

**Resistencia a fuerzas de cizallamiento en sistemas cerámicos compuestos por feldespato
sobre tres tipos de tratamiento del metal: estudio in vitro**

**Roiman Eligio Romero Manjarrez, Henderson Machuca Gelvis, Diego Alejandro Rico
Solano y María Gabriela Rincón Contreras**

Trabajo de grado para optar el título de Odontólogo

Director

Exiomara Aguilar Carranza

Magíster en economía de la salud

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ciencias de la Salud

Facultad de Odontología

2023

Agradecimientos

Agradecimiento a nuestra directora Exiomara Aguilar Carranza, a nuestro codirector el Dr. Elkin Jahir Flórez Salamanca por compartirnos sus experiencias, respeto y pasión por la investigación al docente de la facultad de mecatrónica Felix Antonio Pérez Redondo, y a todos los docentes que nos acompañaron a lo largo de la carrera por su dedicación y entrega.

Contenido

Resistencia a fuerzas de cizallamiento en sistemas cerámicos compuestos por feldespato sobre tres tipos de tratamiento del metal: Estudio in vitro	10
1. Introducción	10
1.1 Planteamiento del problema.....	12
1.2 Justificación.....	13
2. Marco teórico	15
2.1 Cerámicas	15
2.2 Composición de las cerámicas	16
2.3 Cerámicas dentales	16
2.4 Vitrocerámicas o cerámicas vítreas	17
2.5 Cerámicas fel despáticas	18
2.6 Fuerzas asociadas a fallos en la restauración con cerámicas	18
2.7 Fallas de unión mecánica	19
2.8 Fallas cohesivas.....	19
2.9 Fuerza de corte o cizallamiento.....	19
2.10 Resistencia a fuerzas de cizallamiento en sistemas cerámicos	19
2.11 Fricción.....	22
2.12 Aleación de metal.....	22
2.13 Cromo-cobalto.....	22
2.14 Tipo de colado	23
2.15 Cofias metálicas	23
2.16 Prótesis dental	24

3. Objetivos	24
3.1 Objetivo general	24
3.2 Objetivos específicos.....	24
3.3 Hipótesis.....	25
4. Método	25
4.1 Tipo de estudio.....	25
4.2 Muestra.....	25
4.3 Criterio de inclusión	26
4.4 Criterios de exclusión	26
4.5 Variables.....	26
4.6 Procedimiento.....	26
4.7 Procesamiento de los datos y Análisis estadístico	28
4.8 Consideraciones éticas	29
5. Resultados.....	30
5.1 Análisis Univariado.....	30
5. Discusión.....	34
6. Recomendaciones	36
7. Conclusiones	37
Referencias.....	38

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Promedios y desviaciones estándar</i>	30
Tabla 2. <i>Frecuencias absolutas y relativas</i>	31
Tabla 3. <i>Tipo de falla</i>	34

Lista de figuras

Figura 1. <i>Procedimiento</i>	28
Figura 2. <i>Fallas cohesivas y adhesivas</i>	31
Figura 3. <i>Promedio de carga</i>	32
Figura 4. <i>Promedio de ciclo</i>	32
Figura 5. <i>Promedio de trayectoria</i>	33

Lista de apéndices

Apéndices A. <i>Tabla operacional de variables</i>	43
Apéndices B. <i>Instrumento</i>	45
Apéndices C. <i>Análisis Estadístico</i>	47

Resumen

Introducción: En odontología, la resistencia a la fuerza de cizallamiento es una propiedad importante para evaluar la estabilidad de las restauraciones dentales. Los sistemas cerámicos compuestos por feldespato son ampliamente utilizados en la odontología restauradora debido a su estética y resistencia a la fractura, sin embargo, su rendimiento depende en gran medida de la calidad del sustrato metálico. **Objetivo:** Evaluar la influencia que tienen los diferentes tratamientos de superficies que recibe la infraestructura metálica sobre la carga de la cerámica feldespática al ser sometida a fuerzas de cizallamiento. **Método:** Se confeccionaron 21 cofias metálicas de níquel cromo sobre un modelo patrón del diente 26 elaborado en yeso tipo IV. Se sometieron a tres diferentes tratamientos de superficie (oxidación, arenado y pulido). Posteriormente, se recubrieron con cerámica feldespática con un espesor de 1,5 mm y se verificó visualmente la calidad de la superficie. Se llevaron a la máquina japonesa de ensayos universales presente en la sede de la universidad Santo Tomás, marca Shimadzu® autograph ag-1, la cual arrojaba los parámetros de Newtons, Segundos y Milímetros para obtener los valores de ciclo, carga y recorrido, se midieron las deformaciones producidas por la aplicación de una fuerza constante usando una velocidad con una platina de sección. Se verificaron los tipos de fallas de manera visual utilizando una lupa estereoscópica lupa La información recolectada se registró en una base de datos y se analizó estadísticamente. Se evaluó normalidad (Shapiro-Wilk), seguido de Anova One-way y post test de Sidak, estableciendo nivel de significancia $<0,05\%$ **Resultados:** Entre los tratamientos de superficie de las cofias metálicas al cual fue adherido la cerámica feldespática, que presentó mayor diferencia significativa al resistir las fuerzas de cizallamiento se tiene, el tratamiento de arenado con un promedio de 0.731, comparado con el tratamiento de pulido el cual presentó un promedio de 0,374, observándose que entre estos dos el que presentó menor resistencia a carga fue el tratamiento de pulido, Para el cruce entre Carga y Tipo de tratamiento se obtuvo como resultado un valor de $p = 0.03$ lo que representa una diferencia estadísticamente significativa. En la variable de stroke el grupo de arenado arrojó un valor de (1,61) teniendo este una diferencia significativa sobre los grupos de oxidado y pulido todas las coronas del grupo pulido presentaron un falla adhesiva y cohesiva. **Conclusiones:** El grupo de tratamiento de pulido tuvo menor valor de carga, con respecto al tratamiento de arenado y oxidado. Adicionalmente la totalidad del grupo pulido presentó fracasos por fallas adhesivas-cohesivas lo cual podría tener repercusiones clínicas como la delaminación en las coronas. Entre los beneficios que podemos concluir para este estudio se encuentra relacionado la importancia del comportamiento de este sistema cerámico ante las fuerzas de cizallamiento, teniendo en cuenta el tipo de tratamiento de superficie y la pureza del metal al ser recubierta con la cerámica.

Palabras claves: resistencia a la cizalladura, aleaciones Metal-cerámica, coronas dentales, propiedades de superficie, porcelana dental

Abstract

Introduction: In dentistry, shear strength resistance is an important property to evaluate the stability of dental restorations. Feldspar composite ceramic systems are widely used in restorative dentistry due to their esthetics and fracture resistance, however, their performance is highly dependent on the quality of the metal substrate. **Objective:** To evaluate the influence of the different surface treatments that the metal substrates receive on the loading of feldspar ceramics when subjected to shear forces. **Methods:** Twenty-one nickel chromium metal copings were fabricated on a standard model of tooth 26 made of type IV gypsum. They were subjected to three different surface treatments (oxidation, sandblasting and polishing). Subsequently, they were coated with feldspathic ceramic with a thickness of 1.5 mm and the surface quality was visually verified. They were taken to the Japanese universal testing machine present at the Santo Tomas University headquarters, brand Shimadzu® autograph ag-1, which yielded the parameters of Newtons, Seconds and Millimeters to obtain the values of cycle, load and stroke, the deformations produced by the application of a constant force were measured using a speed with a section plate. The information collected was recorded in a data base and analyzed statistically. Normality was evaluated (Shapiro-Wilk), followed by One-way Anova and Sidak's posttest, establishing a significance level $<0.05\%$. **Results:** Among the surface treatments of the metallic copings to which the feldspathic ceramic was adhered, which presented the greatest significant difference in resisting shear forces, the sandblasting treatment had an average of 0.731, compared to the sandblasting treatment with an average of 0.731, compared to the sandblasting treatment with an average of 0.05%. 731, compared to the polishing treatment which presented an average of 0.374, observing that between these two, the one that presented less resistance to load was the polishing treatment. For the cross between load and type of treatment, a value of $p = 0.03$ was obtained as a result, which represents a statistically significant difference. In the stroke variable the sandblasting group yielded a value of (1.61) having this a significant difference over the oxidized and polished groups all crowns in the polished group presented adhesive and cohesive failure. **Conclusions:** The polishing treatment group had lower load value, with respect to the sandblasting and oxidized treatment. Additionally, the entire polishing group presented failures due to adhesive-cohesive failure, which could have clinical repercussions such as delamination of the crowns. Among the benefits that we can conclude for this study is related to the importance of the behavior of this ceramic system to the shearing forces, tenacity, and strength of the ceramic system, which could have clinical repercussions such as delamination of the crowns. Among the benefits that we can conclude for this study is related to the importance of the behavior of this ceramic system under shear forces, considering the type of surface treatment and the purity of the metal to be coated with the ceramic.

