



Universidad Nacional Autónoma de México

---

---

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**Estudio de caracterización de superficies  
cerámicas por microscopia de fuerza  
atómica (AFM) y microscopia electrónica de  
barrido (SEM) en función a diferentes  
tratamientos de superficies**

**T E S I S**

**QUE PRESENTA :**

**ALEJANDRO TREVIÑO SANTOS**

**PARA OPTAR AL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**DIRECTOR: Mtro. JOSÉ ARTURO FERNÁNDEZ PEDRERO**

**ASESOR: Dr. OCTAVIO ALVAREZ FREGOSO  
Dr. MARCO ALVAREZ PEREZ**

**MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA**

**2008**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ÍNDICE

Introducción.....	5
Antecedentes.....	8
Planteamiento del problema.....	17
Justificación.....	19
Hipótesis.....	20
Objetivos.....	21
Materiales y métodos.....	22
Resultados.....	38
Discusión.....	51
Conclusiones.....	58
Referencias bibliográficas.....	60
Anexos	

## RESUMEN

Estudios recientes demuestran que al pulir una porcelana dental se produce una superficie similar a un glaseado natural al examinarlo con el microscopio electrónico de barrido. El propósito de este estudio fue evaluar la rugosidad de superficie (SR) y la altura promedio de grano en superficie (SG) en muestras de porcelana dental; sometiendo algunas muestras de porcelana dental a fase de glaseado y otras muestras de porcelana dental a diversos sistemas cerámicos de pulido comparadas contra dientes naturales utilizando el microscopio de fuerza atómica (AFM) y el microscopio electrónico de barrido (SEM). Para determinar la composición química se utilizó la espectroscopía de dispersión electrónica (EDS). Se realizaron 80 muestras que se dividieron en 8 grupos de 10 muestras cada uno, 4 grupos fueron con porcelana Vitadur alpha (Grupo 1) para muestras metalocerámicas y 4 grupos fueron con porcelana IPS Empress (Grupo 2) para muestras libres de metal. Grupo A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>: muestras en fase de biscocho, Grupo B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>: muestras con aplicación del sistema cerámico de pulido IPS Polier-Set Gerald Ubassy (Williams/Ivoclar), Grupo C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>: muestras con aplicación del sistema cerámico de pulido Kit #880 (Kenda Queen), Grupo D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub>: muestras en fase de glaseado. Grupo Control: dientes naturales. Nuestro análisis estadístico fue realizado por medio de un Análisis de Varianza (ANOVA) para rugosidad de superficie y altura promedio de grano ( $p < 0.005$ ). Los resultados sugieren que la superficie glaseada D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub> presenta menor rugosidad de superficie y altura promedio de grano que las superficies pulidas, incluso que el diente natural. Las muestras en fase de biscocho A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> son las que presentan mayor rugosidad de superficie y altura promedio de grano.

No existe diferencia significativa entre el sistema cerámico metal/porcelana y libre de metal.

De manera que concluimos que si existe diferencia significativa entre la fase de biscocho y la fase de glaseado, así como con los sistemas cerámicos de pulido.

## ABSTRACT

Recent studies have shown that polishing porcelain can produce a smooth surface similar to that resulting from a natural glaze, always tested by scanning electron microscopy. The purpose of this study was to evaluate measurable changes of surface roughness (SR) and middle height of the surface grain (SG) in natural glazing and polishing porcelain versus natural teeth, using the AFM and SEM. The chemistry composition was measurable with EDS. 80 specimens divided in 8 groups of 10 samples each one, 4 groups of vacuum-fired Vitadur alpha (Group 1) for ceramometal samples and 4 groups of vacuum-fired IPS Empress (Group 2) for free metal samples. With the intention of controlling the extraneous variables, the porcelain samples within each group were made as uniformly as possible by the same technician during one period of time and fired according to the manufacturer's recommendation. Group A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>: samples in bisque bake, Group B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>: samples polishing with IPS Polier-Set Gerald Ubassy (Williams/Ivoclar), Group C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>: samples polishing with Kit #880 (Kenda Queen), Group D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub>: samples glazed. Control Group: samples were natural teeth (upper central incisors). One way ANOVA were used for the statistical analysis for surface roughness and middle height of the surface grain ( $p < 0.005$ ). The results suggest that the glaze surface presents minor roughness than polishing surfaces even natural teeth. The bisque bake samples present the major roughness on surface. We conclude that exist significant difference between the samples in bisque bake and the samples glazed, although with the samples polished.

There no significant difference between the metal ceramics and free metal porcelain.

We concluded there's significant difference between the bisque bake samples and the glazed and polishing samples.

# INTRODUCCIÓN

En el campo odontológico y particularmente en la odontología restauradora, hay un gran avance en el tipo de materiales utilizados en los últimos tiempos.

La porcelana dental como material de restauración representa uno de los tratamientos más estéticos y duraderos en la actualidad.

Las porcelanas dentales pueden agruparse en función de tres sistemas distintos de clasificación:

## 1) Su temperatura de sinterización

-Alta sinterización (1,290°C-1,400° C)

-Media sinterización (1,090°C-1,300° C)

-Baja sinterización (850°C y 1,100° C)

-Muy baja sinterización (menos de 850° C).

## 2) Su composición química

-Porcelanas feldespáticas

-Porcelanas aluminosas

-Vidrocerámicas

## 3) Su técnica de confección

-Técnica de sinterizado por condensación sobre modelos de revestimiento: OPTEC-HSP

(Jeneric/Pentron, Wallingford, EEUU), MIRAGE II FIBER (Chamelon Dental Products,

Kansas City, EEUU) FORTRESS (Myron Int(r)), VITA IN CERAM (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemania), entre otras

-Técnica de colado: DICOR y DICOR PLUS (Dentsply International, Cork, PA, EEUU) y CERPEARL (Kyocera Corporation).

-Técnica de colado por inyección a presión: IPS EMPRESS 1 y 2 (Ivoclar, Schaan, Liechtenstein) y CERESTORE (Coors Biomedical, Lakewood, EEUU).

-Técnicas de procesado por ordenador (CAD/CAM): CEREC (Sirona, Bensheim), CELAY (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemania), PROCERA ALL CERAM (Nobel Biocare, Göteborg, Suecia), CERCON SMART CERAMICS (Degussa Dental, Hanau, Alemania), LAVA SYSTEM (3M ESPE AG, St. Paul, MN, EEUU), DCS PRECIDENT (DCS Production, Allschwil, Suiza), entre otras

Sin embargo, la porcelana dental además de proveer excelentes propiedades físicas también presenta algunas desventajas entre las cuales destaca el alto grado de abrasión que ocasiona a la dentición natural. Esto se acentúa si el pulido o glaseado de la porcelana dental es inadecuado, o si queda alguna superficie sin glasear.

La tecnología del microscopio de fuerza atómica nos ayuda a entender el comportamiento y características submicroscópicas de los materiales que utilizamos en el campo odontológico,<sup>1</sup> éste microscopio es una herramienta única de análisis de superficie que permite la detección de fuerzas moleculares midiéndolas en una escala de nano-newtons<sup>2</sup>.

El concepto de resolución del es muy diferente en relación con los microscopios basados por radiación ya que al examinar la superficie de algún material con el da una imagen tridimensional con una exactitud en el orden de 0.1nm.<sup>3</sup>



El propósito de este estudio fue evaluar los cambios de rugosidad de superficie y la altura promedio de grano en superficie en muestras metalocerámicas y muestras libres de metal, algunas sometidas a cocción de glaseado y otras a diversos sistemas cerámicos de pulido comparadas contra dientes naturales, utilizando el microscopio de fuerza atómica. Para poder determinar la composición química se utilizó la espectroscopía de dispersión electrónica y fue utilizado el microscopio electrónico de barrido para observar la morfología de los diferentes tratamientos de superficie.

## ANTECEDENTES

Se ha logrado un gran avance en el tipo de materiales restaurativos utilizados en la odontología en este último siglo. Se han empleado materiales como la amalgama dental, cuyas propiedades físicas han permitido un alto porcentaje de éxito terapéutico; otro material que también se a utilizado ampliamente y el cual tiene reconocimiento en la odontología es el oro; sin embargo, debido a su elevado costo, en la actualidad se ha disminuido su uso y ha sido substituido por aleaciones alternativas como la de plata-paladio.

En cuanto a materiales estéticos se refiere, se han utilizado diversos materiales, como las porcelanas dentales, las resinas, los ionómeros de vidrio, cerómeros y compómeros. Estética es un concepto subjetivo y personal, el cual puede estar influenciado por diversos factores como son la raza, estrato socio-económico, actividades cotidianas e inclusive las modas establecidas en determinada época. Por ejemplo, el uso de restauraciones de oro en la rehabilitación bucal, sin embargo, con el advenimiento de los nuevos materiales estéticos utilizados actualmente, mucha gente ha optado por restaurarse la boca con materiales que proporcionen un aspecto más natural y parecido al diente natural.

La porcelana dental es un compuesto cerámico a base de borosilicatos vítreos y/o feldespatos que por lo general contienen compuestos cristalinos dentro de su estructura. Las variaciones estructurales de cualquier porcelana dental dependen directamente de los procedimientos y los tratamientos térmicos aplicados a sus compuestos que pueden causar en la cerámica diversos efectos tales como micro y macro fracturas, precipitados, porosidad

e incremento de la rugosidad superficial, esto a su vez producirá abrasión en la dentición natural que es directamente proporcional al tamaño de partícula que compone al material.

Es ampliamente conocido que la porcelana dental además de proveer excelentes propiedades físicas, como son: a) resistencia a la abrasión, b) estabilidad dimensional, c) estabilidad en su color, d) resistencia a la acumulación de placa dentobacteriana; también presenta algunas desventajas, entre las cuales destaca el alto grado de abrasión que ocasiona a la dentición natural, mayor que la que se presenta con otros materiales restauradores como el oro, amalgama y el composite.<sup>4-8</sup> Esto se acentúa si el pulido o glaseado de la porcelana es inadecuado, o si queda alguna superficie sin glasear. El grado de abrasión que la porcelana produce a la dentición natural aumenta significativamente cuando ésta presenta una superficie rugosa o áspera. Es importante determinar si el paciente presenta alguna parafunción como es el caso de los bruxistas, los cuales presentan una mayor abrasión de los tejidos dentarios.

Otro factor que puede influir en el grado de abrasión que ocasiona la cerámica a la dentición natural, es el tamaño de la partícula que compone al material. Por eso, en el afán de disminuir el desgaste de las estructuras dentarias que antagonizan con las restauraciones cerámicas, algunos fabricantes han modificado el tamaño de estas partículas introduciendo al mercado un tipo de cerámica dental cuyo grado de abrasión es similar a la del esmalte, lo cual resulta en una mayor preservación de los tejidos dentarios, siendo esta la porcelana de baja fusión.<sup>9,10</sup> Estas porcelanas vienen a constituir una alternativa a los distintos tipos de cerámica actualmente utilizadas como son la feldespática, aluminosa y la infiltrada con vidrio por mencionar algunas de ellas.

## COMPUESTOS CERÁMICOS

La porcelana dental esencialmente es un compuesto cerámico a base de borosilicatos vitreos y/o feldespatos que por lo general contienen componentes cristalinos dentro de su estructura.

Existen en el mercado porcelanas con menor índice de abrasión al tejido dentario, las cuales se les conoce como porcelanas de baja fusión. Estas porcelanas presentan una dureza similar a la del esmalte y son altamente estéticas. Además nos permiten elaborar restauraciones con la técnica convencional metal/porcelana, así como restauraciones libres de metal.

Las restauraciones metal/porcelana y libres de metal presentan diferencia en sus componentes los cuales actuarán favoreciendo las especificaciones de cada sistema. Los fabricantes sólo se ha preocupado por mejorar las condiciones estéticas del material agregando más feldespatos y/o alúmina para hacerlas más resistentes y bellas clínicamente y no por las características de superficie de las mismas. La idea es que además de tener unas excelentes cerámicas en cuestión de belleza y funcionalidad, también presenten superficies homogéneas que pudieran ser comparadas contra el esmalte de los dientes.

La finalidad de restaurar un diente es mantener y preservar la salud tanto de los tejidos restaurados como el de los adyacentes. Si bien el utilizar las restauraciones cerámicas nos proveen de una estética aceptable en la rehabilitación bucal de nuestros pacientes, nos enfrenta al problema de la abrasión de los dientes antagonistas por el desgaste natural que se presenta durante la oclusión, siendo esto más severo si existe una parafunción.

## **SISTEMA METAL/PORCELANA (VITADUR ALPHA)**

Los polvos de la cerámica se componen de partículas feldespáticas modificadas a las que se ha añadido una pequeña cantidad de partículas de color, sometidas previamente a un proceso en el que se les incorpora, mediante fusión, unos óxidos metálicos que les dan color.

Las porcelanas feldespáticas son las más usadas dentro de las cerámicas dentales, presentando una resistencia a la flexión de 60 a 70 MPa, por lo que necesitan una subestructura metálica para su refuerzo. Originalmente en este material se encuentran diferentes tipos de polvo, como son la dentina opaca, dentina, esmalte, translúcidos, transparentes y correctores, los cuales se mezclan con un líquido de modelado.

