hasta cerca de un 30%. Las muestras tratadas químicamente las redujeron hasta cerca de un 35%. El rayado de las superficies superiores tanto de las láminas tratadas como de las no tratadas no redujo significativamente su resistencia. Las láminas no tratadas con superficies de tensión rayadas mostraron solo un 25% de la resistencia de las láminas rayadas de forma similar probadas en la orientación inversa de la tensión. En las láminas tratadas, la relación comparable es del 30%.

Las láminas no tratadas probadas en ambas orientaciones tenían cerca de un 45% de la resistencia de las muestras tratadas químicamente comparables. La misma relación sirve cuando hablamos del rayado de las superficies superiores de las láminas, tanto de las tratadas como de las no tratadas. Las láminas no tratadas con superficies de tensión rayadas aun mostraron un 75% de la resistencia de los controles similares no tratados ni rayados.

El esmerilado de las superficie superiores e inferiores de las láminas tratadas no tuvo un efecto marcado sobre su resistencia. Las láminas de control no tratadas colocadas en la orientación 344 S/368 solo tenían cerca de un 60% de la resistencia de las láminas tratadas con superficies inferiores esmeriladas. De nuevo, en la orientación inversa, los controles mostraron cerca de un 60% de la resistencia de las láminas tratadas con superficies superiores esmeriladas.

El grupo control de muestras de cuarzo fue comparable en resistencia a las láminas aluminosas de control que se probaron en la orientación 344 S/368. Sin

embargo, cuando cada grupo era reforzado químicamente, las muestras puras eran solo un 80% tan fuertes como las láminas. Esta cifra baja hasta el 70% cuando las

láminas se convierten en la prueba. De nuevo baja hasta cerca del 60% cuando los grupos tratados con superficies superiores rayadas se comparan. El “nivelador” real es la lesión en las superficies de tensión inferiores: hace que la resistencia en los dos grupos disminuya y sea comparable.. Esto es así para el rayado y el esmerilado. Sin embargo, el esmerilado no es con mucho tan devastador en su efecto sobre la resistencia.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El rayado de la porcelana en las superficies que experimentan fuerzas de tensión puede tener un efecto debilitante devastador. (ver tablas 1,2,9,10,11,12)
2. El esmerilado es mucho menos peligroso que el rayado. (ver tablas 1,2,8,9,10,11,12)
3. En contra de lo que pudiéramos imaginar, el factor por el que se debilitan las muestras mediante el rayado de las superficies de tensión es menor con las muestras químicamente tratadas. Las muestras tratadas con las superficies de tensión esmeriladas son aun mas fuertes que los controles no tratados ni lesionados. (ver tablas 1,6,8,9,10,17)
4. El refuerzo químico es mas efectivo en las láminas aluminosas que en las muestras puras de cuarzo en todas las condiciones excepto una: cuando las lesiones se producen en las áreas de tensión elevada. (ver tablas 1,9)

5. En una situación clínica, solo las superficies orales de las prótesis parciales fijas serán dañadas una vez que se haya llevado a cabo un proceso de refuerzo químico. (ver tablas 1,9)

6. Un diseño apropiado puede reducir la posibilidad de que produzcan tensiones elevadas en estas superficies. El efecto debilitante del esmerilado es un caso límite. Parece que el efecto de concentración de la tensión de cualquier raya peligrosa puede mejorarse mediante el esmerilado cuidadoso.(ver tablas 1,8,9)

7. En una situación clínica, es difícil imaginar como se podrían infligir lesiones tan graves como las rayas presentadas en esta investigación. (ver tablas 1,2,9,10,11,12)

8. El intercambio iónico a baja temperatura parece ser un método práctico y muy aceptable para reforzar la porcelana dental. (ver tablas 1,9)

9. En aras de contribuir a mejorar nuestra especialidad, y dadas las condiciones recomendamos y proponemos el uso de el tratamiento químico de las porcelanas dentales como un método eficaz para el fortalecimiento de las mismas, aumentando de esta manera sus propiedades fisicomecánicas. (ver tablas 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,15,16,17)

BIBLIOGRAFÍA

1. Dixon-Massey. **Introducción al análisis estadístico**. Mc Graw-Hill. 1980
2. Mark M, Qualtrough A.J.E, Burke F.J.T. **Efecto de diferentes materiales cerámicos sobre la resistencia a la fractura de coronas adheridas a la dentina**. Quintessence Int. 1998; 11: 72-78.
3. Phillips R.W. **La ciencia de los materiales dentales de Skinner**. Octava edición. Editorial Interamericana. México 1986.
4. Shillenburg, H. et al. **Fundamentos de prostodoncia fija**. Ediciones Copilco, S.A. México 1990.

5. Southan, D.E. **Optical density-strength relationships in dental porcelain.**

Quintessence Int.1987; 18: 261-263.