Keywords: shear strength, metal-ceramic alloys, crowns, surface properties, dental porcelain

**Resistencia a fuerzas de cizallamiento en sistemas cerámicos compuestos por feldespato
sobre tres tipos de tratamiento del metal: Estudio *in vitro***

1. Introducción

Entre los problemas que se presentan en las restauraciones metal cerámicas después de lograr los objetivos estéticos y de ajuste marginal es la baja resistencia mecánica de la cerámica, sobre todo ante la presencia de fuerzas de deslizamiento o cizalla, debido a la posibilidad de generar fracturas del material cerámico, lo que conlleva al fracaso de la estructura diseñada ante la presencia de una sobre carga oclusal. (Romeral, et ál., 2008)

Las fuerzas tangenciales de deslizamiento o de cizallamiento que están presentes durante la función del sistema estomatognático, son analizadas en la actualidad como pruebas idóneas para estudiar la resistencia entre las uniones de materiales de diferente composición y consistencia.(Reyes, Cordero NM, and Sayago H 2013)

Por lo anterior, esta investigación ayudará a obtener un mejor conocimiento de las propiedades mecánicas, lo cual es fundamental para establecer las técnicas de unión mecánica del feldespato al metal, teniendo en cuenta el tipo de tratamiento de la superficie del metal que el laboratorio realiza, para el funcionamiento de los diferentes materiales que son utilizados en la planeación de tratamientos de coronas con recubrimiento cerámico (feldespato), perfeccionando de esta forma los protocolos del laboratorio para su elaboración y manipulación. (Llistosella 2015)

La presencia de numerosos defectos en la superficie del metal reduce la resistencia efectiva de la matriz vítrea de las cerámicas, iniciando la fractura de estos materiales por un esfuerzo de tracción, impacto o cizallamiento que a menudo se puede atribuir a la propagación de fallas superficiales a través de la matriz vítrea. (Farzin, Giti, and Asalforush-Rezaiye 2018)

Por lo anterior, este estudio permite conocer la reacción que se desencadena en el feldespatos al ser sobre cargado ante una fuerza de cizalla.

Los beneficios que puede alcanzar la investigación es dar una idea en cuanto al comportamiento de este sistema cerámico ante las fuerzas de cizallamiento, teniendo en cuenta el tipo de tratamiento de superficie y la pureza del metal al ser recubierta con la cerámica.

Esta investigación tiene como objetivo evaluar la influencia que tienen los diferentes tratamientos de superficies sobre la resistencia de la cerámica feldespatos al ser sometida a fuerzas de cizallamiento.

1.1 Planteamiento del problema

La resistencia de los materiales puede estudiarse de diferentes maneras, mediante la exposición ante fuerzas de compresión (axiales), de flexión, deslizamiento o cizallamiento, tracción y torsión. En este estudio se escogió las pruebas de cizallamiento debido a que se asemeja a la dinámica funcional de los maxilares en función. (Vega, 2005)

De acuerdo con Al_Doham y Cols en el 2004. “la resistencia de la unión al cizallamiento es el más apropiada para evaluar la fuerza de unión de las cerámicas de uso odontológico” que para el estudio estará dada entre la cofia metálica y la cerámica de revestimiento siendo el feldespato la cerámica seleccionada para el estudio. (Al_Dohan'H, 2004)

En odontología según lo estudiado por Vega del Barrio en el 2005 las “fuerzas tangenciales o de cizallamiento, aparecen como pruebas muy idóneas para estudiar la resistencia de las uniones entre materiales” siendo la fuerza de cizallamiento aquella producida por la acción de torsión sobre un material; por ejemplo, al aplicar una fuerza sobre la superficie de la cerámica cuando se presenta una sobre carga oclusal, ocasionando que la cerámica se desprenda debido a la fuerza de cizallamiento aplicada sobre la corona metal cerámica. (Vega, 2005)

Con respecto a la fuerza, según Nieto Reyes y colaboradores en el 2015 dicen que durante la función masticatoria el esfuerzo máximo en zona posterior de maxilares equivale a 500 Newtons, lo que ha llevado a la necesidad de modificar las técnicas retentivas (mecánicas) de los materiales odontológicos, que de acuerdo a lo descrito por Rodríguez Teodoro (2012) se debe realizar un tratamiento de superficie, que para el caso del estudio estará dado sobre el metal que será revestido con la cerámica, consistiendo en la oxidación, arenado y pulido del metal para posteriormente realizar el montaje de la cerámica. (Teodoro Rodríguez abrego, 2012) (Nieto Reyes, 2015)

Siendo el sistema metal cerámico uno de los diseños protésicos que aún se utiliza en rehabilitación oral a pesar de los avances, donde es combinada la fuerza y la precisión del metal colado con la estética de la cerámica. (Vega, 2005)

Estudios clínicos han revelado un alto porcentaje de fracaso por desprendimiento en cerámicas de recubrimiento “varía entre 6% y 15% en un período de 3 a 5 años. Si se compara con los valores de fractura en restauraciones metal cerámica, estudios muestran un 4% de fractura en períodos de 10 años de estudio”. (Toro, Manuel, and Sánchez 2019)

Dado lo anterior, surge la inquietud de estudiar la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es la resistencia a fuerzas de cizallamiento en sistemas cerámicos compuestos por feldeespato sobre tres tipos de tratamiento del metal en Estudio *in vitro*?

1.2 Justificación

El estudio de la resistencia de los materiales odontológicos como lo reporta Cervera y Blanco en el 2015 es la de proporcionar en el caso de la investigación al odontólogo los medios necesarios para analizar y diseñar estructuras capaces de soportar las cargas a las que pueden estar sometidos durante su vida útil. (Cervera M, 2015)

Debido a que el diseño de estas estructuras protésicas conlleva a un gran reto ante la exposición durante la función en cavidad oral a tensiones y deformaciones que puede llevar a la presencia de fracturas o desprendimiento de las cerámicas que están unidas a superficies metálicas. (Cervera M, 2015)

Cobrando gran importancia las diferentes fuerzas que se presentan en cavidad oral durante la masticación, el habla y la deglución, observándose con mayor frecuencia e intensidad durante

la función masticatoria, donde las fuerzas tanto compresivas como traccionales, oblicuas y las fuerzas de deslizamiento o cizalla son predominantes. (Gélvez Vera 2016)

Las fuerzas de cizallamiento generadas durante la función en cavidad oral toman gran importancia debido al riesgo de generar fracturas de los elementos protésicos insertados, se define “la resistencia de cizallamiento como una sobrecarga en la interfase de unión entre dos materiales o superficies cuando se aplican fuerzas paralelas en sentido contrarios” (Lozano 2012a).

La definición anterior toma gran importancia cuando se manejan los sistemas cerámicos como elementos protésicos en la rehabilitación oral, cuya finalidad es la de buscar un equilibrio funcional, estético y mecánico, permitiéndole al clínico tomar la decisión al momento de seleccionar el tipo de sistema para lograr los objetivos de su tratamiento (Rus et al. 2007a).

Las propiedades mecánicas de las estructuras protésicas metal porcelana (tenacidad, dureza, translucidez) proporcionan al clínico bases para mejorar su selección en el momento de diseñar tratamientos en rehabilitación oral totalmente cerámicos o metales cerámicos (Rus et al. 2007a) (McLean 2001).

Como es sabido los sistemas cerámicos pueden presentar algunas fallas en su resistencia, relacionadas a la adhesión, y cohesión que en el caso de la investigación estará sujeto a la unión entre la cerámica (feldespato) y el metal, debido a la propagación de grietas y fracturas que se generan con la manipulación de estas cerámicas. (Mendoza j 2014).

