



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA CON OPCIÓN TERMINAL EN
REHABILITACIÓN ORAL

**“COMPARACIÓN DEL PROTOCOLO ADHESIVO EN LA FUERZA DE
ADHESIÓN DE DIFERENTES GENERACIONES DE ZIRCONIA EN DENTINA
HUMANA ”**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN ESTOMATOLOGÍA CON OPCIÓN TERMINAL EN
REHABILITACIÓN ORAL

PRESENTA

L.E. Bryan Ariel Martínez Leal
ID: 222450017

DIRECTORA DE TESIS

M.E.I Ana Karina Ley García
ID. 100215766

DIRECTOR DISCIPLINARIO

Dra. en Cs. María de los Angeles Moyaho Bernal
ID. 100289266

DIRECTOR METODOLÓGICO

MSP Rosendo Carrasco Gutiérrez
ID. 100008655

ASESOR EXTERNO

Dra. en Cs. Blanca Flores Ferreyra
Universidad Autónoma del Estado de México

Junio 2024

I. Aprobación de impresión de tesis



Oficio No. FESIEP/CIFE/068/2024

C. Bryan Ariel Martínez Leal
Estudiante de la Maestría en Estomatología
Con opción en Terminal en Rehabilitación Oral
Matrícula No.: 222450017
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Sirva este medio para enviarle un cordial saludo, asimismo, la que suscribe MEP. Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana en mi calidad de Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; para comunicarle una noticia importante en relación con su proceso académico.

Con agrado, le informo que la Secretaría de Posgrado ha otorgado la aprobación para la impresión de su Tesis Titulada:

"Comparación del protocolo adhesivo en la fuerza de adhesión de diferentes generaciones de zirconia en dentina humana"

Esta tesis está inscrita en el libro de registros No. 09, página 01, con el No. de asignación 2024247 en la Secretaría de Investigación de esta Unidad Académica. Usted presentará esta tesis para realizar su examen profesional y así obtener el grado de Maestro en Estomatología.

La aprobación de la impresión de su tesis represente un hito significativo en su trayectoria académica y profesional. Es el reflejo de su arduo trabajo, dedicación y la profundidad de su investigación en el campo de la Estomatología.

Le insto a que proceda con los pasos necesarios para la impresión y presentación de Tesis, cumpliendo con todas las normativas y plazos establecidos por la Facultad. Esto incluye la revisión final de su documento, asegurándose de que desempeñe todos los requisitos académicos y formatos establecidos, así como la coordinación con la Secretaría para la programación de su examen profesional.

Para cualquier consulta, aclaración o información adicional, le invito a contactar directamente a este Posgrado, estamos aquí para asistirle en cada paso restante de su proceso académico.

Sin otro particular, le reitero mi más atenta y distinguida consideración y le deseo éxito en la etapa final de esta carrera académica.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Z., a martes 18 de junio del 2024

MEP. Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana
Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología



*Nota: Se anexa Formato de Impresión de Tesis - C. Bryan Ariel Martínez Leal - Maestría en Estomatología con opción en Terminal en Rehabilitación Oral - S.I.E.P. - Facultad de Estomatología - B.U.A.P. (origina) - p.s.c.y.a.

*C.c.p. Archivo

*MCO. FJNH/MEP. GNRCQ/veneth

Secretaría de Investigación y
Estudios de Posgrado
Facultad de
Estomatología

31 poniente 1304, Col. Volcanes
Puebla, Pue.
C.P. 72410
Tel. Of. 22*22 29 55 00
Ext. 5526

II. Formato de impresión de tesis.

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS RECEPCIONAL

Para obtener el Grado de: **Maestro(a) en Estomatología con terminal en Rehabilitación Oral**

No. Registro CIFE: 2024247. **Fecha de Registro ante CIFE:** lunes 19 de febrero del 2024.

Título de la Tesis: "Comparación del protocolo adhesivo en la fuerza de adhesión de diferentes generaciones de zirconia en dentina humana"

Nombre del alumno: Bryan Ariel Martínez Leal.

Matrícula: 222450017.

Domicilio: Fraccionamiento Arboledas del Pedregal, Onix 32, Col. Ex hacienda Chapulco, Puebla, Puebla.

Tel: 22 * 14 13 27 21.

Fecha de ingreso a la Facultad: lunes 03 de enero. del 2022.

Firma: 

Director de Tesis: MEI. Ana Karina Ley García.

Grado académico: Maestra en Estomatología Integral.

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: 100215766.

Tel: 22*24 55 30 60.

Firma: 

Director Disciplinario: DC. María de los Ángeles Moyaho Bernal.

Grado académico: Doctora en Ciencias.

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: 100289266.

Tel: 22*22 78 88 41.

Firma: 

Director Metodológico: DSP. Rosendo Gerardo Carrasco Gutiérrez. **Grado académico:** Doctor en Salud pública.