Indicaciones para la técnica:

- Coronas individuales anteriores y posteriores
- Puentes fijos de 3 o más unidades

Las diferencias fundamentales en cuanto a la estructura y propiedades físicas de materiales como el metal y la cerámica puedan formar una unión duradera si se les somete a una temperatura aproximadamente de 1000°C. La diferencia entre estos dos materiales es el color, la transparencia y/o translucidez y la conductibilidad térmica. Desafortunadamente, el metal limita la transmisión de la luz y disminuye la reproducción de la profundidad de color y vitalidad del diente natural.

## **SISTEMA LIBRE DE METAL (IPS EMPRESS)**

Los polvos de la cerámica se componen de partículas de leucita reforzada, creadas mediante la cristalización controlada y presentan una resistencia a la flexión de 160-180 MPa.

Es una cerámica presurizada que se obtiene desde un patrón de cera y la cerámica es inyectada o prensada dentro del molde. La restauración puede ser obtenida por caracterización superficial o por estratificación de capas.

Indicaciones para la técnica:

- Coronas individuales anteriores y premolares
- Carillas de porcelana
- Inlays y Onlays de porcelana

Este sistema cerámico requiere de ajustar la oclusión una vez cementada la restauración. La desventaja de este sistema es que una vez ajustada la restauración debe ser pulida la superficie con abrasivos de sílice y pasta diamantada evitando no en su totalidad una superficie rugosa la cual podría causar un efecto abrasivo a los dientes naturales antagonistas o restauraciones existentes.

## **MICROSCOPIO DE FUERZA ATÓMICA**

El microscopio de fuerza atómica es una de las técnicas que se encuentran dentro de la familia de instrumentos del Scanning Probe Microscopy. La primera técnica del SPM fue el Microscopio de Efecto Túnel desarrollado por Binnig y Rohrer en 1985 por lo que les otorgaron el Premio Nobel de Física en 1985.<sup>11</sup> Posteriormente Gerard Binnig y cols. desarrollaron el Microscopio de Fuerza Atómica en 1986.<sup>12</sup>

El microscopio de fuerza atómica tiene por objeto observar la topografía de la superficie de estudio, en este caso cerámicas dentales, aumentándola hasta una resolución nanométrica e incluso atómica, que ayuda a comprender la topografía y características superficiales de los materiales.

Este microscopio de fuerza atómica ha sido utilizado para estudiar espesores de los materiales en el campo de las telecomunicaciones, biológicas, químicas, automotivas, aeroespaciales e industrias de energía.<sup>2</sup> Los estudios realizados con el microscopio de fuerza atómica son básicamente aplicados a los fenómenos de abrasión, adhesión, limpieza, corrosión, grabado, fricción, lubricación y pulido.<sup>19</sup>

El microscopio de fuerza atómica es una técnica de alta resolución<sup>13</sup> y una de las ventajas de esta técnica es que requiere una muestra pequeña, no se daña al examinarla<sup>1</sup> y la preparación de ésta es mínima.<sup>20</sup>

Los principios del funcionamiento del microscopio de fuerza atómica son simples, consta de una cabeza sensora cuya punta muy fina se pone en contacto con el material, la punta hace un barrido sobre la muestra y las vibraciones que se obtienen son leídas a través de un láser. Esa información se muestra en la pantalla de la computadora donde aparece la topografía de la superficie observada.<sup>18</sup> Especificando un poco más, la punta está atómicamente afilada y es de Si o Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub><sup>2</sup> de 2 micras de largo y con un diámetro menor a los 100 Angstroms.<sup>21</sup> Al barrerse sobre la superficie mantiene una fuerza constante<sup>22</sup> de 10<sup>-11</sup> a 10<sup>-6</sup> Newtons,<sup>3</sup> por medio de mecanismos piezoeléctricos para poder obtener información de la altura y de la fuerza sobre la superficie de la muestra examinada. Mientras la punta examina la superficie de la muestra moviéndose de arriba hacia abajo en el contorno de la superficie, un fotodetector mide las diferencias en intensidades de luz y las convierte en voltaje. Mediante un software se obtiene una imagen de la superficie analizada con una resolución lateral de 5 nm y una resolución vertical de 0.01 nm en todo tipo de muestreo.<sup>22</sup>

Cuando se trabaja con microscopia de fuerza atómica se pueden analizar distintas interacciones, la interacción es la fuerza de atracción sobre la repulsión entre los átomos

que existen entre la punta y la muestra, pudiéndose operar tanto en la zona repulsiva (modo de contacto), como en la zona atractiva (modo de no contacto).<sup>13</sup>

En la zona repulsiva o modo de contacto la punta del microscopio de fuerza atómica hace un suave contacto contra la muestra manteniendo a los átomos juntos mientras son examinados, este modo de contacto se utiliza principalmente para todos aquellos materiales rígidos.<sup>14</sup> Mientras que la zona atractiva o modo de no contacto la punta nunca toca la muestra, simplemente vibra cerca de la superficie, el espacio entre la muestra y la punta es aproximadamente de 10 a 100 Angstroms y este modo de no contacto se utiliza para materiales suaves o elásticos.<sup>15</sup>

También existe en el microscopio de fuerza atómica un modo de contacto llamado intermitente, este modo es relativamente nuevo y es muy similar al modo de no contacto, solo que aquí mientras la punta barre la superficie, ésta toca a la muestra y se aleja consecutivamente. Algunas muestras o superficies se examinan mejor con este sistema que con los modos de contacto y de no contacto y se ha comprobado que es más efectivo para materiales que presentan gran variación en su topografía o para muestras que sean muy grandes.<sup>16</sup>

## **MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO**

El microscopio electrónico de barrido, es un instrumento que permite la observación y caracterización superficial de materiales inorgánicos y orgánicos, entregando información morfológica del material analizado. A partir de él se producen distintos tipos de señal que se generan desde la muestra y se utilizan para examinar muchas de sus características. Con él se pueden realizar estudios de los aspectos morfológicos de zonas microscópicas de los distintos materiales con los que trabajan los investigadores de la comunidad científica y las



empresas privadas, además del procesamiento y análisis de las imágenes obtenidas. Las principales utilidades del microscopio electrónico de barrido son la alta resolución (~100 Å), la gran profundidad de campo que le da apariencia tridimensional a las imágenes y la sencilla preparación de las muestras.

El microscopio electrónico de barrido puede estar equipado con diversos detectores, entre los que se pueden mencionar: un detector de electrones secundarios para obtener imágenes de alta resolución SEI (Secondary Electron Image), un detector de electrones retrodispersados que permite la obtención de imágenes de composición y topografía de la superficie BEI (Backscattered Electron Image), y un detector de energía dispersiva EDS (Energy Dispersive Spectrometer) que permite coleccionar los rayos x generados por la muestra y realizar diversos análisis e imágenes de distribución de elementos en superficies.

Las aplicaciones del microscopio electrónico de barrido son muy variadas, y van desde la industria petroquímica o la metalurgia hasta la medicina forense. Sus análisis proporcionan datos como textura, tamaño y forma de la muestra.

Una aplicación específica en el área odontológica de este microscopio se obtiene al estudiar la direccionalidad de los prismas del esmalte dental. El esmalte dental posee varias fases de formación, en las cuales se van depositando elementos minerales que llegan al lugar por los vasos sanguíneos circundantes, produciéndose la mineralización total en la última fase de su formación. En esta etapa se forman cristales, que al depositarse toman una disposición en todo el tejido formado, creando los prismas del esmalte, estructura principalmente inorgánica (98%), adquiriendo una disposición muy particular de acuerdo al sector que se estudie de la pieza dentaria. Estos prismas son observados con un microscopio electrónico de barrido, notando que estas se disponen en diferentes direcciones con un sólo sentido desde el límite amelodentinario a la superficie, entrecruzándose en las cúspides y en ciertos

sectores de las caras libres y proximales, lo que se denomina multidireccionalidad de las varillas. Para ello se extraen piezas dentarias humanas (con indicación quirúrgica), las que son metalizadas con oro-paladio y luego son estudiadas en el microscopio electrónico de barrido. De este modo se puede observar la disposición de las varillas, analizar los cambios de direcciones en el espesor del esmalte y comparar la disposición en los distintos sectores del esmalte (oclusal, 1/3 medio y 1/3 cervical). Además se pueden analizar a través del SEM las alteraciones que producen los ácidos producidos por la entrada de microorganismos y restos alimenticios en las superficies vestibulares de los dientes anteriores, ya que sobre ellos se produce la retención de los materiales odontológicos en fracturas, fisuras y ferulizaciones.

Nos permite observar la caracterización microestructural de materiales, la identificación, análisis de fases cristalinas y transiciones de fases en diversos materiales metálicos, cerámicos, materiales compuestos, polímeros y minerales. Composición de superficies y tamaño de grano. Valoración del deterioro de materiales, determinación del grado de cristalinidad y presencia de defectos. Identificación del tipo de degradación: fatiga, corrosión, fragilización, etc.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El propósito de este estudio es conocer la rugosidad de superficie y la altura promedio de grano del sistema metal/porcelana y del sistema libre de metal en diferentes tratamientos de superficie, para obtener resultados que demuestren la importancia de la rugosidad de la superficie que es directamente proporcional al grado de abrasividad.

La abrasión que produce la porcelana dental a los tejidos dentarios antagonistas y/o restauraciones que ocluyen contra esta y su fragilidad a pesar de su gran dureza, son algunos de los inconvenientes que presenta. Por lo cual una gran cantidad de materiales y técnicas han sido desarrollados recientemente para superar estos problemas.

El desgaste de los tejidos dentarios se forma como un proceso natural e inevitable,<sup>4</sup> sin embargo cuando ocluye contra una restauración de porcelana, el esmalte puede experimentar un desgaste acelerado<sup>5</sup> cuyo patrón puede variar de acuerdo al sistema cerámico y a las características de la superficie.<sup>6,7</sup> A fines de la última década se realizaron estudios in vitro muy importantes para demostrar la gran biocompatibilidad que presenta la cerámica de vidrio colada (Dicor system) sin pigmentar.<sup>7-9</sup> El grado de desgaste, en términos de remoción del material y pérdida de altura vertical del diente antagonista, demostró ser similar a la del oro,<sup>10</sup> esto nos indica que se presenta un desgaste similar al de los dientes naturales.

La porcelana feldespática es aún ampliamente utilizada,<sup>23,24</sup> no obstante, los numerosos estudios científicos que reportan su gran abrasión contra los tejidos dentarios antagonistas.<sup>5,6,8,10</sup>

Se han desarrollado sistemas de cerámica colada como Dicor, por infiltración como In-ceram, fabricadas con sistema CAD-CAM o computacionales como Mark II,

Procera y cerámicas prensadas como <sup>IPS</sup>Empress y Finesse. Todas ellas ofrecen resultados estéticos superiores a los sistemas metalocerámicos y son menos abrasivos para los tejidos dentarios,<sup>25,26</sup> aunque aún presentan limitaciones en ciertos casos clínicos como es en prótesis fijas extensas, o en casos de aditamentos de precisión y semiprecisión.

Otro tipo de cerámica de reciente aparición son las llamadas hidrotérmicas, las cuales se caracterizan por tener un grupo hidroxilo.<sup>27,28</sup> Este grupo provoca que la temperatura de cocción se disminuya considerablemente. La porcelana Ducera-LFC posee esta característica, además de que su composición está libre de leucita y su temperatura de cocción oscila entre los 660 y 680°C. Esta cerámica se supone que es menos abrasiva para la estructura dentaria,<sup>29</sup> lo cual constituye una alternativa en la elaboración de restauraciones protésicas.

## **JUSTIFICACIÓN**

No existen estudios los cuales muestren el grado de rugosidad de la superficie del material cerámico. Decidimos aplicar el microscopio de fuerza atómica y el microscopio electrónico de barrido para conocer que tan significativa es la rugosidad superficial y la altura promedio de grano en el sistema metal/porcelana y en el sistema libre de metal en los diferentes tratamientos de superficie.

Tomando en cuenta la capacidad abrasiva de la porcelana en contra de los tejidos dentarios naturales y la aparición en el mercado de cerámicas de baja fusión para disminuir el efecto abrasivo de las porcelanas dentales.

## **HIPÓTESIS**

### **1) HIPÓTESIS DE TRABAJO ( $H_i$ )**

Existe diferencia significativa de la rugosidad superficial entre los diferentes tratamientos de superficie del sistema metal/porcelana y del sistema libre de metal

Existe diferencia significativa de la altura promedio de grano entre los diferentes tratamientos de superficie del sistema metal/porcelana y del sistema libre de metal

### **2) HIPÓTESIS NULA ( $H_0$ )**

No existe diferencia significativa de la rugosidad superficial entre los diferentes tratamientos de superficie del sistema metal/porcelana y del sistema libre de metal

No existe diferencia significativa de la altura promedio de grano entre los diferentes tratamientos de superficie del sistema metal/porcelana y del sistema libre de metal

## OBJETIVOS

### 1) OBJETIVO GENERAL

Determinar la rugosidad superficial por medio de un promedio de rugosidad ( $R_a$ ) utilizando el microscopio de fuerza atómica.  $R_a = 1/N \sum |Z|$

Determinar la altura promedio de grano por medio de un histograma utilizando el microscopio de fuerza atómica.

Determinar la morfología de los diferentes tratamientos de superficie utilizando el microscopio electrónico de barrido.

### 2) OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar el promedio de rugosidad de los diferentes sistemas cerámicos y sus tratamientos de superficie.