Durante la elaboración de las coronas metal cerámica como una alternativa para rehabilitar un paciente que ha perdido una o varias estructuras dentales, es necesario cumplir con un proceso llevado por el laboratorio que busca la confección de una estructura metálica caracterizada por una aleación de metales nobles y no nobles llevándonos a una estructura solida que más adelante será revestida por un material cerámico.(Rodríguez Abrego, 2012).

Para la adhesión mecánica de la cerámica al metal según lo reportado por Rodríguez Teodoro se debe realizar un tratamiento de superficie que consiste en la oxidación o arenado del metal para posteriormente realizar el montaje de la cerámica que en el caso de la investigación estará caracterizada por el feldeespato. (Rodríguez Abrego, 2012).

Por esta razón nace la inquietud de conocer la resistencia de las cerámicas feldeespáticas ante la presencia de las fuerzas cizallamiento, sobre tres tipos de tratamiento del metal (oxidación, arenado y pulido).

La investigación aportará información al Odontólogo o al especialista en rehabilitación oral sobre qué tipos de tratamiento a la superficie del metal realiza el laboratorio dental a las cofias, así mismo, el tipo de fallas que pueden presentarse debido a esto. De igual manera, le brinda a la Institución el conocimiento sobre el tipo de fallas que se pueden presentar para así tener la capacidad de disminuir la posibilidad de asumir garantías por fracaso en los sistemas metalcerámicos.

2. Marco teórico

2.1 Cerámicas

En el lenguaje griego la palabra cerámica era conocida como “keramos” cuyo significado era “alfarero o cerámica”. Dentro de La sociedad americana el término cerámica define como: un material inorgánico, no metálico de naturaleza cristalina, son compuestos que se forman entre elementos metálicos y no metálicos como el aluminio y el oxígeno (alúmina- Al_2O_3), calcio y oxígeno (calcio – CaO), el silicio y el nitrógeno (nitrito- Si_3N_4). (Cordero M 2015)

La cerámica es muy utilizada en odontología por sus características mecánicas, térmicas y químicas. Características envidiables como: la energía química, biocompatibilidad, estéticas, resistencia a la compresión, estabilidad de color, conductividad térmica, resistencia a la abrasión. En los últimos años el uso de las cerámicas ha aumentado, esto se debe a sus propiedades físicas, además por ser una opción al manejo de las restauraciones libres de metal en especial en pacientes con alergia. (McLean 2001).

2.2 Composición de las cerámicas

La gran parte de las cerámicas o porcelanas de uso odontológico son estructuras inorgánicas no metálicas, que están conformadas esencialmente por compuestos de oxígeno con uno o más elementos como Al, Ca, Li, Mg, P, K, Si, Na, Ti y Zr, existiendo extrañas estructuras que se encuentran únicamente compuestas por un elemento. Dependiendo de la estructura del Sílice, un gran número de cerámicas dentales contienen fases tanto cristalinas como vítreas. Un buen ejemplo de esta composición son las cerámicas de feldespato que se fabrican esencialmente a partir de una sola etapa de matriz de vidrio ($K_2O - Al_2O_3$) y una o más fases cristalinas como por ejemplo la leucita $K(Si_2Al)O$. (Silva et al. 2011)

La porcelana de feldespato tradicional contiene sílice (SiO_2), feldespato de potasio (K_2O , Al_2O_3 , $6SiO_2$) y/o feldespato de sodio (Na_2O , Al_2O_3 , $6SiO_2$) El caolín se utiliza en menor escala (4%) cuya función más importante es juntar las partículas. Al juntarse con agua, el caolín se hace pegadizo y ayuda a mantener unidas las partículas de porcelana húmedas, enriqueciendo la fase vítrea. (Silva et al. 2011).

2.3 Cerámicas dentales

Desde la patente del método de cerámica sin metal por Charles Land en 1903, se han producido numerosas mejoras en la fórmula, el diseño y el sistema de producción. Las cerámicas

son materiales inorgánicos y no metálicos que se utilizan para crear objetos sólidos mediante la fundición de materiales minerales básicos a altas temperaturas, ya sea en un horno o directamente sobre un fuego abierto. Estos materiales poseen una estructura que se caracteriza por una etapa amorfa (vidrio) y una etapa cristalina (cristales). Químicamente, los materiales cerámicos se observan como productos de naturaleza inorgánica, compuestos principalmente por elementos no metálicos, obtenidos por la acción de altas temperaturas, la estructura final es parcial o totalmente cristalizada. (Salazar 2015)

Las cerámicas dentales tienen las propiedades de aislamiento térmico y eléctrico, biocompatibilidad, dureza y fragilidad, alta resistencia a la compresión, pero baja resistencia a la tracción y pueden agrietarse bajo tensiones muy pequeñas. Esta es una desventaja frente a los materiales restauradores, su uso en la región molar está limitado debido a su incapacidad para soportar las fuerzas funcionales presentes en la cavidad oral, pese a los avances en el sistema actual ha permitido su uso en las siguientes áreas tales como como prótesis semifijas. o marcos protésicos parciales sobre implantes dentales. (Salazar 2015)

2.4 Vitrocerámicas o cerámicas vítreas

En 1968, Mc Culloch fue el primero en describir cómo crear dientes artificiales y coronas en base a vidrio de cerámica. Pero fue a partir del esfuerzo de Grossman y Adair que se incorporaron al mercado como Dicor. El vidrio cerámico original contenía cristales de flúor-mica tetrasílicos ($K_2Mg_5SiO_2OF_4$), le ofrecían flexibilidad y resistencia a la estructura, en contraste, según Mc Culloch, estas capas solo podían colocarse de forma superficial, lo que provocaba un desgaste y una pérdida rápida en la práctica. Así, luego Dicor, se comenzó a colar para lograr subestructuras que estaban recubiertas con una cerámica aluminosa en particular formulada. En

cambio, las sub-estructuras de menos de 1 mm de espesor tienden a fracturarse durante el uso, posiblemente debido al proceso térmico de recubrimiento de la cerámica. Por lo tanto, en realidad se utiliza para hacer inlays cerámicos. (McLean 2001).

2.5 Cerámicas feldespáticas

La cerámica feldespática se caracteriza porque adhiere a su masa cerámica otros recursos para aumentar su resistencia mecánica (100-300 MPa). La leucita, por ejemplo, fortalece la cerámica al enfriarse sus partículas, ya que estas sufren de una disminución volumétrica porcentual mayor que el vidrio circundante. Esta diferencia de volumen entre la masa cristalina y la masa amorfa produce una tensión residual que actúa para evitar la propagación de grietas. (Rus et al. 2007b).

2.6 Fuerzas asociadas a fallos en la restauración con cerámicas

Los fallos que se pueden presentar en restauraciones metal cerámicas en forma de astillamiento y fracturas están asociados principalmente a la frágil naturaleza de los materiales cerámicos que se caracterizan por su poca o nula plasticidad, se ha visto que pueden romperse incluso estando sometidos a una fuerza inferior a su límite de elasticidad, teniendo entonces como consecuencia una baja resistencia a la tracción, además de una baja resistencia a los impactos y a las vibraciones, así como una alta fuerza compresiva, asociada a la fuerza de cierre mandibular; de esta manera entonces, cuando el estrés se concentra sobre imperfecciones que existen sobre la superficie de las restauraciones pueden ocurrir fracturas, principalmente debido a que la intensidad del estrés sobre algún punto de la grieta puede llegar a ser mayor que la resistencia que pueden

tener las cerámicas feldespáticas a la propagación de tal grieta, presentándose como una limitación de este tipo de cerámicas sobre todo en prótesis complejas. (Ruales-Carrera et al. 2022).

2.7 Fallas de unión mecánica

La unión mecánica se define como la fuerza de atracción entre dos sustancias unidos por una serie de fuerzas intermoleculares que surgen entre ellos, especialmente entre la cerámica y el metal. Esto es contrario al concepto de consistencia, relacionado solo con las fuerzas intermoleculares en una sustancia.(Lleras 2018).

2.8 Fallas cohesivas

La falla adhesiva es un error que ocurre en la estructura de un material. Gracias a su estructura y composición, el esmalte sigue siendo una base ideal para la unión. (Ascanio M, Camargo C, and Maldonado M 2019).

2.9 Fuerza de corte o cizallamiento

Estas fuerzas son elaboradas por un movimiento o corte en sentido vertical de un sector de un cuerpo sobre otro; Pero no corren en la misma dirección, sino cerca o paralelas, no en la misma dirección.(Ascanio M et al. 2019).