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: 100008655.

Tel: 22*25 05 30 84.

Firma: 

Lector: DC. Alberto Vinicio Jerezano Domínguez.

Grado académico: Doctor en Ciencias.

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: NSS524063

Tel: 22*24 26 95 08.

Firma: 

Nombre y firma de aprobación del presidente de la academia/Responsable de la Maestría en Estomatología con Opción terminal en Rehabilitación Oral.

MEI. Guillermo Franco Romero

Firma: 

La Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología, autoriza la impresión de la Tesis.

MEP. Gisela Nataly Rubín de Celis Quintana





Fecha actual: martes 18 de junio del 2024.

Sello _____

III. Oficio de aceptación de proyecto C.I.F.E



Constancia No. FESIEP/CIFE/027/2024

MEI. Ana Karina Ley García
Responsable del Proyecto de Investigación
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P R E S E N T E

Sirva este medio para enviarte un cordial saludo, asimismo la que suscribe MEP, Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana en mi calidad de Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, y tras un detenido análisis y evaluación en el Proyecto de Investigación (Colectivo):

Nombre del Título del Proyecto:

"Comparación del protocolo adhesivo en la fuerza de adhesión de diferentes generaciones de zirconia en dentina humana"

Presentado por:

| No. | Cargos | Nombres | ID y/o Matrícula |
|-----|--|---|------------------|
| 1 | Responsable del Proyecto de Investigación: | MEI. Ana Karina Ley García | 100215766 |
| 2 | Directora Disciplinaria: | DC. María de los Ángeles Moyaho Bernal | 100289266 |
| 3 | Director Metodológico: | DSP. Rosendo Gerardo Carrasco Gutiérrez | 100003655 |
| 4 | Asesora Externa: | DC. Blanca Irma Flores Ferreyra Facultad de Odontología, Universidad Autónoma del Estado de México | S/N |
| 5 | Estudiante de Maestría en Estomatología: <u>Terminal en Rehabilitación Oral</u> | C. Bryan Ariel Martínez Leal | 222450017 |

HAGO CONSTAR, que, ha sido oficialmente ACEPTADO. Este relevante proyecto, ha sido registrado ante el Comité de Investigación de la Facultad de Estomatología (C.I.F.E.), inscrito en el libro de registros No. 09, página 01, bajo el No. de asignación 2024247, en la Secretaría de Investigación de esta Unidad Académica.

Para los fines legales que los interesados convengan, y sin otro particular, reitero a Usted mi más atenta y distinguida consideración.

Atentamente
"Pensar bien, para vivir mejor"
H. Puebla de Z., a lunes 19 de febrero de 2024

MEP. Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana
Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología

*C.c.p. Archivo
*MCO, FJMA, MEP, GNRCO/Yaneth

Secretaría de Investigación y
Estudios de Posgrado
Facultad de
Estomatología

31 poniente 1304, Col. Volcanes
Puebla, Pue.
C.P. 72410
Tel. Of. 22*22 29 55 00
Ext. 5526



IV: Reporte de similitud anti plagio

Reporte de similitud

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA

Trabajo del estudiante

10%

2

www.ncbi.nlm.nih.gov

Fuente de Internet

4%

3

revistas.cientifica.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

odontologia20.com

Fuente de Internet

1%

5

repository.usta.edu.co

Fuente de Internet

1%

6

www.science.gov

Fuente de Internet

1%

7

Submitted to Universidad Europea de Madrid

Trabajo del estudiante

<1%

8

eprints.ucm.es

Fuente de Internet

<1%

Índice

| | |
|---|-----------|
| 1. RESUMEN | 9 |
| 2. INTRODUCCIÓN..... | 10 |
| 3. ANTECEDENTES..... | 11 |
| 3.1 Antecedentes Generales..... | 11 |
| 3.2 Generaciones de la zirconia..... | 12 |
| 3.3 Primera generación | 13 |
| 3.5 Tercera generación..... | 14 |
| 3.6 Cuarta generación..... | 15 |
| a. Antecedentes específicos..... | 18 |
| 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 20 |
| 4.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN..... | 20 |
| 5. JUSTIFICACIÓN | 21 |
| 6. HIPÓTESIS..... | 22 |
| 6.1 HIPÓTESIS TRABAJO | 22 |
| 6.2 HIPÓTESIS NULA | 22 |
| 7. OBJETIVOS..... | 23 |
| 7.1 Objetivo General | 23 |
| 7.2 Objetivos específicos | 23 |
| 8. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 24 |
| 8.1 DISEÑO DEL ESTUDIO..... | 24 |
| 8.2 POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 24 |
| 8.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN..... | 25 |
| 8.3.1 Inclusión:..... | 25 |
| 8.3.2 Exclusión: | 25 |
| 8.3.3 Eliminación: | 25 |
| 8.4 VARIABLES..... | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 8.5 ESTANDARIZACIÓN | 27 |
| 8.6 UBICACIÓN TIEMPO ESPACIO..... | 28 |
| 8.7 PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN..... | 29 |
| 8.8 METODOLOGÍA | 29 |
| 8.9 Diagrama de procedimientos | 33 |
| 8.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | 34 |
| 9.0 BIOÉTICA | 35 |
| 10. RESULTADOS..... | 36 |
| 11. DISCUSIÓN..... | 42 |
| 12. CONCLUSIÓN | 45 |
| 12. ALCANCES DEL ESTUDIO | 46 |
| 13. ANEXOS: | 47 |
| 14. BIBLIOGRAFÍA | 49 |