Comparar la altura promedio de grano de los diferentes sistemas cerámicos y sus tratamientos de superficie.

Comparar la morfología de los diferentes sistemas cerámicos y sus tratamientos de superficie.

# MATERIALES Y MÉTODOS

## DEFINICIÓN DEL UNIVERSO

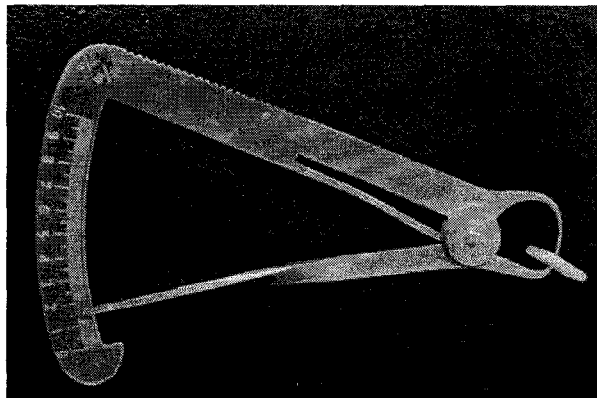
Para este estudio se utilizaron 80 especímenes, 40 de metal/porcelana con la técnica de estratificación y 40 libres de metal con la técnica de maquillada.

Los 40 especímenes de metal/porcelana se fabricaron en aleación Ni-Cr (Dentilab) con un grosor de 0.5mm, seguido de un arenado (sandblaster) y posteriormente la oxidación de las muestras. La aplicación de la cerámica fue en fase de opacador de un grosor de 0.3mm y de 1.0mm en lo que corresponde a cuerpo de porcelana (dentina y esmalte) (porcelana Vitadur Alpha) por medio de la técnica estratificada.

### Grupo 1

Grupo A <sub>1</sub> : Muestras metalocerámicas en Fase de Biscocho.
Grupo B <sub>1</sub> : Muestras metalocerámicas en fase de biscocho y aplicación del sistema de pulido cerámico de superficie IPS Polier-Set Gerald Ubassy (Williams/Ivoclar)
Grupo C <sub>1</sub> : Muestras metalocerámicas en fase de biscocho y aplicación del sistema de pulido cerámico de superficie Kit #880 (Kenda Queen).
Grupo D <sub>1</sub> : Muestras metalocerámicas sometidas a fase de glaseado.

Tabla 1



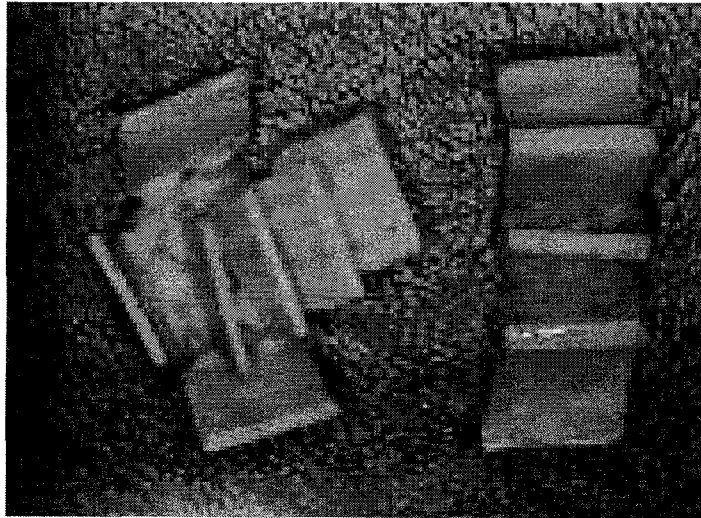


Los 40 especímenes libres de metal se fabricaron en cera, los cuales se revistieron en un cubilete y por medio de la técnica de cera pérdida se eliminó la cera para posteriormente inyectarles la porcelana (IPS Empress) con un espesor de 0.8mm para la cofia y 0.7mm para la cerámica de baja fusión por medio de la técnica maquiada.

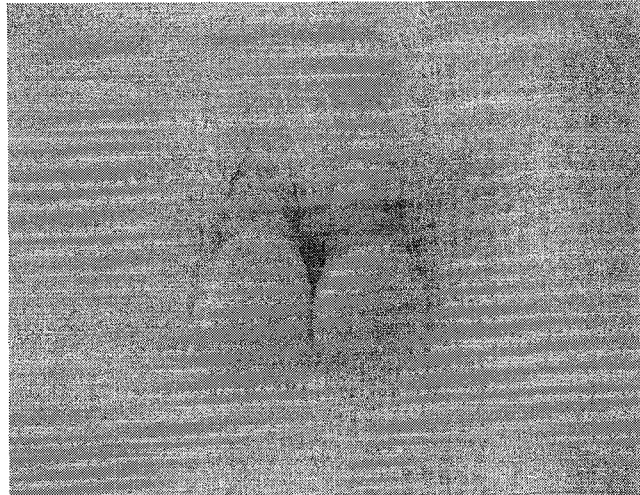
## Grupo 2

Grupo A <sub>2</sub> : Muestras libres de metal en Fase de Biscocho.
Grupo B <sub>2</sub> : Muestras libres de metal en fase de biscocho y aplicación del sistema de pulido cerámico de superficie IPS Polier-Set Gerald Ubassy (Williams/Ivoclar)
Grupo C <sub>2</sub> : Muestras libres de metal en fase de biscocho y aplicación del sistema de pulido cerámico de superficie Kit #880 (Kenda Queen).
Grupo D <sub>2</sub> : Muestras libres de metal sometidas a fase de glaseado.

Tabla 2



Grupo Control: Dientes naturales recién extraídos que fueron conservados en solución salina para su observación (10 centrales superiores).



Todos los grupos experimentales 1 y 2 y el grupo control fueron analizados con el microscopio de fuerza atómica en el modo de contacto intermitente para definir la rugosidad superficial y la altura promedio de grano. Para el análisis de la topografía se utilizó un microscopio electrónico de barrido. La composición química se analizó por medio de Espectroscopia de Dispersión Electrónica utilizando el microscopio electrónico de barrido con una microsonda Pentafet a 20 KeV.

## **DEFINICIÓN DE LA UNIDADES DE OBSERVACIÓN**

### **CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

Todos los especímenes fueron fabricados por el mismo operador, siguiendo las instrucciones que el fabricante recomienda tanto en la manipulación del material, como en la temperatura empleada para las muestras metalocerámicas y libres de metal.

Las dimensiones de los especímenes fueron realizadas de acuerdo a las dimensiones que el fabricante recomienda, esto es, en cuanto al espesor de los materiales que se utilizaron, dependiendo de la técnica que se realizó, metalocerámicas técnica estratificada y libres de metal técnica de maquillaje.

La persona que realizó la observación de las muestras en el microscopio de fuerza atómica y el microscopio electrónico de barrido desconocía si el espécimen pertenece al sistema Vitadur Alpha o <sup>IPS</sup>Empress, así como desconocía el tratamiento de superficie que presentaba.

Se realizaron muestras sin burbujas o irregularidades.

### **CRITERIOS DE ELIMINACIÓN**

Los especímenes que se realizaron por 2 o más operadores y que no se siguieron las instrucciones del fabricante, tanto en la manipulación del material, como en la temperatura empleada para las muestras metalocerámicas y libres de metal.

Que las dimensiones de espesor de las capas cerámicas no cumplieran las indicaciones de fabricante.

Que la persona que realizó la observación de los especímenes en los microscopios conociera si se trata del sistema Vitadur Alpha o <sup>IPS</sup>Empress, así como el que conociera que tratamiento de superficie presentaba.

Que las muestras presentarán burbujas o irregularidades.

### **VARIABLES DEPENDIENTES DE ESTUDIO**

Evaluación de la rugosidad, la altura promedio de grano y la topografía en superficie.

Composición química de los sistemas cerámicos

### **VARIABLES INDEPENDIENTES DE ESTUDIO**

Muestras en fase de biscocho

Muestras pulidas con IPS Polier-Set Gerald Ubassy (Williams/Ivoclar)

Muestras pulidas con Kit #880 (Kenda Queen)

Muestras en fase de glaseado

Metal porcelana

Libres de metal

### **TAMAÑO DE LA MUESTRA**

Se fabricaron 40 muestras o especímenes metalocerámicas

Se fabricaron 40 muestras o especímenes libres de metal

## **PROCEDIMIENTO**

### **A) TÉCNICA ESTRATIFICADA**

La técnica estratificada se llevo acabo de la siguiente manera: los especimenes se fabricaron con hojas de cera calibrada para patrones con la finalidad de obtener unas muestras de forma cuadrangular de 10 mm de largo por 10 mm de ancho y un espesor de 0.5 mm, el cual se determino mediante el uso de un calibrador Iwanson para cera. Una vez elaborados los patrones de cera se procedió a la colocación del cuele calibre #5 con una longitud de 5 mm. Se colocaron en la peana que el fabricante proporciona así como dentro del cubilete asegurándonos que el cubilete tenga ángulos rectos de 90°. Se revistieron estas muestras en un cubilete, al fraguar se colocaron en un horno para desencerar y por medio de la técnica de la cera pérdida obtuvimos un molde el cual se coloco en una centrifuga y se realizo el vaciado de nuestras estructuras metálicas con una aleación de Ni-Cr. Una vez que el metal se dejo enfriar a temperatura ambiente se procedió a rescatar las estructuras metálicas dentro del cubilete por medio de un arenado para no dañar las estructuras y para que quedarán lo más limpias posibles sin resto alguno de revestimiento. Se procedió a realizar un tallado de los metales con diferentes hules para dar una superficie homogénea a nuestra superficie y posteriormente someterlas a la oxidación. Teniendo listos nuestros metales se procedió a la aplicación de la cerámica que se realiza en dos partes, la primera es la fase de opacador en la cual se colocó porcelana muy fluída con un grosor de 0.3 mm y se metió a cocer al horno, la segunda fase consistió en aplicar la porcelana propiamente dicha con un espesor de 1.0 mm en lo que corresponde a cuerpo de porcelana (dentina y esmalte) por capas.

## B) TÉCNICA MAQUILLADA

Para la elaboración de los especímenes se utilizó una hoja de cera rosa Truwax, la cual fue recortada por medio de un bisturí en forma cuadrangular con las dimensiones de 10 mm de largo por 10 mm de ancho con un espesor de 1.5 mm. Se le colocó un cuele de cera de calibre # 8 con un largo de 4 mm. Se procedió a la colocación de estos en la peana que proporciona el fabricante. Se utilizó el anillo estabilizador, papel engomado y el anillo nivelador para asegurarse que el cubilete forme ángulos rectos de 90° para evitar tensiones durante el prensado, evitando así la fractura de este. El investimento utilizado fue el Speed, el cual nos proporciona la compañía. Cabe señalar que no se utilizó ningún tipo de desburbujador. Se espatuló con el Vacu-spat por un período de 3 minutos y lo dejamos reposar una hora para que se llevara a cabo el procedimiento de fraguado, mientras se procede al precalentamiento del horno Vulcan para desencerar, dentro de él se metieron los pistilos que inyectaron la cerámica, ya que estos se deben precalentar. Pasada la hora de fraguado, se procedió a eliminar los anillos niveladores y la peana, se raspó la superficie superior del investimento en caso de existir alguna irregularidad para evitar tensiones y se colocó en el horno de desencerado a una temperatura de 850°C en posición horizontal para permitir que se eliminen los gases provocados por la combustión de la cera durante 1 hora. Mientras tanto se precalentó el horno de inyección el cual debe de iniciar el programa de prensado para el horno EP500 a una temperatura de 700°C. Una vez transcurrida la hora de desencerado, se procedió a colocar el cubilete con el lingote y pistilo cerámico en la base del horno EP500, el cual tiene al programa #1 destinado para la técnica de maquillaje. La temperatura de inicio fue de 700°C, la

temperatura fue subiendo 60°C por minuto hasta llegar a 1075°C, se mantuvo a esta temperatura por 20 minutos y posteriormente se inició el ciclo de inyección de la cerámica durante 7 minutos con 5 bars de presión de aire, el cual fue proporcionado por un compresor y simultáneamente se activo un vacío.

Una vez terminado el ciclo de prensado se permitió que la cerámica se enfriara a temperatura ambiente, se procedió a rescatar las muestras mediante la eliminación del investimento por medio de un arenador que utilizó óxido de aluminio de 50 micrones primeramente a 4 bars de presión y finalmente con perla de vidrio de 50 micrones de 1 bar de presión en la etapa final. Una vez que se recuperaron los especímenes, se recortaron con disco de diamante sinterizado y un micromotor eléctrico, tratando de evitar un sobrecalentamiento de la estructura. La superficie fue preparada con fresas de diamante para laboratorio las cuales se utilizaron aproximadamente a 5000 rpm hasta lograr una superficie regular tratando de que el desgaste fuera siempre en la misma dirección. Se midió con el calibrador cada uno de los especímenes con el fin de respetar el espesor preestablecido de 1.5 mm de espesor. Una vez que se logró esto se procedió a dar un repaso con óxido de aluminio a 1 bar de presión, previo a la colocación del color A2, el cual fue mezclado con líquido de glaseado y pasta para glasear, se aplicó esta mezcla con un pincel del # 2 marca, y se llevo al horno de porcelana VITA VMK 68.