2.10 Resistencia a fuerzas de cizallamiento en sistemas cerámicos

La fuerza de unión de una aplicación dental debe ser suficiente para poder resistir las fuerzas de cizallamiento y en general a las fuerzas oclusales a las que están sometidas las

restauraciones con cerámicas feldespáticas, influenciada además por los tratamientos que se realicen sobre estas. (Leão et al. 2021).

En general, se ha visto que para coronas hechas de cerámicas feldespáticas se reporta una tasa de éxito a los 5 años del 89% que incrementa a un 96% para el mismo periodo de tiempo en aquellas cerámicas reforzadas con leucita, sin embargo, con el tiempo, y como resultado de diferentes factores como la baja elasticidad de los materiales, diseños inadecuados, traumas, el impacto de las fuerzas de cizallamiento y defectos a nivel micro, se pueden desarrollar fracturas en las restauraciones cerámicas que requieren ser cambiadas o reparadas, lo cual implica dinero, tiempo y el riesgo de posibles complicaciones. (Suárez-Moya, Cruz-González, and Calvo-Ramírez 2019).

Los valores reportados para las propiedades mecánicas de las cerámicas feldespáticas son la fuerza flexural, o resistencia a la flexión asociada a este tipo de material, la cual es de 60 – 70 MPa, mientras que otras propiedades incluyen la resistencia a la tracción, la cual se reporta entre 25 – 40 MPa, una fuerza compresiva entre el rango de 149 – 340 MPa, un módulo de elasticidad entre 60 – 70 GPa, una dureza de superficie de 460 KHN, la cual es mayor que la de los dientes naturales que es de 340 KHN, y un coeficiente de expansión térmica entre $12 - 14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, siendo similar al que se reporta para los dientes naturales; lo anterior siendo relevante ya que para mejorar la resistencia de las cerámicas feldespáticas diferentes investigadores han realizado diversas aproximaciones desarrollando métodos que permitan reforzar la cerámica dental tales como el uso de fibras de cerámica, el templado térmico o el templado químico, los cuales han demostrado ser estrategias prometedoras para mejorar las propiedades mecánicas de las cerámicas feldespáticas. (Ruales-Carrera et al. 2022).

Con respecto a las propiedades mecánicas, específicamente el coeficiente de expansión térmica, se ha visto que este influye en la resistencia frente a fracturas en la cerámica especialmente cuando la aplicación de feldespato se utiliza, por ejemplo, sobre coronas de zirconio, ya que ambos materiales poseen diferentes coeficientes térmicos que influyen en la ocurrencia de una menor resistencia a la tracción y menor fuerza de unión frente al cizallamiento, lo que eventualmente favorece la aparición de fracturas o fallas en la aplicación de cerámica feldespática (Moses et al. 2020).

En una revisión bibliográfica realizada por (Ruales-Carrera et al. 2022) se encontró que el templado térmico tiene el potencial de aumentar la resistencia a la flexión en estudios realizados in vitro, definiéndose esta como una técnica en la cual la cerámica se somete a una temperatura en la que se genera un gradiente donde la superficie se vuelve rígida mientras el interior se enfría más lentamente, provocando que el exterior esté en un estado de compresión mientras que el interior se encuentra en tensión, de esta manera, para generar una fractura se debe aplicar un estrés de tracción externo que sea mayor a la fuerza compresiva residual de la superficie.

En el mismo estudio de (Ruales-Carrera et al. 2022) se describe el templado químico como una técnica que mejora la resistencia a la flexión considerablemente, mediante la cual la cerámica se expone a un baño de sales (principalmente nitrato de potasio) en el que hay un intercambio de iones a nivel de superficie que permite la creación de una capa compresiva generada por el reemplazo de iones pequeños por iones más grandes, por lo que cualquier carga aplicada sobre la cerámica debe vencer la compresión de esta superficie para que la propagación de la grieta en las imperfecciones de la superficie tenga lugar, constituyéndose esta estrategia como ventajosa cuando se trabaja con geometrías complejas, componentes delgados de hasta 100 μm , además de que proporciona una superficie amplia de compresión, no hay distorsión óptica, y la humedad no

ocasiona pérdida de la capa compresiva, por lo que las mejoras a nivel mecánico de la cerámica se mantienen estables en el tiempo.

2.11 Fricción

La fricción es la fuerza tangencial que actúa sobre una superficie que evita que un objeto se deslice sobre la superficie adyacente con la que está en contacto. La fuerza de fricción es paralela a la superficie y opuesta a su movimiento.

Un objeto se empieza a deslizar cuando la fuerza ejercida sea mayor la fuerza máxima de fricción estática. (Isaías Anaya-Durand et al., 2013).

2.12 Aleación de metal

Los elementos metálicos pueden combinarse entre sí y con otros elementos para formar compuestos, soluciones y mezclas. Una mezcla de dos o más metales o de un metal y varios no metales se denomina aleación. (Giraldo Olga 2004).

2.13 Cromo-cobalto

Este material se da por la aleación de óxido de cobalto y óxido de cromo, ambos minerales deben pasar por un proceso de reducción para obtener metales puros. El cromo generalmente pasa por una técnica de reducción aluminotérmica, y el cobalto puro se puede lograr de muchas formas diferentes dependiendo de las características del mineral específico. Las aleaciones de Co-Cr muestran una alta resistencia a la corrosión debido a la formación espontánea de una película protectora pasiva compuesta principalmente por Cr_2O_3 y pequeñas cantidades de cobalto y otros

óxidos metálicos en la superficie. La dureza de las aleaciones de Co-Cr varía entre 550 y 800 MPa y la resistencia a la tracción varía entre 145 y 270 MPa. (Pantoja Borja et al. 2019).

2.14 Tipo de colado

Uso de la técnica de cera perdida Cierre metal en piezas dentales permanentes que usan máquinas, incluido su propio eje, llamado rotación de rotación, utilizando el efecto de la fuerza centrífuga para usar líquido con vapor y tipo de cera como adecuado en la evaporación anterior. La cámara es de aproximadamente 300 a 2500 rpm y el metal se vierte en la forma, donde se endurece después del proceso de enfriamiento. (Requena 2018).

2.15 Cofias metálicas

Las cofias metálicas son estructuras protésicas que se utilizan en la restauración de dientes con coronas o puentes fijos. También se le conoce como "corona de metal" o "corona de metal".

Las coronas metálicas consisten en un marco de metal interno, generalmente hecho de una aleación de metal precioso como el oro o una aleación a base de oro, que se adapta a la forma del diente que se está preparando. Esta estructura de metal proporciona una base sólida sobre la cual se colocan porcelana u otros materiales cosméticos para crear la forma y apariencia natural de los dientes.

Las cofias metálicas se utilizan cuando se requiere mayor estabilidad y durabilidad, especialmente en molares y dientes posteriores, que están sometidos a una mayor presión masticatoria. El metal utilizado en el revestimiento de metal proporciona una base fuerte que puede soportar fuerzas de masticación intensas y protege el diente restaurado de fracturas o daños.

2.16 Prótesis dental

Una prótesis es un elemento artificial destinado para reconstruir la estructura anatómica de uno o más dientes, así como restaurar la relación entre los dos maxilares, y al mismo tiempo restaurar la dimensión vertical, estos son dispositivos fabricados. Desarrollados en un laboratorio dental, el propósito es reemplazar los dientes perdidos. Principalmente para restaurar la función masticatoria, fonética y estética.(Blacio María, 2013) (Hernandez helena, 2001).

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar la influencia que tienen los diferentes tratamientos de superficies del metal sobre la resistencia de la cerámica feldespática al ser sometida a fuerzas de cizallamiento.

3.2 Objetivos específicos

Cuantificar la resistencia ante fuerzas de cizallamiento de la cerámica feldespática, en los diferentes tratamientos de superficie.

Identificar de acuerdo con el tratamiento de la superficie del metal (oxidación, arenado y pulido) que tipo de falla se presenta al aplicar las fuerzas de cizallamiento en la cerámica feldespática.

Comparar si existen diferencias en los comportamientos mecánicos y tipos de fallas en los tres grupos.

3.3 Hipótesis

La influencia de los diferentes tratamientos de superficie (oxidado, arenado y pulido) del metal no incide sobre la resistencia de la cerámica feldespática al ser sometida a fuerzas de cizallamiento.