6. Southan. D.E., and Jorgensen, K.D. **An appropriate mechanical test for dental porcelain.** Aust Dent J 1973; 18:246-250.

7. Mc. Lean , Hughes. **British Dentistry.** J.,Set., 1965

INDICE

Contenido	Página
9. Introducción.....	1
10. Hipótesis	4
11. Marco teórico	5
11.1. Porcelanas dentales	5
11.1.1. Clasificación por temperatura de fusión	7
11.1.2. Composición de la porcelana restauradora	8
11.1.3. Estructura	12
11.1.4. Comportamiento mecánico	15
11.1.5. Métodos de fortalecimiento de la porcelana dental	19
11.1.6. Propiedades físicas	20
11.1.7. Tiempo de sintetizado y resistencia de la porcelana aluminosa	22
11.1.8. Fortalecimiento mediante el intercambio iónico	23
12. Diseño metodológico	24
12.1.1. Tipo de estudio.....	24
12.1.2. Variable independiente	24
12.1.3. Variables dependientes	24
12.1.4. Variable fija	24
12.2. Criterios de selección de las unidades de análisis	24
12.3. Muestra	25
12.4. Procedimiento	25
12.4.1. Técnica de recolección de datos	29

12.4.2. Técnica de procesamiento y análisis de resultados	29
13. Descripción y análisis de resultados.....	31
14. Conclusiones y recomendaciones.....	57
15. Bibliografía	59
16. Anexos	60

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

Tabla N°1	Efecto de las lesiones de superficie sobre los refuerzos químicos (Vita 1.130°C 68).....	31
Tabla N° 2	Comparación entre el grupo control de muestras no tratadas y muestras con superficies inferiores rayadas	32
Tabla N°3	Comparación entre muestras tratadas químicamente no lesionadas y muestras no tratadas y no lesionadas	34
Tabla N°4	Cuadro comparativo que demuestra el rayado de superficies inferiores de muestras tratadas químicamente y su comparativo no rayado	35
Tabla N°5	Comparación entre muestras tratadas químicamente rayadas en su superficie inferior y sus comparables no tratadas químicamente	36
Tabla N°6	Comparación entre muestras no tratadas químicamente no lesionadas y las tratadas químicamente rayadas en sus superficies inferiores	37
Tabla N°7	Comparación entre muestras tratadas químicamente con rayado de las superficies superiores y sus comparables sin rayado	38
Tabla N°8	Comparación entre muestras tratadas químicamente, esmeriladas en sus superficies inferiores y sus comparables químicamente no tratadas ni lesionadas	40
Tabla N°9	Efecto de las lesiones de superficie sobre el refuerzo químico. Carga hasta el fallo. (Vitadur 368/344S)	41
Tabla N°10	Comparación entre muestras del grupo control en orientación 368/344S y otro grupo control orientado 344S/368	42

Tabla N°11	Comparación entre muestras del grupo control probado en la orientación 344S/368 y un grupo similar con sus superficies inferiores rayadas	44
Tabla N°12	Comparación entre muestras del grupo no tratado químicamente probado en la orientación 368/344S y rayado en sus superficies superiores y un grupo probado en orientación 344S/368 rayado en su superficie inferior	46
Tabla N° 13	Comparación entre muestras del grupo tratado químicamente no lesionado en orientación 344S/368 y un grupo similar no tratado químicamente	47
Tabla N°14	Comparación entre muestras del grupo tratado químicamente rayado en sus superficies superiores en orientación 368/344S y un grupo similar no tratado químicamente	48
Tabla N°15	Comparación entre muestras del grupo tratado químicamente sin rayado en orientación 344S/368 y un grupo similar con superficies inferiores rayadas	49
Tabla N°16	Comparación entre muestras del grupo tratado químicamente en orientación 344S/368 con superficies de rayado inferiores y un grupo de muestras comparables en cuanto a rayado y orientación no tratadas químicamente	50
Tabla N°17	Comparación entre muestras del grupo no lesionado ni tratado químicamente en orientación 344S/368 y un grupo de muestras tratadas químicamente con rayado inferior	51
Figura N°1	7
Figura N°2	Aparato utilizado para efectuar rayas radiales en la superficie de las muestras de porcelana de prueba	26
Figura 3a	Diagrama de una pieza de porcelana de prueba apoyada en tres puntos. a) Tres rayas radiales b) desde el centro de la superficie inferior de la lesión	28
Figura 3b	Diagrama de una pieza de porcelana de prueba apoyada en tres puntos. a) Tres rayas radiales b) desde el centro de la superficie superior	28
Figura N°4	Efecto de las lesiones de superficie sobre los refuerzos	

	químicos (Vita 1.130°C 68)	33
Figura N°5	Efecto de las lesiones de superficie sobre los refuerzos químicos (Vitadur)	43