Para el pigmentado se requirió un periodo de secado de 2 minutos, la temperatura con la que inicio el programa es de 580°C se requirió un periodo de precalentado de 2 minutos, la temperatura aumentó 60°C por minuto hasta llegar a 849°C y se mantuvo a esta temperatura por 2 minutos, todo esto fue sometido a vacío el cual inicio a los 580°C

y termino a los 849°C, para finalmente someterse a un tiempo de enfriamiento de 2 minutos.

Los barridos con microscopia de fuerza atómica se hicieron en intervalos de 20 a 30 micras ( $\mu\text{m}$ ), con una fuerza de barrido de 13 nanonewtons (nN) con ganancia de 1.5 y velocidad de 3 Hz, en la modalidad de contacto intermitente con puntas ultralevers.

Las muestras obtenidas bajo microscopia electrónica de barrido fueron descriptivamente analizadas entre los diferentes sistemas cerámicos y a su vez entre los diferentes tratamientos de superficie, permitiéndonos observar los aspectos morfológicos de zonas microscópicas y a su vez corroborar los datos obtenidos con la microscopia de fuerza atómica.



## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se determino la rugosidad superficial por medio de un promedio de rugosidad (Ra) utilizando el microscopio de fuerza atómica.  $Ra = 1/N \sum |Z|$

Se determino la altura promedio de grano por medio de un histograma utilizando el microscopio de fuerza atómica.

Se determino la morfología de los diferentes tratamientos de superficie utilizando el microscopio electrónico de barrido.

Se determino la espectroscopia de dispersión electrónica utilizando el microscopio electrónico de barrido.

Nuestro análisis estadístico fue realizado por medio de un Análisis de Varianza (ANOVA) para evaluar la rugosidad de superficie y el tamaño de grano con microscopia de fuerza atómica ( $p < 0.005$ )

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PROMEDIO DE RUGOSIDAD

### SUPERFICIAL (Ra)

MacStat - Estadística descriptiva

Análisis de: **Fase de Glaseado SR**

Datos	Media	Desviación estándar (s)	Varianza (s <sup>2</sup> )				
10	132.2000	4.6380	21.5111				
Dato mínimo	Dato máximo	Rango	Coeficiente V.		Mediana		
125.0000	141.0000	16.0000	3.5083		131.6667		
CLASES	LRI	LRS	Marca De Clase	Frec.	Frec. R.	Frec. A.	Frec. R. A.
* 1	[ 125.0000	129.0000)	127.0000	3	30.000 %	3	30.000 %
* 2	[ 129.0000	133.0000)	131.0000	3	30.000 %	6	60.000 %
3	[ 133.0000	137.0000)	135.0000	2	20.000 %	8	80.000 %
4	[ 137.0000	141.0000]	139.0000	2	20.000 %	10	100.000 %

\* Intervalo(s) modal(es)

MacStat - Estadística descriptiva

Análisis de: **Sistema Kenda Queen SR**

Datos	Media	Desviación estándar (s)	Varianza (s <sup>2</sup> )				
10	190.5000	6.3246	40.0000				
Dato mínimo	Dato máximo	Rango	Coeficiente V.		Mediana		
180.0000	200.0000	20.0000	3.3200		191.6667		
CLASES	LRI	LRS	Marca De Clase	Frec.	Frec. R.	Frec. A.	Frec. R. A.
* 1	[ 180.0000	185.0000)	182.5000	3	30.000 %	3	30.000 %
2	[ 185.0000	190.0000)	187.5000	1	10.000 %	4	40.000 %
* 3	[ 190.0000	195.0000)	192.5000	3	30.000 %	7	70.000 %
* 4	[ 195.0000	200.0000]	197.5000	3	30.000 %	10	100.000 %

\* Intervalo(s) modal(es)

MacStat - Estadística descriptiva

Análisis de: **Diente Natural SR**

Datos	Media	Desviación estándar (s)	Varianza (s <sup>2</sup> )				
10	336.2500	7.4826	55.9896				
Dato mínimo	Dato máximo	Rango	Coefficiente V.	Mediana			
320.0000	345.0000	25.0000	2.2253	338.7500			
CLASES	LRI	LRS	Marca De Clase	Frec.	Frec. R.	Frec. A.	Frec. R. A.
1	[ 320.0000	326.2500)	323.1250	2	20.000 %	2	20.000 %
2	[ 326.2500	332.5000)	329.3750	0	0.000 %	2	20.000 %
3	[ 332.5000	338.7500)	335.6250	3	30.000 %	5	50.000 %
* 4	[ 338.7500	345.0000]	341.8750	5	50.000 %	10	100.000 %

\* Intervalo(s) modal(es)

MacStat - Estadística descriptiva

Análisis de: **Sistema Willimas/Ivoclar SR**

Datos	Media	Desviación estándar (s)	Varianza (s <sup>2</sup> )				
10	571.2000	15.1789	230.4000				
Dato mínimo	Dato máximo	Rango	Coefficiente V.	Mediana			
536.0000	600.0000	64.0000	2.6574	572.0000			
CLASES	LRI	LRS	Marca De Clase	Frec.	Frec. R.	Frec. A.	Frec. R. A.
1	[ 536.0000	552.0000)	544.0000	1	10.000 %	1	10.000 %
2	[ 552.0000	568.0000)	560.0000	3	30.000 %	4	40.000 %
* 3	[ 568.0000	584.0000)	576.0000	4	40.000 %	8	80.000 %
4	[ 584.0000	600.0000]	592.0000	2	20.000 %	10	100.000 %

\* Intervalo(s) modal(es)

MacStat - Estadística descriptiva

Análisis de: **Fase de Biscocho SR**

Datos	Media	Desviación estándar (s)	Varianza (s <sup>2</sup> )				
10	2909.7000	35.3022	1246.2472				
Dato mínimo	Dato máximo	Rango	Coeficiente V.		Mediana		
2860.0000	3002.0000	142.0000	1.2133		2904.3750		
CLASES	LRI	LRS	Marca De Clase	Frec.	Frec. R.	Frec. A.	Frec. R. A.
* 1 [	2860.0000	2895.5000)	2877.7500	4	40.000 %	4	40.000 %
* 2 [	2895.5000	2931.0000)	2913.2500	4	40.000 %	8	80.000 %
3 [	2931.0000	2966.5000)	2948.7500	1	10.000 %	9	90.000 %
4 [	2966.5000	3002.0000]	2984.2500	1	10.000 %	10	100.000 %

\* Intervalo(s) modal(es)

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA ALTURA PROMEDIO DE GRANO

MacStat - Estadística descriptiva

Análisis de: **Fase de Glaseado SG**

Datos	Media	Desviación estándar (s)	Varianza (s <sup>2</sup> )				
10	472.4250	11.7004	136.9000				
Dato mínimo	Dato máximo	Rango	Coefficiente V.	Mediana			
453.0000	490.0000	37.0000	2.4767	474.5833			
CLASES	LRI	LRS	Marca De Clase	Frec.	Frec. R.	Frec. A.	Frec. R. A.
* 1 [	453.0000	462.2500)	457.6250	3	30.000 %	3	30.000 %
2 [	462.2500	471.5000)	466.8750	1	10.000 %	4	40.000 %
* 3 [	471.5000	480.7500)	476.1250	3	30.000 %	7	70.000 %
* 4 [	480.7500	490.0000]	485.3750	3	30.000 %	10	100.000 %

\* Intervalo(s) modal(es)

MacStat - Estadística descriptiva

Análisis de: **Sistema Kenda Queen SG**

Datos	Media	Desviación estándar (s)	Varianza (s <sup>2</sup> )				
10	537.4250	10.3855	107.8583				
Dato mínimo	Dato máximo	Rango	Coefficiente V.	Mediana			
517.0000	560.0000	43.0000	1.9325	538.5000			
CLASES	LRI	LRS	Marca De Clase	Frec.	Frec. R.	Frec. A.	Frec. R. A.
1 [	517.0000	527.7500)	522.3750	2	20.000 %	2	20.000 %
2 [	527.7500	538.5000)	533.1250	3	30.000 %	5	50.000 %
* 3 [	538.5000	549.2500)	543.8750	4	40.000 %	9	90.000 %
4 [	549.2500	560.0000]	554.6250	1	10.000 %	10	100.000 %

\* Intervalo(s) modal(es)

MacStat - Estadística descriptiva

Análisis de: **Diente Natural SG**

Datos	Media	Desviación estándar (s)	Varianza (s <sup>2</sup> )				
10	2084.8000	18.8562	355.5563				
Dato mínimo	Dato máximo	Rango	Coeficiente V.		Mediana		
2047.0000	2110.0000	63.0000	0.9045		2089.0000		
CLASES	LRI	LRS	Marca De Clase	Frec.	Frec. R.	Frec. A.	Frec. R. A.
1	[ 2047.0000	2062.7500)	2054.8750	2	20.000 %	2	20.000 %
2	[ 2062.7500	2078.5000)	2070.6250	1	10.000 %	3	30.000 %
3	[ 2078.5000	2094.2500)	2086.3750	3	30.000 %	6	60.000 %
* 4	[ 2094.2500	2110.0000]	2102.1250	4	40.000 %	10	100.000 %

\* Intervalo(s) modal(es)

MacStat - Estadística descriptiva

Análisis de: **Sistema Williams/Ivoclar SG**

Datos	Media	Desviación estándar (s)	Varianza (s <sup>2</sup> )				
10	3287.0000	28.1829	794.2778				
Dato mínimo	Dato máximo	Rango	Coeficiente V.		Mediana		
3200.0000	3316.0000	116.0000	0.8574		3295.2857		
CLASES	LRI	LRS	Marca De Clase	Frec.	Frec. R.	Frec. A.	Frec. R. A.
1	[ 3200.0000	3229.0000)	3214.5000	1	10.000 %	1	10.000 %
2	[ 3229.0000	3258.0000)	3243.5000	0	0.000 %	1	10.000 %
3	[ 3258.0000	3287.0000)	3272.5000	2	20.000 %	3	30.000 %
* 4	[ 3287.0000	3316.0000]	3301.5000	7	70.000 %	10	100.000 %

\* Intervalo(s) modal(es)

Análisis de: **Fase de Biscocho SG**

Datos	Media	Desviación estándar (s)	Varianza (s <sup>2</sup> )				
10	10000.3300	0.2133	0.0455				
Dato mínimo	Dato máximo	Rango	Coefficiente V.	Mediana			
10000.0900	10000.7300	0.6400	0.0021	-3.0483506			
CLASES	LRI	LRS	Marca De Clase	Frec.	Frec. R.	Frec. A.	Frec. R. A.
* 1	[ 10000.0900	10000.2500)	10000.1700	6	60.000 %	6	60.000 %
2	[ 10000.2500	10000.4100)	10000.3300	0	0.000 %	6	60.000 %
3	[ 10000.4100	10000.5700)	10000.4900	2	20.000 %	8	80.000 %
4	[ 10000.5700	10000.7300]	10000.6500	2	20.000 %	10	100.000 %

\* Intervalo(s) modal(es)

## RESULTADOS

### DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS DEL GRUPO 1 CON MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA

Fig A<sub>1</sub> Imagen de la muestra metalocerámica en fase de biscocho, en la fotografía se pueden observar pliegues que presenta la superficie, los cuales son realizados por las piedras de oxido de aluminio con la cual se desgasta la cerámica.

Fig B<sub>1</sub> Imagen de la muestra metalocerámica en fase de biscocho y aplicación del sistema de pulido cerámico de superficie IPS Polier-Set Gerald Ubassy de Williams/Ivoclar, en la fotografía se observan tanto granos muy chicos como granos muy grandes, por lo que no existe uniformidad en la superficie de la muestra.

Fig C<sub>1</sub> Imagen de la muestra metalocerámica en fase de biscocho y aplicación del sistema de pulido cerámico de superficie kit #880 de Kenda Queen, en la fotografía se observa una superficie muy uniforme.

Fig D<sub>1</sub> Imagen de la muestra metalocerámica sometida a fase de glaseado, en la fotografía se observan granos muy uniformes y muy chicos siendo una de las mejores superficies.



## **DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS DEL GRUPO 2 CON MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA**

Fig A<sub>2</sub> Imagen de la muestra libre de metal en fase de biscocho, en la fotografía se pueden observar irregularidades en la superficie y un pequeño defecto.

Fig B<sub>2</sub> Imagen de la muestra libre de metal en fase de biscocho y aplicación del sistema de pulido cerámico de superficie IPS Polier-Set Gerald Ubassy de Williams/Ivoclar, en la fotografía se observa una superficie irregular con algunas zonas muy tersas y granos medianos.

Fig C<sub>2</sub> Imagen de la muestra libre de metal en fase de biscocho y aplicación del sistema de pulido cerámico de superficie kit #880 de Kenda Queen, en la fotografía se observa una superficie regular con granos uniformes.

Fig D<sub>2</sub> Imagen de la muestra libre de metal sometida a fase de glaseado, en la fotografía se observan granos uniformes y pequeños siendo una de las mejores superficies.