4. Método

4.1 Tipo de estudio

La presente investigación se clasifica en la categoría de estudio experimental In Vitro aleatorizado. Este estudio es considerado experimental porque tuvo control y grupos experimentales, los objetos de estudio fueron cuerpos de pruebas realizados en un laboratorio por lo cual es considerado un estudio *in vitro*. Las cofias metálicas se distribuirán de manera aleatoria, para recibir tres tipos de tratamiento de superficie. (Isabel Vásquez Hidalgo n.d.).

4.2 Muestra

Se confeccionaron 21 cofias metálicas de níquel cromo que tuvieron un espesor de 0.5mm, las cofias se elaboraron sobre un modelo patrón del diente 26 elaborado en yeso tipo IV. Las cofias se dividieron en tres grupos aleatoriamente conformados cada uno por 7 especímenes y fueron sometidos a diferentes tratamientos de superficie. El metal fue oxidado, arenado y pulido con el propósito de lograr la adhesión de la cerámica feldespática. Posteriormente las infraestructuras se recubrieron con cerámica feldespática con un espesor de 1,5 mm.

4.3 Criterio de inclusión

Muestras que cumplan con el tratamiento de superficie del metal objeto de este estudio (arenado, oxidado y pulido).

4.4 Criterios de exclusión

Muestras que presenten líneas de fractura o porosidad previas a las pruebas.

Muestras no homogéneas o irregulares.

Muestras que no cumplan con el tratamiento de superficie del metal objeto de este estudio (arenado, oxidado y pulido).

4.5 Variables

Como variables dependientes se encuentran Carga (expresada en Newtons), Ciclo (expresado en segundos), recorrido (expresado en milímetros) y tipos de falla, las cuales son adhesivas y cohesivas o ambas.

Como variables independientes se encuentra el Tipo de tratamiento al metal, los cuales son (Arenado, Oxidado y Pulido).

4.6 Procedimiento

1. En esta fase se realizó la elaboración de un modelo en yeso tipo IV estándar, utilizando las formaleas de laboratorio dental que se caracterizaron por presentar los dientes preparados, en esta investigación se tuvo en cuenta la formalea que tiene el diente 26 preparado debido a que en esta zona posterior es donde las fuerzas compresivas, traccionales y oblicuas se presentan con mayor frecuencia.

Una vez obtenido el modelo, mediante la técnica de agregado, se realizó el patrón de las cofias en cera teniendo en cuenta un número de 21 muestras para posteriormente, mediante la técnica de cera perdida, realizar el colado. Se uso como metal el remanium en su presentación precodificada el cual fue tratado en la centrífuga que se encuentra a cargo de la facultad de laboratorio dental de la Universidad Santo Tomas sede Floridablanca.(J. M. Vega del Barrio 2005).

Para este colado se utilizó el metal *remanium* con una pureza del 100%, para posteriormente tratar la superficie de las cofias mediante la técnica de oxidación, arenado con óxido de aluminio de 110 micras a 4 bares de presión por 15 segundos según lo indica la casa fabricante y pulido en su superficie.

2. Después de preparar la superficie de la cofia metálica mediante la técnica de oxidación, arenado y pulido, se realizó el montaje de la cerámica feldespática bajo la técnica incremental siguiendo las indicaciones de la casa comercial, dividiendo la muestra en tres grupos de 7 especímenes teniendo en cuenta el tipo de tratamiento de superficie y la pureza del colado.

Para la aplicación de la porcelana se utilizaron dos capas de opacador para disminuir la contracción del material logrando cubrir todas las superficies de las cofias metálicas. Terminada la etapa de aplicación y cocción de la porcelana, se procede a verificar el espesor de 1.5 mm de la capa de cerámica a todas las muestras calibrando con anterioridad el metal a 0.5 mm. Las muestras se evaluaron visualmente para verificar la no existencia de defectos como poros, grietas, o fracturas.

3. Los especímenes se fijaron en una máquina de prueba universal a través de la cual se midieron las deformaciones producidas por la aplicación de una fuerza constante usando una velocidad con una platina de sección, posteriormente las muestras se registraron y

analizaron mediante un registro fotográfico con el fin de observar el tipo de falla que se presenten ya sea de unión mecánica o cohesiva. Se diligenció en formato impreso (ver apéndice B– Instrumento)

4. La información recolectada se registró en una base de datos de Microsoft Excel, para luego ser exportada al paquete estadístico Stata 17 para su respectivo análisis, y se finaliza dando resultados, conclusiones y recomendaciones.

Figura 1. Procedimiento



4.7 Procesamiento de los datos y Análisis estadístico

Se construyó una base de datos en duplicado que fue validada en Microsoft Excel

Para las variables cuantitativas (carga, ciclo, recorrido) se evaluó la distribución de los datos utilizando en el ensayo estadístico de Shapiro-Wilk, debido a su naturaleza paramétrica se calcularon promedios y desviación estándar, para la variable cualitativa tipo de falla se calcularon la frecuencia absoluta y los porcentajes.

Para el análisis bivariado se realizó en el paquete estadístico Stata en su versión 14.0, se evaluó la homogeneidad en las varianzas, siendo homocedásticas las variables de carga y

heterocedásticas las de ciclo y trayectoria. Se realizaron análisis de varianza a una vía (Anova One-Way), en el caso de que se presentaran diferencia estadística se determinó cual era el grupo mediante post-test de Sidak.

En la variable tipo de falla, la categoría adhesiva se encontró desierta y en la variable tipo de tratamiento, la categoría pulido presentó falla adhesivo-cohesiva por lo cual se elaboró una tabla de contingencia con el propósito de buscar asociación, utilizando la prueba de exacto Fisher. Estableciendo un nivel de significancia $\alpha \leq 0,05$.

(ver apéndice C –Análisis estadístico).

4.8 Consideraciones éticas

El presente proyecto de grado de investigación se realizó con base a la resolución 03430 de 1993 mediante la cual se dictan las normas científicas técnicas y administrativas para la investigación en salud. Esta investigación cumplió con todos los principios éticos establecidos, que garantizamos el respeto a la dignidad y protección a los derechos y bienestar a los individuos participantes.

Según el artículo 11 de la resolución 08430 de 1993 de Colombia, previamente refrenda este trabajo se clasificó como una investigación sin riesgo, dado que en la realización de este estudio se emplearon técnicas *in vitro*, en las que no se requiere la participación de ninguna forma de vida o muestras que provengan de las mismas. La investigación fue sometida al comité de ética de la universidad Santo Tomás.

5. Resultados

5.1 Análisis Univariado

En la Tabla 1 se encuentran incluidos los promedios y desviación estándar como resultado de cada grupo de las muestras recolectadas. Observándose un promedio de ciclo de 96.7 referente al tratamiento de superficie arenado, con un menor promedio de ciclo 70.4 asociado al tratamiento de pulido. No observando significancia con el tratamiento de superficie asociado a pulido y arenado con un promedio de ciclo diferencial de 14,34.

Tabla 1. *Promedios y desviaciones estándar*

	Ciclo		Carga		Stroke	
	Promedio	desviación	Promedio	desviación	Promedio	desviación
arenado	96,74	39,20	0,731	0,154	1,611	0,653
pulido	70,47	27,62	0,374	0,139	1,174	0,460
oxidado	82,40	27,22	0,679	0,398	1,372	0,453

En la Tabla 2 se encuentran incluidas las frecuencias absolutas y relativas como resultado de cada grupo de las muestras recolectadas. En la variable tipo de falla la categoría adhesiva se encontró desierta y en la variable tipo de tratamiento la categoría Pulido presento siempre falla adhesivo-cohesiva. En la Figura fallas cohesivas y adhesivas se observa fotos representativas de los tipos de fallas observadas.