# IMÁGENES OBTENIDAS CON EL MICROSCOPIO DE FUERZA ATÓMICA

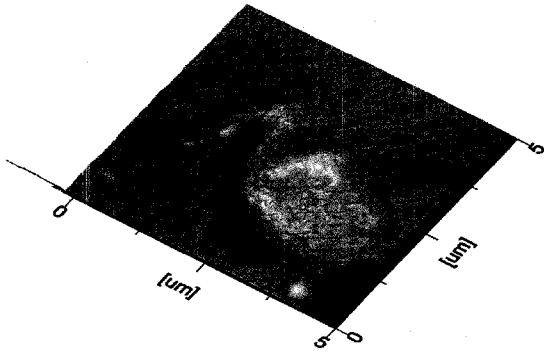


Fig A<sub>1</sub>

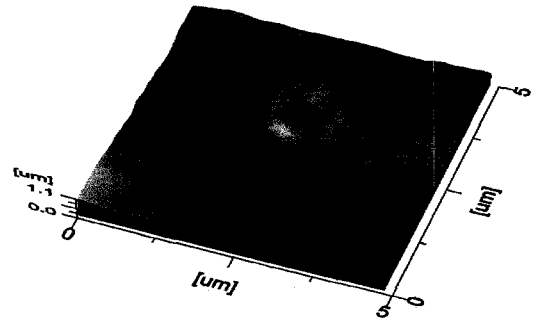


Fig A<sub>2</sub>

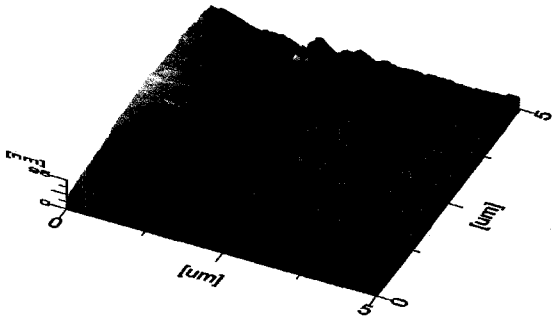


Fig B<sub>1</sub>

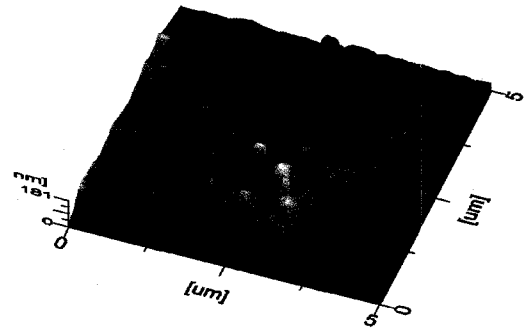


Fig B<sub>2</sub>

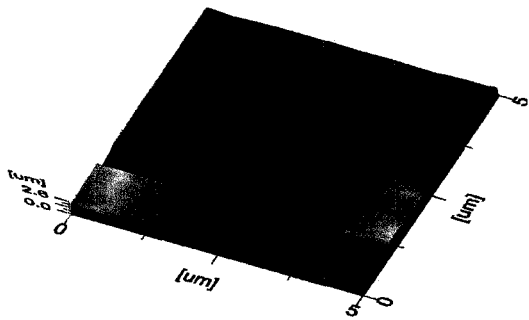


Fig C<sub>1</sub>

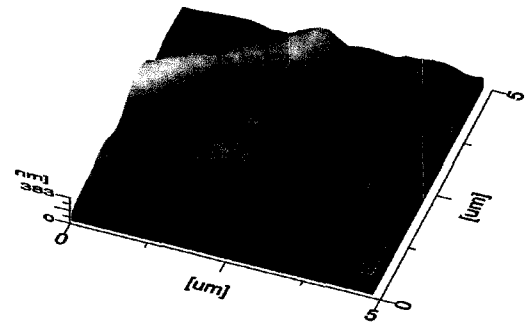


Fig C<sub>2</sub>

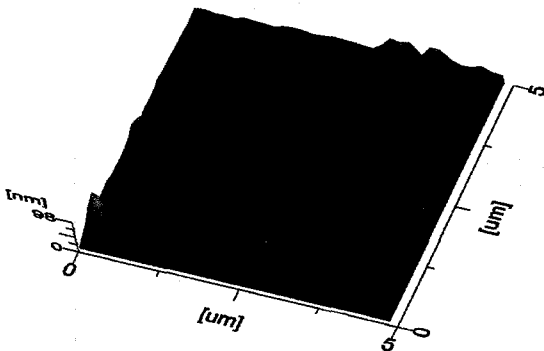


Fig D<sub>1</sub>

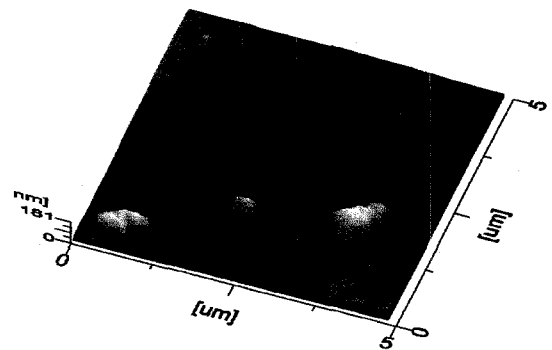


Fig D<sub>2</sub>

## DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS DEL GRUPO 1 CON MICROSCOPIA

### ELECTRÓNICA DE BARRIDO

Fig A<sub>1</sub> Imagen de la muestra metalocerámica en fase de biscocho, en la fotografía se pueden observar defectos e irregularidades que presenta la morfología de la superficie cerámica.

Fig B<sub>1</sub> Imagen de la muestra metalocerámica en fase de biscocho y aplicación del sistema de pulido cerámico de superficie IPS Polier-Set Gerald Ubassy de Williams/Ivoclar, en la fotografía se observa una mejor morfología de la superficie cerámica pero con algunos defectos.

Fig C<sub>1</sub> Imagen de la muestra metalocerámica en fase de biscocho y aplicación del sistema de pulido cerámico de superficie kit #880 de Kenda Queen, en la fotografía se observa uniformidad de la morfología de la superficie cerámica.

Fig D<sub>1</sub> Imagen de la muestra metalocerámica sometida a fase de glaseado, en la fotografía se observa la mejor morfología de la superficie cerámica con una gran tersura.

## **DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS DEL GRUPO 2 CON MICROSCOPIA**

### **ELECTRÓNICA DE BARRIDO**

Fig A<sub>2</sub> Imagen de la muestra libre de metal en fase de biscocho, en la fotografía se pueden observar grandes irregularidades en la morfología de la superficie cerámica y varios defectos.

Fig B<sub>2</sub> Imagen de la muestra libre de metal en fase de biscocho y aplicación del sistema de pulido cerámico de superficie IPS Polier-Set Gerald Ubassy de Williams/Ivoclar, en la fotografía se observa una morfología de la superficie cerámica irregular y con defectos.

Fig C<sub>2</sub> Imagen de la muestra libre de metal en fase de biscocho y aplicación del sistema de pulido cerámico de superficie kit #880 de Kenda Queen, en la fotografía se observa una superficie irregular y con algunos defectos en toda la muestra.

Fig D<sub>2</sub> Imagen de la muestra libre de metal sometida a fase de glaseado, en la fotografía se observan una muy buena morfología de la superficie cerámica y pequeños defectos.

# IMÁGENES OBTENIDAS CON EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO

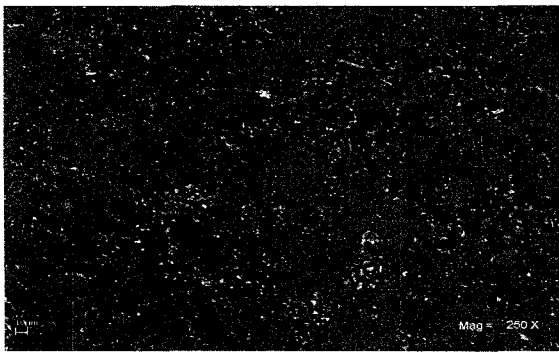


Fig A<sub>1</sub>

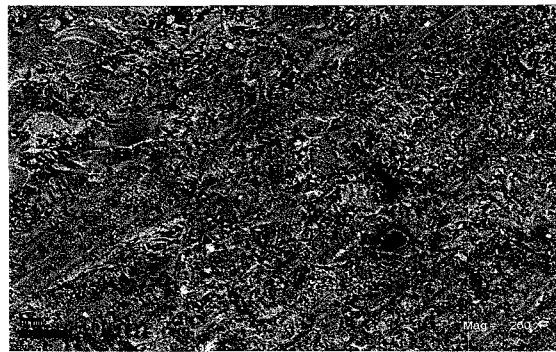


Fig A<sub>2</sub>

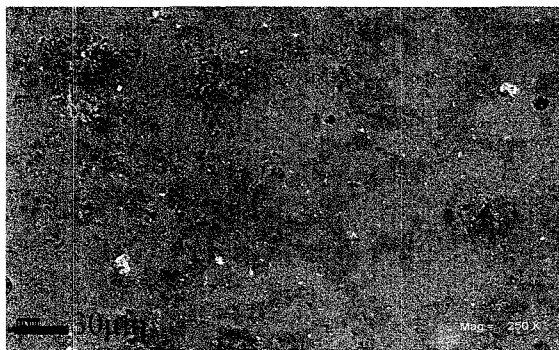


Fig B<sub>1</sub>



Fig B<sub>2</sub>



Fig C<sub>1</sub>



Fig C<sub>2</sub>

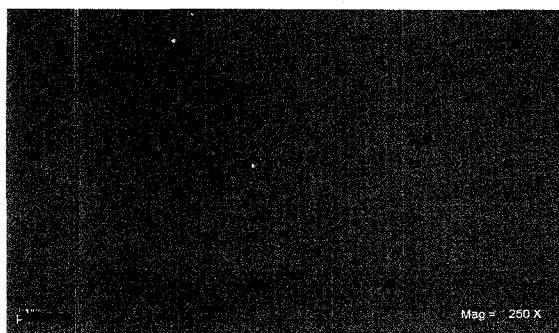


Fig D<sub>1</sub>

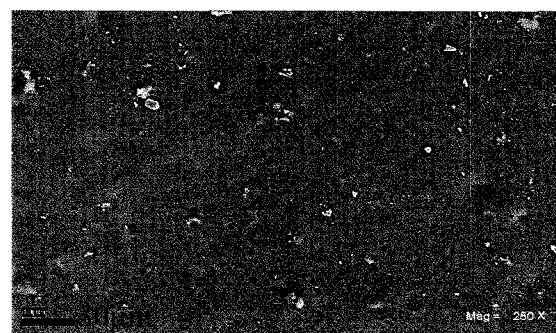
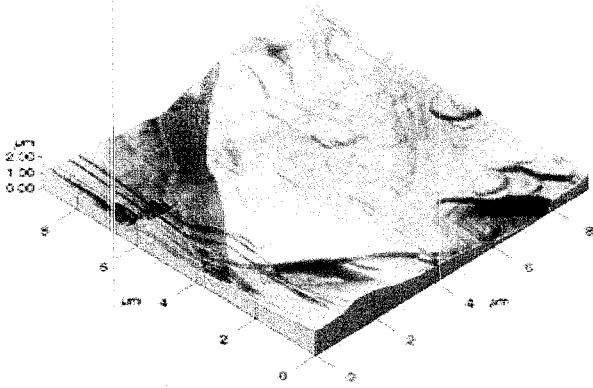
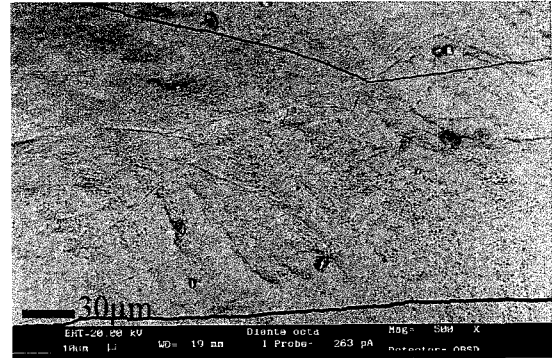


Fig D<sub>2</sub>

## IMÁGENES DEL GRUPO CONTROL



Grupo Control (AFM)

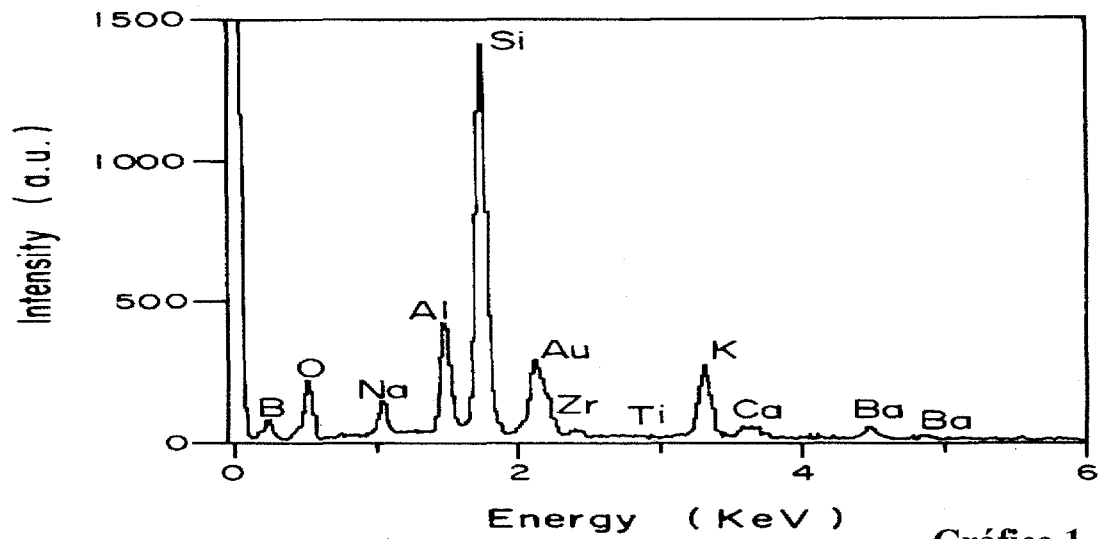


Grupo Control (SEM)

Fig Grupo Control (AFM) Imagen de la muestra del diente natural con microscopía de fuerza atómica, en la fotografía se observa una superficie muy tersa pero con una gran longitud de pico a valle.