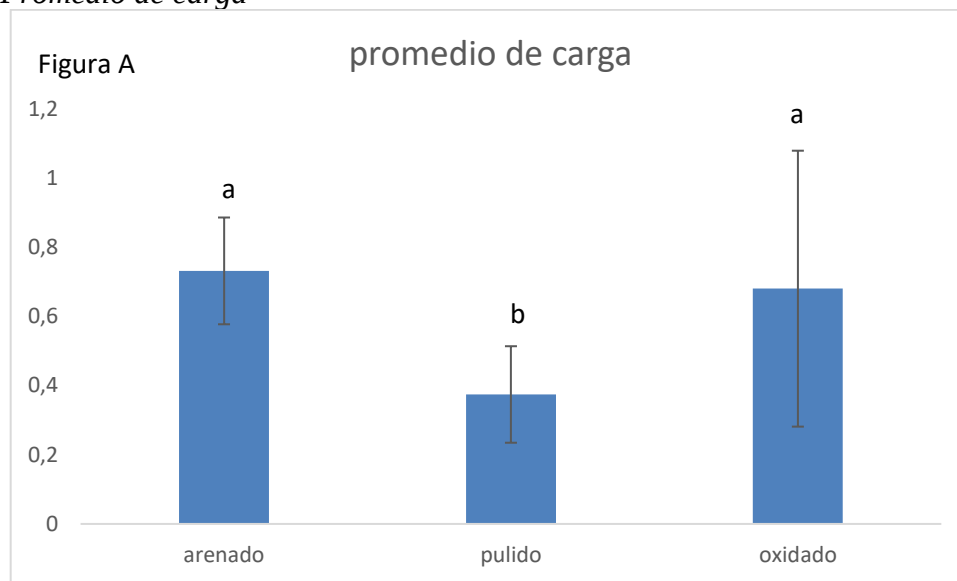
Figura 2. Fallas cohesivas y adhesivas

La muestra que presento mayores fallas se relacionó al tratamiento de pulido a diferencia de los tratamientos de arenado y oxidado los cuales presentaron falla cohesiva de la cerámica feldespática ante la fuerza de cizallamiento aplicada.

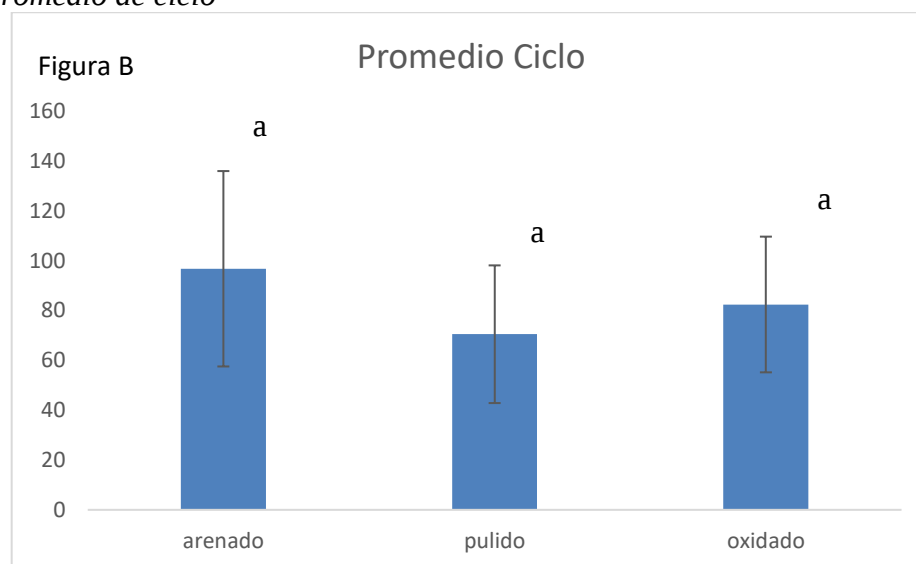
Tabla 2. Frecuencias absolutas y relativas

Tipo de falla	Oxidado		Arenado		Pulido	
	<i>f</i> Absoluta	<i>f</i> Relativa (%)	<i>f</i> Absoluta	<i>f</i> Relativa(%)	<i>f</i> Absoluta	<i>f</i> Relativa(%)
adhesiva	0	0	0	0	0	0
cohesiva	5	71,4	1	14,3	0	0
ambas	2	28,6	6	85,7	7	100

Para el cruce entre Carga y Tipo de tratamiento se obtuvo como resultado un valor de $p = 0.03$ lo que representa una diferencia estadísticamente significativa (figura A) entre arenado y pulido, según el postest se observó que el grupo de pulido presentaba valores inferiores a los otros grupos.

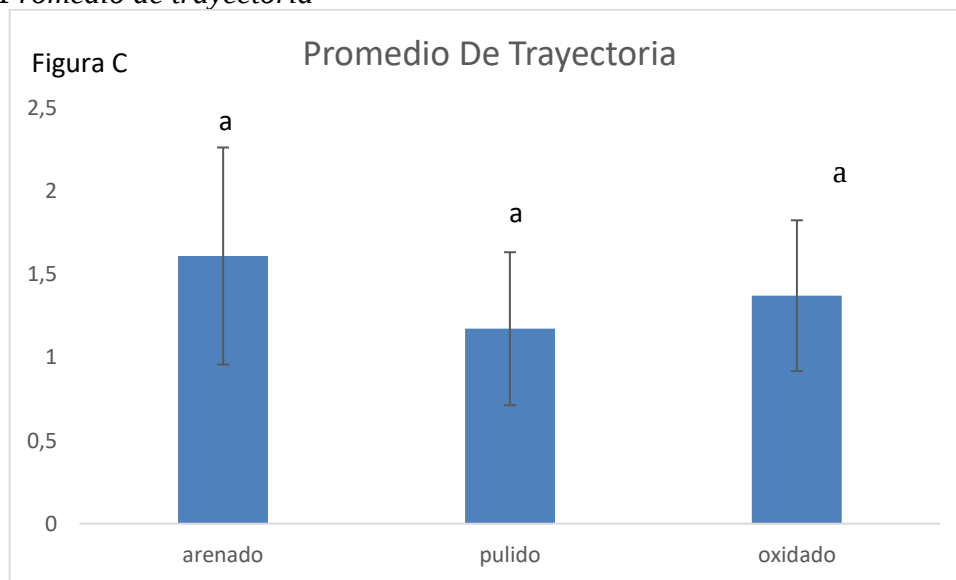
Figura 3. *Promedio de carga*

Para el cruce entre Ciclo y Tipo de tratamiento se obtuvo como resultado un valor de $p = 0.32$, lo que representa que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los grupos arenado y pulido (figura B).

Figura 4. *Promedio de ciclo*

De acuerdo con la figura C se observa que Para el cruce entre Trayectoria y Tipo de tratamiento se obtuvo como resultado que los tratamientos que presentaron menor falla al exponerlos a la fuerza de cizallamiento correspondieron al tratamiento arenado y oxidado con un valor de $p = 0.32$ lo que representa que no hubo una diferencia estadísticamente significativa (figura C).

Figura 5. Promedio de trayectoria



Para determinar si había relación entre las variables cualitativas tipo de falla y tipo de tratamiento, se observó que ningún cuerpo de prueba presentó falla adhesiva, por otra parte, en la variable tipo de tratamiento se observó que en la categoría de pulido todos presentaban el mismo tipo de falla adhesiva-cohesiva. Por lo cual se realizó una tabla de 2×2 seguido de una prueba exacto de Fisher para establecer si la asociación tenía significancia estadística, presentando un valor $p=0.10$.

Tabla 3. *Tipo de falla*

	Cohesiva	Ambas	Total	<i>p</i>
Oxidado	5	2	7	0.10
Arenado	1	6	7	
Total	6	8	14	

5. Discusión

Es necesario reflexionar sobre el hecho de que el feldespato es uno de los materiales más usados en el ámbito de rehabilitación oral, debido a que contiene excelentes propiedades que aportan naturalidad, resistencia y biocompatibilidad con los tejidos periodontales. Además, presenta variedad en color y es utilizado en el área de odontología para confeccionar elementos protésicos tales como; carillas, incrustaciones, coronas individuales e incluso prótesis fija.(Carrión M 2013)

El feldespato es un material vítreo el cual contiene ciertas propiedades, entre ellas se destaca la resistencia a la fuerza de cizallamiento. Esta a su vez consiste en una acción que ocurre de manera perpendicular a la dirección de la carga aplicada. Ahora bien, cuando se presentan fuerzas excesivas producto de los hábitos parafuncionales, es posible que se genera deformación y fracturas del material. Por consiguiente, nuestro objetivo en esta investigación es evaluar la influencia que tienen los diferentes tratamientos de superficie sobre la resistencia de la cerámica feldespática al ser sometida a fuerzas de cizallamiento.(Kukiattrakoon 2012)