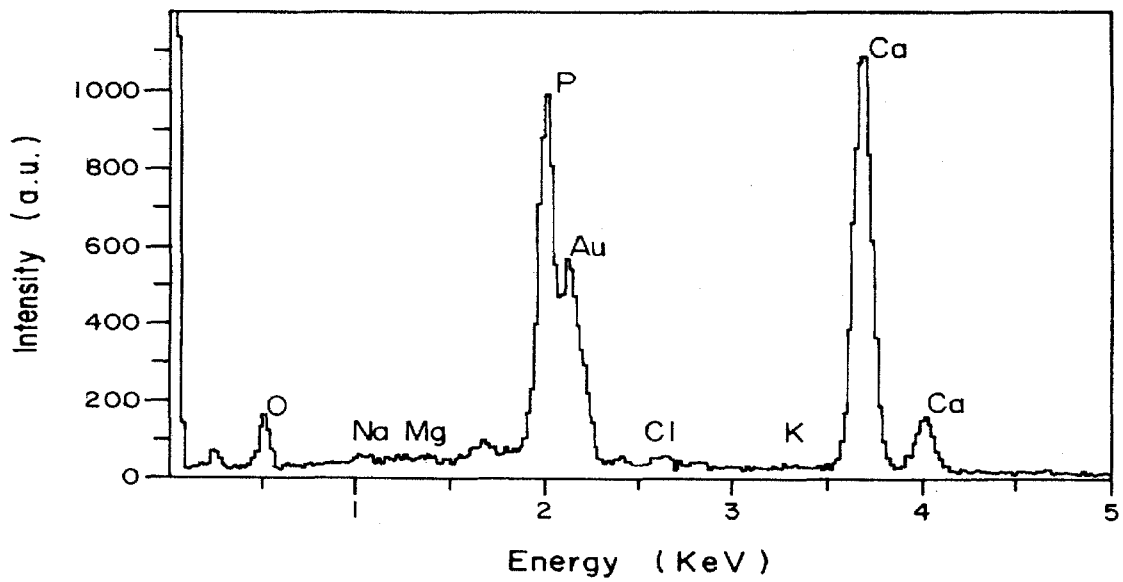
Fig Grupo Control (SEM) Imagen de la muestra del diente natural con microscopía electrónica de barrido, en la fotografía se observa una excelente morfología de superficie tanto en forma como en uniformidad.

### GRÁFICA REPRESENTATIVA DE MUESTRAS DE CERÁMICA



Gráfica 1

### GRÁFICA REPRESENTATIVA DE DIENTE NATURAL



Gráfica 2

El comportamiento de los materiales estuvo influenciado por los siguientes factores:

FACTORES	NIVELES	VARIABLES
SISTEMAS CERÁMICOS	METAL PORCELANA LIBRE DE METAL	RUGOSIDAD DE SUPERFICIE TAMAÑO DE GRANO
TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE	FASE DE BISCOCHO PULIDO WILLIAMS/IVOCLAR PULIDO KENDA QUEEN FASE DE GLASEADO	

TABLA 3

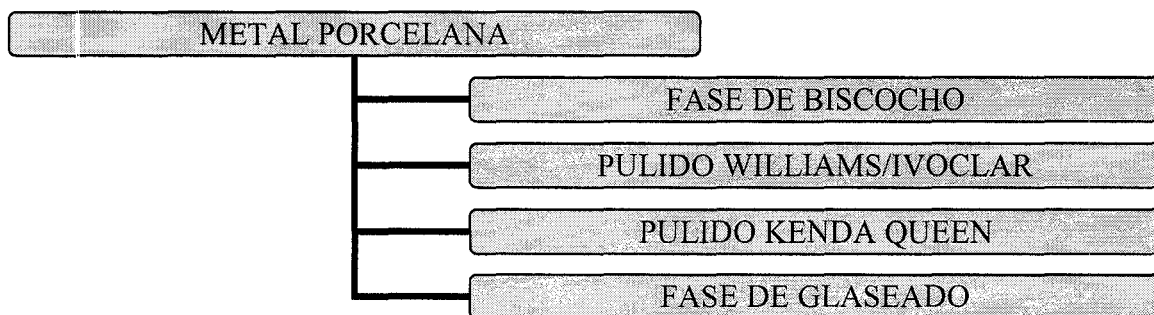


DIAGRAMA 1

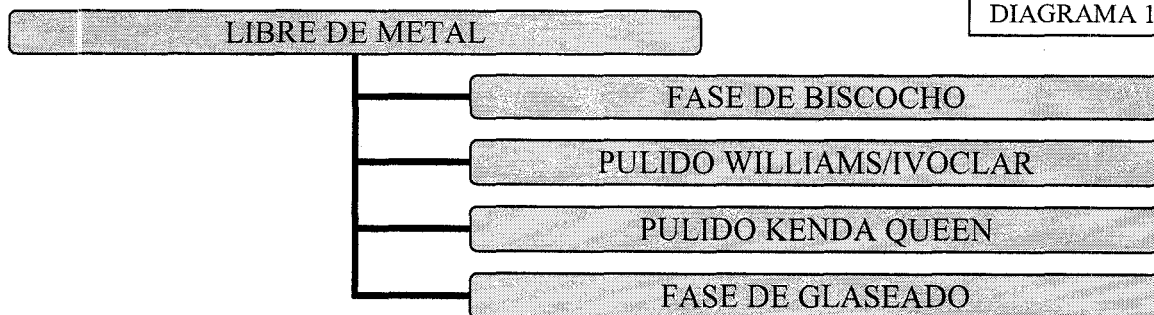


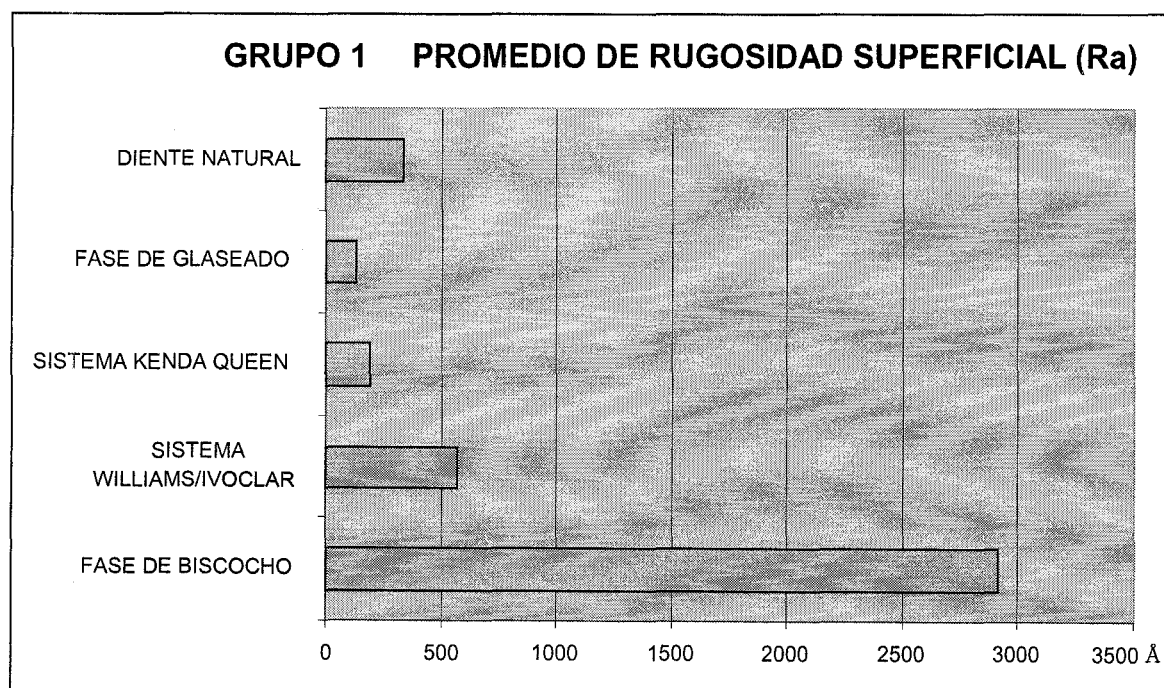
DIAGRAMA 2



**ANALISIS ESTADÍSTICO DE RUGOSIDAD DE SUPERFICIE DE MUESTRAS  
DEL GRUPO 1 (METAL PORCELANA) CON MICROSCOPIA DE FUERZA  
ATÓMICA**

<b>GRUPO 1</b>	<b>PROMEDIO DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL (Ra)</b>
FASE DE BISCOCHO	$X=2909.70 \pm 35.30\text{Å}$
SISTEMA WILLIAMS/IVOCLAR	$X=571.20 \pm 15.17\text{Å}$
SISTEMA KENDA QUEEN	$X=190.50 \pm 6.32\text{Å}$
FASE DE GLASEADO	$X=132.20 \pm 4.63\text{Å}$
DIENTE NATURAL	$X=336.25 \pm 7.48\text{Å}$

TABLA 4

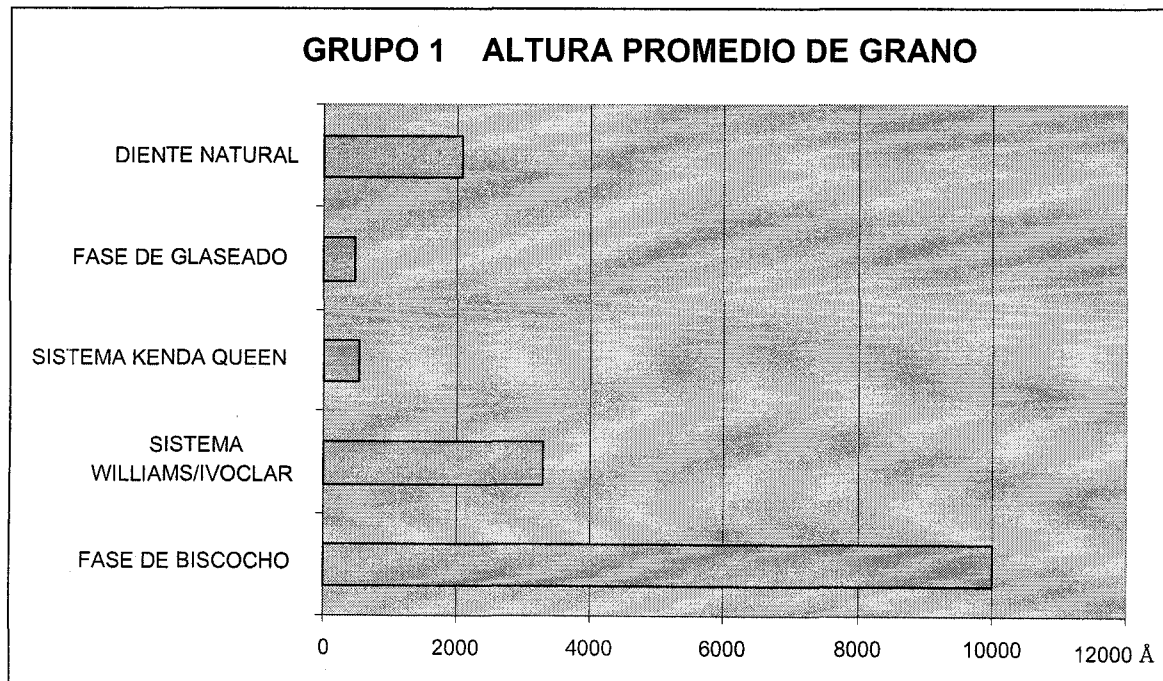


GRAFICA 3

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ALTURA PROMEDIO DE GRANO DE  
MUESTRAS DEL GRUPO 1 (METAL PORCELANA) CON MICROSCOPIA DE  
FUERZA ATÓMICA**

<b>GRUPO 1</b>	<b>ALTURA PROMEDIO DE GRANO</b>
FASE DE BISCOCHO	$X=1.33 \pm 0.213\mu$
SISTEMA WILLIAMS/IVOCLAR	$X=3287.00 \pm 28.18\text{Å}$
SISTEMA KENDA QUEEN	$X=537.42 \pm 10.38\text{Å}$
FASE DE GLASEADO	$X=472.42 \pm 11.70\text{Å}$
DIENTE NATURAL	$X=2084.80 \pm 18.85\text{Å}$