Por consiguiente, es fundamental conocer cuál es la resistencia que tiene el feldespato al momento de recibir fuerzas de cizallamiento en la cavidad oral y la adherencia mecánica que tiene según el tratamiento del metal. El tamaño de la muestra fue de 21 cofias metálicas y coronas de cerámica feldespáticas las cuales en su totalidad cumplieron con los criterios de evaluación. En un estudio realizado por la facultad de odontología en la Universidad Complutense de Madrid España, se evidenció que el sistema ceramo-ceramico DS-VITA arrojó una mayor resistencia al

cizallamiento, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto los tres sistemas cerámicos analizados. (Lozano 2012b) Otro estudio desarrollado por José María Vega del Barrio en la Universidad Complutense de Madrid España, se prepararon y elaboraron una muestra más amplia equivalente a 80 y fueron divididas en 10 muestras de 8 grupos, en el cual se encontró que la media más alta fue de 47,82 MPa, respecto a nuestro estudio se evidencia que el valor promedio a las fuerzas de cizallamiento equivale a 5,950 MPa, los valores medios más altos frente a las cargas de cizallamiento, se obtienen en el grupo totalmente cerámico (Cercon Smart Ceramic) con base a todos los grupos ceramo-metálicos estudiados, no obstante solo se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre el grupo experimental o de prueba estudiado (VI) (Cercón) y los grupos I, II y IV. En concordancia, desde el punto de vista mecánico a elección del sistema cerámico estudiado (Cercón®) es la alternativa más válida frente a las opciones ceramometálicas I, II y IV. (Vega del Barrio 2005)

En cuanto al análisis bivariado entre la relación con el tratamiento de la superficie del metal (oxidado, arenado y pulido), que tipo de falla puede presentar al aplicar fuerzas de cizallamiento, en cuanto al oxidado y arenado hubo mayor semejanza ya que el material (cerámica feldespatica) tuvo una mayor adherencia mecánica por sus propiedades y en cuanto a las cofias metálicas que recibieron un tratamiento de pulido presentó una diferencia significativa respecto a las anteriormente mencionadas. A diferencia de una investigación realizada por Karen Valeria Arévalo Palacios, Emma Carolina Diaz Clavijo y Edgar Torres Duran, se observó un incremento a las fuerzas de cizallamiento de un 74% sin embargo, varía cuando se implementa el acondicionador a comparación con los resultados obtenidos cuando no es utilizado. (Torres D, 2017) Un estudio realizado por el departamento de Prostodoncia y Coronas y Puentes; departamento de Odontología de Salud Pública, evaluaron y compararon la resistencia de la unión

al cizallamiento de la porcelana feldespática con cuatro aleaciones de Ni-Cr y Co-Cr tratadas superficialmente de manera distintiva adicionalmente también evaluaron el impacto del tratamiento térmico de oxidación en la resistencia de la unión de la porcelana con la aleación de metal base, el tratamiento de la superficie de la aleación influyó gran parte en la fuerza de unión de la aleación a la porcelana. Dichos resultados tampoco revelaron una diferencia sustancial en la resistencia de la unión al cizallamiento entre las aleaciones de Co-Cr y Ni-Cr, no obstante solo se observaron diferencias significativas cuando la cofia metálica se le aplicaba el arenado. (Kamath et al. 2022).

Por otro lado, se presentó dificultades en el desarrollo y elaboración de los cuerpos de prueba, ya que fue un proceso dispendioso. Sin embargo, es importante destacar que dentro de sus fortalezas permitió que los investigadores obtuvieran conocimiento del diseño, la estructura metodológica e investigativa en un proyecto de investigación. Asimismo, nos ayudó a nosotros como investigadores a ampliar nuestro conocimiento acerca de la elaboración y propiedades de las coronas metal-porcelana. También en la práctica clínica nos puede ayudar a escoger el tipo de tratamiento del metal para que haya una mejor adhesión mecánica a la porcelana.

6. Recomendaciones

Como investigadores nuestra primera recomendación es la confección de un mayor número de cuerpos de prueba, puesto que esto permite realizar un análisis más completo de los resultados obtenidos.

Se recomienda la realización de estudios con diferentes tipos de cerámica de recubrimiento.

Se recomienda realizar estudios que evalúen específicamente la importancia del tratamiento a la superficie del metal.

Para próximos trabajos se recomienda usar el tratamiento de arenado, variando el tiempo y la presión en la máquina en la que se arenan las cofias para ver si podemos obtener diferentes resultados en la resistencia de carga, obtener un mejor tiempo y recorrido ante las fuerzas de cizallamiento.

7. Conclusiones

Como conclusiones tenemos que, al evaluar el tipo de tratamiento al metal, este sí influye en la resistencia del material de recubrimiento. Ya que, como se aprecia en las imágenes, el recubrimiento consigue una mayor cohesión y adhesión en las cofias a las que se le realizó el tratamiento de arenado. Cabe resaltar, que las fallas presentadas en los cuerpos de Oxidado no fueron en su totalidad catastróficas, ya que conservaban mayor parte de su integridad en comparación a los otros grupos.

Se puede concluir, mediante la observación de las muestras, que el tipo de tratamiento con mayor fracaso fue el de pulido. Esto se debe a que la superficie de la cofia queda totalmente lisa, la cual no produce ningún tipo de retención y el material de recubrimiento se ve expuesto a las fuerzas de cizallamiento que fueron ejercidas.

Se concluyó que las fallas que presentaron todas las muestras fueron cohesivas (6) o cohesivas y adhesivas (8), ninguna muestra presentó fallas únicamente adhesivas.

Referencias

- Ascanio M, Camargo C, and Maldonado M. 2019. *Comparación in Vitro de La Resistencia a La Fractura Ante Fuerzas Compresivas, Entre Una Restauración En Silicato de Litio Reforzado Con Zirconio Cementado Sobre Esmalte y Esmalte-Dentina En Dientes Premolares.*
- Blacio María. 2013. *Tipos de Prótesis Para Pacientes Edéntulos Parciales y Totales.*
- Carrión M. 2013. *Preparación de Dientes Pilares Para Coronas Superiores de Feldespato e Inferiores de Metal Porcelana.*
- Cordero M, Nieto C, Sayago H. 2015. “Estudio Comparativo in Vitro de Resistencia a Fuerzas de Cizallamiento de Diferentes Sistemas Ceramo-Cerámicos.” Universidad Santo Tomás, Bucaramanga.
- Farzin, Mitra, Rashin Giti, and Amin Asalforush-Rezaiye. 2018. “The Effect of Multiple Firings on the Shear Bond Strength of Porcelain to a New Millable Alloy and a Conventional Casting Alloy.” *Materials* 11(4). doi: 10.3390/ma11040478.
- Gélvez Vera, Velosa Maria, Pérez Juliana, Perez Byron. 2016. “Efecto de Las Fuerzas Oclusales Sobre El Periodonto Analizado Por Elementos Finitos.” *Universitas Odontologica* 35(74). doi: 10.11144/javeriana.uo35-74.efop.
- Giraldo Olga. 2004. *Metales y Aleaciones En Odontologia.* Vol. 15.
- Isabel Vásquez Hidalgo. n.d. *Tipos de Estudio y Métodos de Investigación.*
- Isaias Anaya-Durand, Alejandro, Guillermo Israel Cauich-Segovia, and Oliver Funabazama-Bárceñas Victor Alfonso Gracia-Medrano-Bravo. 2013. *Un Día Sin Fricción / One Day without Friction.* Vol. 25.