TABLA 5

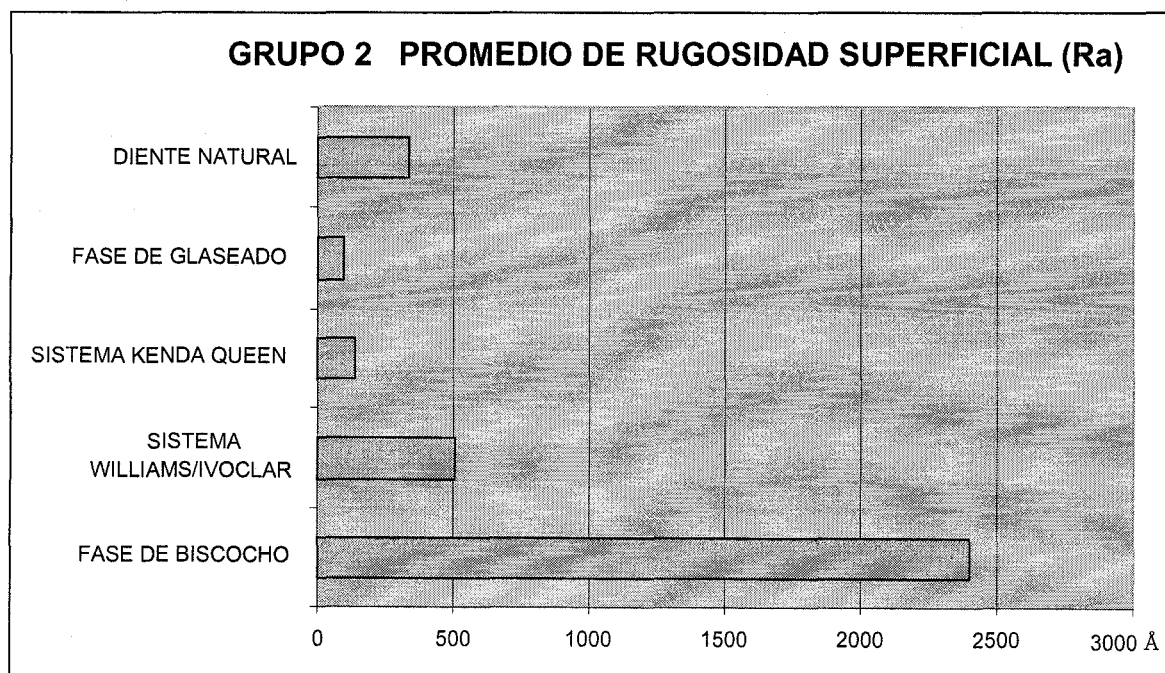


GRAFICA 4

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RUGOSIDAD DE SUPERFICIE DE MUESTRAS  
DEL GRUPO 2 (PORCELANA LIBRE DE METAL) CON MICROSCOPIA DE  
FUERZA ATÓMICA**

<b>GRUPO 2</b>	<b>PROMEDIO DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL (Ra)</b>
FASE DE BISCOCHO	$X=2401.03 \pm 27.03\text{Å}$
SISTEMA WILLIAMS/IVOCLAR	$X=507.16 \pm 13.98\text{Å}$
SISTEMA KENDA QUEEN	$X=139.24 \pm 4.82\text{Å}$
FASE DE GLASEADO	$X=97.13 \pm 2.98\text{Å}$
DIENTE NATURAL	$X=336.25 \pm 7.48\text{Å}$

TABLA 6

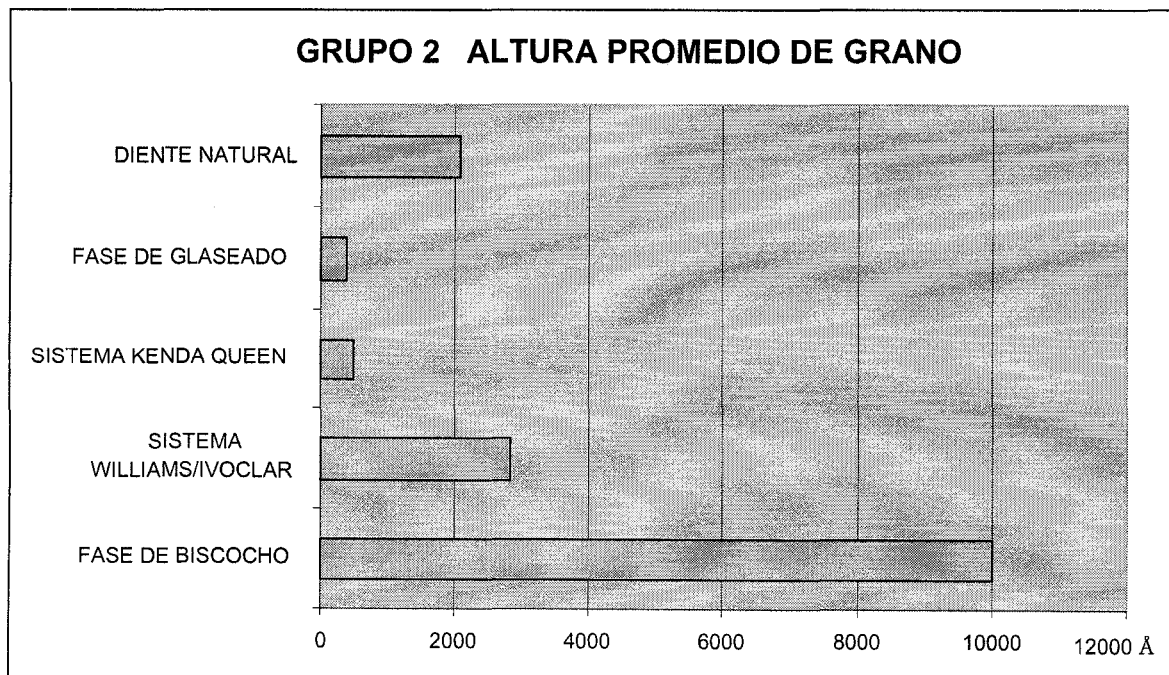


GRAFICA 5

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ALTURA PROMEDIO DE GRANO DE  
MUESTRAS DEL GRUPO 2 (PORCELANA LIBRE DE METAL) CON  
MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA**

<b>GRUPO 2</b>	<b>ALTURA PROMEDIO DE GRANO</b>
FASE DE BISCOCHO	$X=1.27 \pm 0.315\mu$
SISTEMA WILLIAMS/IVOCLAR	$X=2816.03 \pm 29.31\text{Å}$
SISTEMA KENDA QUEEN	$X=493.84 \pm 14.16\text{Å}$
FASE DE GLASEADO	$X=383.64 \pm 8.15\text{Å}$
DIENTE NATURAL	$X=2084.80 \pm 18.85\text{Å}$

TABLA 7



GRAFICA 6

# **DISCUSIÓN**

## **PROMEDIO DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL (Ra)**

### **GRUPO 1**

El resultado que se observa en las muestras sometidas a fase de glaseado son granos uniformes y muy pequeños presentando el menor promedio de rugosidad de superficie, por consiguiente la superficie más lisa y tersa de todas. Por otra parte los sistemas de pulido Kenda Queen y Williams/Ivoclar se observa en la topografía gran cantidad de granos pequeños presentando un mayor promedio de rugosidad que el glaseado pero estos resultados siguen estando muy cerca de los obtenidos con nuestro grupo control, el cual presenta una superficie extremadamente tersa y lisa pero con una gran longitud de pico a valle. Por último la fase de biscocho se observa con ligeros pliegues donde se observa una superficie escalonada presentando la más alta rugosidad de superficie muy por encima de los valores promedio obtenidos.

La descripción topográfica de las muestras determinaron una gran similitud entre la superficie del diente natural y la superficie de fase de glaseado donde se observan defectos menores a 10 micras, a diferencia de las superficies pulidas donde se pueden observar defectos, fisuras y poros mayores a 10 micras, la superficie sometida a fase de biscocho presento fisuras y cráteres de más de 60 micras.

## GRUPO 2

El resultado que se observa en las muestras sometidas a fase de glaseado es una excelente superficie homogénea con granos uniformes y pequeños presentando el menor promedio de rugosidad de superficie, siendo la mejor de todas las superficies. El sistema de pulido cerámico Kenda Queen presento una superficie regular con granos uniformes muy similar a la glaseada, obteniendo una rugosidad superficial de acuerdo a los valores del grupo control. El sistema de pulido cerámico Williams/Ivoclar presento una superficie irregular con algunas zonas muy tersas y granos medianos, presentando una mayor promedio de rugosidad que el sistema cerámico de pulido Kenda Queen y la fase de glaseado pero con una rugosidad de superficie bastante aceptable. Nuestro grupo control comparado contra estas superficies se sigue mantiene un promedio de rugosidad a pesar de su tersura. Por último la fase de biscocho se presenta irregularidades en la superficie y un pequeño defecto con el mayor promedio de rugosidad superficial.

La descripción topográfica de las muestras nos arrojan resultados similares obtenidos en el grupo 1 donde tanto la superficie del diente natural, como la superficie de fase de glaseado presentaron ligeros defectos menores a 10 micras, solo que en este grupo 2 se une a esta descripción el sistema de pulido cerámico kenda queen quien presenta las mismas características, mientras tanto la superficie pulida con williams/ivoclar presento una mayor cantidad de defectos y poros mayores a 10 micras y una vez más la superficie sometida a fase de biscocho presento la peor de las superficie donde se encontraron tanto poros como fisuras y pequeños cráteres de más de 40 micras.

## **ALTURA PROMEDIO DE GRANO**

### **GRUPO 1**

El resultado que se observa en las muestras sometidas a fase de glaseado y al sistema de pulido cerámico kenda queen presentan la menor altura promedio de grano en superficie, o lo que es lo mismo, la superficie más uniforme. El grupo control presentó una altura considerable comparada contra los resultados anteriormente descritos, pero mucho de esto es debido a el tamaño de los prismas del esmalte. El sistema de pulido cerámico williams/ivoclar aunque presenta una altura mucho mayor que las anteriores, todavía puede ser considerada para discusión, pero las muestras sometidas a fase de biscocho están muy por encima de nuestros valores promedio, tanto que no pudieron ser medidos en Angstroms y tuvieron que ser medidos en micras.

### **GRUPO 2**

El resultado que se observa siguiendo el mismo patrón que el grupo 1, la superficie más homogénea y simétrica es la muestra sometida a fase de glaseado, siguiéndola muy de cerca y casi con la misma estructura la muestra sometida al sistema de pulido cerámico kenda queen, sin embargo las muestras sometidas al sistema de pulido cerámico williams/ivoclar presentan la altura promedio de grano en superficie más similar a del grupo control que son los dientes naturales y por último las muestras sometidas a fase de biscocho presentan una altura promedio de grano en superficie no homogénea y asimétrica con una gran diferencia entre el tamaño de sus granos.

## CONSIDERACIONES CLÍNICAS

Glaseado contra Pulido, esta es una pregunta que todo Cirujano Dentista se ha hecho, pero ¿qué es mejor?, algunos artículos nos dicen que el glaseado y el pulido no tienen diferencia significativa,<sup>31-34</sup> mientras otros nos dicen que el pulido no permite crear una superficie cerámica comparada con el glaseado,<sup>35-37</sup> algunos autores mencionan que clínicamente es mejor pulir que el glasear y otros mencionan que es más estético glasear que pulir.<sup>35,38</sup> Nuestro estudio demuestra que la superficie glaseada es la que presentó menor cantidad de defectos, poros y/o fracturas. Estudios más recientes muestran que la mejor técnica para el terminado de la cerámica es el pulirla con puntas de diamante seguida de la aplicación de pasta adiamantada,<sup>39</sup> otros mencionan que hay que pulir la cerámica y posteriormente someterla a fase de glaseado,<sup>40</sup> el problema es que esta comprobado que al pulir una superficie cerámica nos va a producir un cambio en la dimensión vertical de 18-34mm con una desviación standart de  $35\pm 5$ mm y si la sometemos a fase de glaseado nos va a producir un cambio en la dimensión vertical de 3-11mm con una desviación standart de  $3\pm 1$ mm,<sup>41</sup> una vez obtenidos estos resultados no sería nada recomendable realizar los dos procedimientos a una misma superficie cerámica.

El glasear o pulir una superficie cerámica va a depender de las necesidades que el Cirujano Dentista requiera en cada uno de sus tratamientos, es importante el determinar las necesidades clínicas que requerimos para cada uno de nuestros pacientes,<sup>42-44</sup> los cuales dependerían en primer lugar en que zona de la boca pretendemos colocar una prótesis, si es en la zona anterior o posterior, seguido de la edad que tenga nuestro paciente ya que con esta los dientes se ven más translucidos y con mayor brillo lo cual no



es requisito indispensable para un paciente joven, hoy en día la topografía del esmalte de cada diente es como una huella dactilar, se dice que ningún paciente presenta el mismo tipo de amelotopografía y que esta es irreplicable entre paciente y paciente.<sup>45-49</sup> Nuestros resultados obtenidos en el microscopio de fuerza atómica nos muestran que las superficies pulidas son solamente brillantadas y no presentan la homogeneidad de la superficie glaseada, resultado de las altas temperaturas en el horno para porcelana.<sup>50-57</sup>

Se encuentran microfracturas, poros y rugosidades significativas en todas las muestras analizadas en fase de biscocho tanto en el sistema cerámico metal/porcelana como en el sistema cerámico libre de metal. Se encuentran características significativas entre los diferentes sistemas de pulido y fase de glaseado siendo que esta última la superficie presentó características similares al esmalte de los dientes naturales.

La cerámica dental está compuesta a base de borosilicatos vítreos y/o feldespatos<sup>50</sup> conteniendo componentes cristalinos dispersos dentro de su estructura, por lo tanto la composición química final depende directamente de la temperatura aplicada a sus componentes, tiempos de permanencia y proporciones polvo/líquido para lograr un verdadero control de calidad y optimizar una superficie cerámica.<sup>48,52</sup>

Durante mucho tiempo y hasta nuestros días se ha trabajado en la investigación y mejoramiento de los materiales de restauración, debido al gran auge que ha tenido la odontología estética y adhesiva en los últimos años, el uso de nuevos materiales cerámicos sin estructura metálica o libres de metal constituyen una alternativa para poder rehabilitar a los pacientes. Sin embargo, el equipo para realizar estas restauraciones es costoso y los procedimientos técnicos requieren de un entrenamiento específico por parte del técnico dental.

La gran diferencia clínica entre el sistema metal/porcelana y el libre de metal convencional es que el sistema metal/porcelana nos permite hacer pruebas clínicas a los pacientes corroborando la oclusión, la forma y el color mientras que el sistema libre de metal se cementa en boca y después se ajusta la oclusión, esto debido a la fragilidad que presenta el material antes de ser cementado. Por lo tanto el primer sistema nos permite realizar pruebas clínicas y ser devuelto al laboratorio para que este sea pulido o glaseado según las características clínicas que requiera el Cirujano Dentista con cada paciente. Con este estudio sabemos que el sistema cerámico metal/porcelana presentan mayor promedio de rugosidad superficial y mayor altura promedio de grano que el sistema libre de metal, la mayoría de las veces que se desgaste clínicamente una superficie cerámica metal/porcelana para ajustar la oclusión, debe ser sometida a fase de glaseado o en su caso pulirla, ya que los promedios obtenidos en este estudio demuestran que al glasear o al pulir una superficie cerámica existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de rugosidad superficial y la altura promedio de grano. Si se pretende cementar una restauración con una superficie cerámica desgastada sin pulirla o glasearla se producirá un desgaste significativo a corto plazo a los dientes naturales antagonistas, que se presentará clínicamente como una atrición.

La desventaja que nos presenta el sistema cerámico libre de metal de no poderlo probar en boca y tener que cementarlo para posteriormente ser ajustado, se contrapone a lo dicho anteriormente debido a que este sistema, basándonos en este estudio, presenta un menor promedio de rugosidad superficial y menor altura promedio de grano comparado contra el sistema cerámico metal/porcelana en todos y cada uno de sus tratamientos de superficie.

Es casi idéntico pulir una cerámica libre de metal que glasear una cerámica metal/porcelana por lo que se debe tener en el consultorio un sistema cerámico de pulido para utilizarlo siempre que se desgaste una superficie cerámica en boca, sin olvidar restringidamente hacer uso adecuado del mismo y seguir las instrucciones que el fabricante nos proporciona.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó este trabajo concluimos que:

1. Las muestras cerámicas en fase de biscocho presentaron el mayor promedio de rugosidad superficial comparadas con las muestras cerámicas en fase de glaseado y las muestras cerámicas en fase de pulido, tanto en el sistema cerámico metal/porcelana como en el sistema cerámico libre de metal.
2. Las muestras cerámicas del sistema libre de metal en fase de pulido no presentan diferencias en el promedio de rugosidad superficial comparadas con las muestras cerámicas del sistema metal/porcelana en fase de glaseado.
3. Las muestras cerámicas en fase de biscocho presentaron la mayor altura promedio de grano comparadas con las muestras cerámicas en fase de glaseado y las muestras cerámicas en fase de pulido, tanto en el sistema cerámico metal/porcelana como en el sistema cerámico libre de metal.
4. Las muestras cerámicas del sistema libre de metal en fase de pulido no presentan diferencias en la altura promedio de grano comparadas con las muestras cerámicas del sistema metal/porcelana en fase de glaseado.

5. Las muestras cerámicas del sistema metal/porcelana y libres de metal en fase de glaseado presentaron el menor promedio de rugosidad superficial y la menor altura promedio de grano.

6. Las muestras cerámicas del sistema metal/porcelana y libres de metal en fase de pulido con los sistemas Kenda Queen y Williams/Ivoclar no presentaron diferencia significativa en el promedio de rugosidad superficial ni en la altura promedio de grano.

7. Las muestras cerámicas del sistema metal/porcelana y libres de metal en fase de biscocho presentaron el mayor promedio de rugosidad superficial y mayor altura promedio de grano así como la mayor cantidad de irregularidades y defectos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. <http://www.cdrf.org/dbaut96/dbeat8.htm>
2. <http://www.chembio.uoguelph.ca/educ-mat/chm729/afm/introdn.htm>
3. <http://www.zurich.ibm.com/Technology/Atomic/atomic.force.html>
4. Dorota K., Bernard GN. The effect of restorative materials on the wear of enamel. J. Prosthet Dent 1994; 72:194-203.
5. Hacker CH, Wagner WC, Razzoog ME. An in vitro investigation of the wear of enamel on porcelain and gold in saliva. J Prosthet Dent 1996; 75:14-7.
6. Ramp MH, Susuki S, Cox CF, Lacefield WR, Koth DL. Evaluation of wear: enamel opposing three ceramic materials and a gold alloy. J Prosthet Dent 1997; 77: 523-30.
7. Metzler KT, Woody RD, Miller AW. In vitro investigation of the wear of human enamel by dental porcelain. J Prosthet Dent 1999; 81:356-64.
8. Al-Hiyasat AS, Saunders WP, Sharkey SW, Smith GM, Gilmour WH. Investigation of human enamel wear against four dental ceramics and gold. J. Dent 1998; 26:487-95.
9. Al-Hiyasat AS, Saunders WP, Smith GM. Three-body wear associated with three ceramics and enamel. J Prosthet Dent 1999; 82:476-81.
10. Derand P, Vereby P. Wear of low-fusing dental porcelains. J Prosthet Dent 1999; 81:460-3.
11. <http://www.afmintro.htm>
12. <http://130.225.65.163/matsci/afm/PHD/HGP/FORCEART.HTM>
13. <http://daxp.ciemat.es/capacidades/mice-fet.htm>

14. <http://www.park.com/sprnquide/1-2-1.htm>
15. <http://www.park.com/spmguide/1-2-2.htm>
16. <http://www.park.com/spmguide/1-2-3.htm>
17. <http://www.chembio.uoguelph.ca/educ-mat/chm729/afm/resolution.htm>
18. <http://mafalda.univalle.edu.co/aupec/AUPEC/octubre96/atomico.htm>
19. <http://www.al.com/asm/afmpage.htm>
20. <http://www.aquila.infn.it/infm/Casti/Tech /Afm/IntroEn.html>
21. <http://www.park.com/spmguide/1-2-0.htm>
22. <http://www.chembio.uoguelph.ca/educ-mat/chm729/afm/operate.htm>
23. Raimondo RL Jr, Richardson JT, Wiedner B. Polished versus autoglated dental porcelain. *J Prosthet Dent* 1990; 64:553-7.
24. Scurria MS, Powers JM. Surface roughness of two polished ceramic materials. *J Prosthet Dent* 1994; 71:174-7.
25. Al-Wahadni AM, Martin DM. An in vitro investigation into the wear effects of glazed, unglazed and refinished dental porcelain on an opposing material. *J Oral Rehabil* 1999; 26:538-46.
26. Al-Hiyasat AS, Saunders WP, Sharkey SW, Smith GM, Gilmour WH. The abrasive effect of glazed, unglazed and polished porcelain on the wear of human enamel, and the influence of carbonated soft drinks on rate or wear. *J Prosthet Dent* 1999; 82: 493-499.
27. Ward MT, Tate WH, Powers JM. Surface roughness of opalescent porcelains after polishing. *Oper Dent* 1995; 20:106-10.

28. Al-Wahadni A, Martin DM. Glazing and finishing dental porcelain: a literature review. *J Clin Dent Assoc* 1998; 64:580-3.
29. Jefferies SR. The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. *Dent Clin North Am* 1998; 42:613-27.
30. Baharav H, Laufer BZ, Pilo R, Cardash HS. Effect of glaze thickness on the fracture roughness and hardness of alumina-reinforced porcelain. *J Prosthet Dent* 1999; 81:515-9.
31. Klausner L.H. Polished versus autoglazed porcelain surfaces. *J Prosthet Dent*. 1982; 47:157-162.
32. Al-Hiyasat A.S. The abrasive effect of glazed, unglazed, and polished porcelain on the wear of human enamel, and the influence of carbonated soft drinks on the rate of wear. *Int Journal of Prosthodontics* 1997; 10:269-282.
33. Sulik W.D. Surface finishing of dental porcelain. *J Prost Dent*. 1981; 46:217-221.
34. Patterson C.J.W. Refinishing of porcelain by using a refinishing kit. *J Prosthet Dent*. 1991; 65:383-388.
35. Brewer J.D. Clinical discrimination between autoglazed and polished porcelain surfaces. *J Prosthet Dent*. 1990; 64:631-635.
36. Patterson C.J.W. Efficacy of a porcelain refinishing system in restoring surface finish after grinding with fine and extra-fine diamond burs. *J Prosthet Dent*. 1992; 68:402-406.
37. Campbell S.D. Evaluation of surface roughness and polishing techniques for new ceramic materials. *J Prosthet Dent*. 1989; 61:563-568.



40. Zalkind M. Porcelain surface texture after reduction and natural glazing. J Prosthet Dent. 1986; 55:30-33.
41. Wiley MG. The vertical dimensional change resulting from polishing or glazing porcelain. J Prosthet Dent. 1989; 62:32-34.
42. Barghi N. Porcelain shade stability after repeated firing. J Prosthet Dent. 1977; 37:173-175.
43. Obregón A. Effects of opaque and porcelain surface texture on the color of ceramometal restorations. J Prosthet Dent. 1981; 46:330-340.
44. Barghi N. Color and glaze: effects of repeated firings. J Prosthet Dent. 1982; 47:393-395.
45. Claude Sieber, Motivation. VITA
46. Mc Lean JW. The science and art of metal ceramic. Quintessence Books. 1980; I:23-26.
47. Vita. La técnica Vita VMK 68. Vita Zahnfabrick H. Rauter GmbH & Co. KG.
48. Ubassy G. Shape and color, The key to successful ceramic restorations. Quintessence Books. 1993; 197-210.
49. Cahn R.W. Materials Science and Technology. VCH Weinheim. 1992; 14.
50. Phillip R.W. La ciencia de los materiales dentales de Skinner. Edit. Interamericana. 1993; 88-97.

51. Evans D.B. Influence of condensation method on porosity and shade of body porcelain. *J Prosthet Dent.* 1990; 63:380-388.
52. Yamamoto M. Color atlas basic technique for metal ceramics. Quintessence Books 1990:8-10.
53. Crispin B.J. Relative color stability of ceramic stains subjected to glazing temperatures. *J Prosthet Dent.* 1991; 66:20-23.
54. Barghi N. Optimum thicknesses of opaque an body porcelain. *J Prosthet Dent.* 1982; 48:429-431.
55. Abadie F.R. Porcelain surface characterization and staining in the office. *J Prosthet Dent.* 1984; 51:181-185.
56. Naylor P. Introduction to metal-ceramic technology. Quintessence Books. 1992; 145-170.
57. Goldstein B. Profilometer, SEM, and visual assessment of porcelain polishing methods. *J Prosthet Dent.* 1991; 65:627-634.
58. Hong YC. Effects of surface finish and fatigue testing on the fracture strength of CCAD-CAM and Pressed Ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 1999;82: 468-475.
59. Ahmad S, Al-Hiyasat, Saunders PW, Smith MG. Three-body wear associated with three ceramics and enamel. *J. Prosthet Dent* 1999; 82: 476-481.
60. Magne P, Won-Suck. Wear of enamel and veneering ceramics after laboratory and chairside finishing procedures. *J. Prosthet Dent* 1999; 82:669-679.
61. Chowdhury MU, Kobayashi K, Uchiyama Y. Attrition at the enamel-restoration interface. *Asian J Aesthet Dent* 1995; 3:23-30.

# ANEXOS

## PROGRAMAS DEL HORNO VULCAN (NEY)

PROGRAMA	R1	T1	H1	R2	T2	H2	R3	T3	H3
# 0	-	-	-	-	-	-	-	850	-
# 2	5	400	0	5	700	0	5	850	60
# 3	10	400	0	10	700	0	10	850	60
# 4 Empress	5	250	30	5	600	0	5	850	60
#6 Empress Speed	40	280	0	40	600	0	40	850	60

## PROGRAMAS DEL HORNO VITA VMK 68

# PROG	PROGRAMA	Temp. ca. °C	Predrying °C	⇒	↗ Min.	⇒ Min.	VAC Min.
1	Oxidación Metal	980	600	0.00	3.00	6.00	0.00
2	1era Cocción Opaco	950	600	0.00	3.00	1.00	3.00
3	2da Cocción Opaco	930	600	0.00	3.00	1.00	3.00
4	Cocción Dentina	930	600	6.00	6.00	1.00	6.00
16	Cocción Glaze	930	600	0.00	3.00	1.00	-

## PROGRAMAS DEL HORNO EP500

TÉCNICA	P	B	t	T	H	V1	V2	Presión	N
Empress Maquillada	1	700° C	60° C	1075° C	20	500° C	1075° C	5 Bar	--
Empress Capas	11	700° C	60° C	920° C	20	500° C	920° C	5 Bar	--