- Kamath, Vignesh, Mayuri Kamath, Abhinav Bhargava, Thilak Shetty, Shobha J. Rodrigues, Umesh Y. Pai, Sharon Saldanha, M. Mahesh, Puneeth Hegde, Prashant Bajantri, Sandipan Mukherjee, and Ann Sales. 2022. "An in Vitro Study on the Shear Bond Strength of Feldspathic Porcelain to Nickel Chromium Alloy and Cobalt Chromium Alloy after Various Surface Treatments." *International Journal of Dentistry* 2022. doi: 10.1155/2022/2557127.
- Kukiattrakoon, Boonlert. 2012. *European Journal of Dentistry Optimal Acidulated Phosphate Fluoride Gel Etching Time for Surface Treatment of Feldspathic Porcelain: On Shear Bond Strength to Resin Composite*. Vol. 6.
- Leão, Cecília Sued, Amanda Cunha Regal de Castro, Flavio Mendonça Copello, Carlos Nelson Elias, Terumitsu Sekito Junior, and Eduardo Franzotti Sant'Anna. 2021. "Comparison of Feldspathic Veneer Surface Treatments on Ceramic Bracket SBS, ARI and Surface Roughness after Different Debonding/Polishing Methods: An in Vitro Study." *International Orthodontics* 19(4):679–84. doi: 10.1016/j.ortho.2021.08.006.
- Lleras, Maria. 2018. "Influencia De La Composición Química De Los Agregados En El Desempeño De La Unión Adhesiva Asfalto-Agregado." 4–4.
- Llistosella, Ramón. 2015. *Estudio Experimental de La Unión Ceramo-Metálica*.
- Lozano, Marta Carreño. 2012a. *RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE TRES SISTEMAS TOTALMENTE CERÁMICOS: ESTUDIO COMPARATIVO*.
- Lozano, Marta Carreño. 2012b. *RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE TRES SISTEMAS TOTALMENTE CERÁMICOS: ESTUDIO COMPARATIVO*.

- McLean, John W. 2001. "Evolution of Dental Ceramics in the Twentieth Century." *The Journal of Prosthetic Dentistry* 85(1):61–66. doi: 10.1067/mpr.2001.112545.
- Mendoza j, Edna Margarita Mendéz, Astrid Lorena Valdés. 2014. "Causas de Fallas Cohesivas y Adhesivas de La Cerámica de Blindaje En La Estructura de Y-TZP: Revisión Sistemática." 1–8.
- Moses, Aghin, Lambodaran Ganesan, Sathya Shankar, and Annapoorni Hariharan. 2020. "A Comparative Evaluation of Shear Bond Strength between Feldspathic Porcelain and Lithium Di Silicate Ceramic Layered to a Zirconia Core– An in Vitro Study." *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* 12(11):e1039–44. doi: 10.4317/jced.57569.
- Pantoja Borja, Pedro Estephano, Graciela María Dolores Geldres Echeverría, Diana Esmeralda Castillo Andamayo, and Martín Gilberto Quintana del Solar. 2019. "Adaptación de Cofias Cobalto-Cromo Confeccionadas Con Dos Técnicas de Colado Sobre Dos Líneas de Terminación." *Revista Estomatológica Herediana* 29(2):115–27. doi: 10.20453/reh.v29i2.3528.
- Requena, silvio. 2018. "Evaluación In Vitro De La Adaptación Marginale Interna De Cofias Metálicas Dealeación Cobalto Cromo(Co-Cr)Sobre Una Línea De Terminación Tipo Chamferfabricadascon Dostécnicasde Cera Perdida Coladas Por Centrifugación: Convencionalypor Inducción." 16–17.
- Reyes, CR, Cordero NM, and Sayago H. 2013. "Estudio Comparativo de Resistencia a Fuerzas de Cizallamiento de Sistemas Ceramo-Cerámicos."
- Ruales-Carrera, Edwin, Marcelo Dal Bó, Wenceslau Fernandes das Neves, Márcio Celso Fredel, Claudia Angela Maziero Volpato, and Dachamir Hotza. 2022. "Chemical

Tempering of Feldspathic Porcelain for Dentistry Applications: A Review.” *Open Ceramics* 9.

Rus, Martínez, Pradíes Ramiro, Suárez García, M^a Jesús, Rivera Gómez, and Universidad Rey Juan Carlos Correspondencia Francisco Martínez Rus. 2007a. *Cerámicas Dentales: Clasificación y Criterios de Selección Dental Ceramics: Classification and Selection Criteria*. Vol. 12.

Rus, Martínez, Pradíes Ramiro, Suárez García, M^a Jesús, Rivera Gómez, and Universidad Rey Juan Carlos Correspondencia Francisco Martínez Rus. 2007b. *Cerámicas Dentales: Clasificación y Criterios de Selección Dental Ceramics: Classification and Selection Criteria*. Vol. 12.

Salazar, Rosario Cedeño. 2015. *Estabilidad Del Color de Las Cerámicas de Disilicato de Litio*.

Silva, Nelson R. F. A., Lukasz Witek, Paulo G. Coelho, Van P. Thompson, Elizabeth D. Rekow, and Jim Smay. 2011. “Additive CAD/CAM Process for Dental Prostheses.” *Journal of Prosthodontics* 20(2):93–96. doi: 10.1111/j.1532-849X.2010.00623.x.

Suárez-Moya, Diana Alejandra, Alberto Carlos Cruz-González, and Juan Norberto Calvo-Ramírez. 2019. “Interaction of a Universal Adhesive with Different Surface Treatments with Feldspathic Ceramics.” *Saudi Dental Journal* 31(3):350–54. doi: 10.1016/j.sdentj.2019.03.008.

Teodoro Rodriguez abrego, marccela lopez. 2012. “La Importancia Del Laboratorio Dental.” 1–69.

Toro, Mauricio, Alain Manuel, and Gloria Sánchez. 2019. *Fracaso de Las Restauraciones Cerámicas En Base de Circonio*.

Torres Duran. 2017. *REHABILITACIÓN ORAL*.

Vega del Barrio. 2005. “Resistencia al Cizallamiento de Un Sistema totalmente Cerámico Frente a Siete Sistemas ceramo-Metálicos: Estudio Comparativo.”

Vega del Barrio, José María. 2005. “Resistencia al Cizallamiento de Un Sistema Cerámico Frente a Siete Sistemas-Metálicos: Estudio Comparativo.” 10:1–2.

Apéndices

Apéndices A. Tabla operacional de variables

En el presente estudio se tuvieron en cuenta las siguientes variables: Carga, Recorrido, Ciclo, técnica de procesamiento del metal (arenado, oxidado, pulido) y Tipo de falla (adhesiva, cohesiva, ambas).

Variables	Definición conceptual	Definición operativa	Naturaleza	Escala de medición	Valor que asume
Ciclo	Determinado periodo en el que se realizará la acción	Segundos bajo los que estarán sometidos los cuerpos de prueba ante los ensayos mecánicos	Cuantitativa	Interválica	141,2 sg 11,3 sg
Carga	Generador invariante en el tiempo de un grupo de simetría.	Cantidad de fuerza que será ejercida a cada cuerpo de prueba hasta que se fracturen	Cuantitativa	Razón	575,0 Newtons
Técnica de procesamiento del metal	Procedimientos o recursos usados en una ciencia determinada.	Técnica por el cual se realizarán los tratamientos al metal	Cualitativa	Nominal	Arenado Pulido oxidado

Fallas de la cerámica	Deficiencia que presenta un material ante la aplicación de una fuerza	Desprendimiento del material cerámico causado por la fuerza aplicada	Cualitativa	Nominal	Cohesiva Adhesiva Ambas
--------------------------	---	--	-------------	---------	-------------------------------

Apéndices B. Instrumento

**Resistencia a fuerzas de cizallamiento en sistemas cerámicos
compuestos por feldespato sobre tres tipos de tratamiento del metal:
Estudio *in vitro***



Evaluador: _____

Cuerpo de prueba # (21)

	Oxidado	Arenado	Pulido
Material (Niquel-cromo)			

Tiempo de fractura (Ciclo)			
----------------------------------	--	--	--

Fuerza ejercida (Carga)			
Recorrido (Stroke)			

Fallas que puede presentar	Cohesivas	Adhesivas	Cohesivas y Adhesivas

Apéndices C. Análisis Estadístico

Análisis Univariado		
Variables para tratar	Naturaleza	Reporte /operación
Ciclo	cuantitativa	Frecuencias y porcentajes
Carga	cuantitativa	Frecuencias y porcentajes
Stroke	cuantitativa	Frecuencias y porcentajes
Tipo de falla	cualitativa	Frecuencias y porcentajes
Tipo de tratamiento	cualitativa	Frecuencias y porcentajes

Analisis Bivariado			
Variable dependiente	Variables independientes	Naturaleza	Prueba estadística
Ciclo	Tipo de tratamiento	Cuantitativa	ANOVA one-way
Carga	Tipo de tratamiento	Cuantitativa	ANOVA one-way
Stroke	Tipo de tratamiento	Cuantitativa	ANOVA one-way
Tipo de falla	Tipo de tratamiento	Cualitativa/ cualitativa	Chi2 o exacto de Fisher