1. RESUMEN

Zirconio (ZrO_2) es un biocerámico con propiedades mecánicas adecuadas para la fabricación de dispositivos médicos. La zirconia estabilizada con itrio (Y_2O_3) tiene las mejores propiedades para estas aplicaciones. El presente estudio tuvo como objetivo comparar la fuerza de adhesión de cada generación de zirconia, para lo cual se dividió en tres grupos tercera, cuarta y quinta generación, cada grupo estaba conformado por 20 muestras las cuales se confeccionaron con medidas de 2 mm de altura por 5 mm de diametro. A estas muestras se les realizó el mismo protocolo de acondicionamiento de superficie con óxido de aluminio. A 60 órganos dentarios extraídos de humanos se les realizó un protocolo adhesivo (sellado dentinario inmediato). Posteriormente se cementaron las muestras de zirconia en los órganos dentarios para despues realizar pruebas de cizallamiento. Se hizo la determinación de la distribución de los datos mediante la prueba Shapiro Wilk, en donde la significancia de los tres grupos fue superior a 0.05, lo cual establece que en la distribución no existen diferencias, con lo que se concluye no existe una diferencia significativa en la fuerza de adhesión entre las generaciones de zirconia estudiada bajo el mismo protocolo adhesivo.

Palabras clave: *Zirconia, itrio, cemento resinoso, óxido de aluminio, megapascales.*

ABSTRACT

Zirconium (ZrO_2) is a bioceramic with mechanical properties suitable for the manufacture of medical devices. Zirconia stabilized with yttrium (Y_2O_3) has the best properties for these applications. The objective of this study was to compare the adhesion strength of each generation of zirconia, for which it was divided into three groups, third, fourth and fifth generation, each group was made up of 20 samples which were made with measurements of 2 mm in height by 5 mm in diameter. The same surface conditioning protocol with aluminum oxide was carried out on these samples. An adhesive protocol (immediate dentin sealing) was performed on 60 teeth extracted from humans. Subsequently the zirconia samples were cemented in the dental organs and then shear tests were carried out. The distribution of the data was determined using the Shapiro Wilk test, where the significance of the three groups was greater than 0.05, which establishes that there are no differences in the distribution, which concludes that there is no significant difference in the adhesion strength between the generations of zirconia studied under the same adhesive protocol.

Key words: Zirconia, yttrium, resinous cement, aluminum oxide, megapascals

2. INTRODUCCIÓN

Los materiales dentales además de ser biomecánicamente funcionales deben ser altamente estéticos. Esto último es una de las principales razones por las cuales los pacientes acuden a consulta y genera un desafío en el área odontológica para que los materiales dentales utilizados puedan ser los más parecidos al tejido dental natural, y que englobe la mayor cantidad de sus características como la biocompatibilidad, la función y la estética. Es por esta razón que se introduce el uso de la zirconia como una opción a estos materiales dentales.

En un inicio la zirconia era un material opaco que no se tenía en cuenta para ser utilizado como un material dental estético. La zirconia, tuvo un cambio radical para mejorar sus características y propiedades, ya que se sabe que por su naturaleza inerte, la zirconia tiene ciertas limitaciones cuando se utiliza en combinación con otro material, como los cementos resinosos. Estos últimos son utilizados hoy en día debido a que la odontología cambió y la tendencia es ahora buscar retenciones que sean químicamente adhesivas.

La zirconia ha evolucionado y ha sido modificada constantemente en cuanto a su estructura, ya que con estos cambios estructurales se descubrió que se obtenía un material más translúcido, ideal para restauraciones dentales estéticas. Actualmente, la zirconia es uno de los materiales que más se investiga y actualiza constantemente, debido a que presenta ciertas características que son semejantes al tejido dental, sin embargo, aún no se logra establecer un protocolo adhesivo de la zirconia a los tejidos dentales.

Por lo que el objetivo de esta investigación es comparar la fuerza de adhesión de diferentes generaciones de zirconia en dentina humana.

3. ANTECEDENTES

3.1 Antecedentes Generales

La zirconia es un biocerámico que se investigó por primera vez en el año 1789 por el químico alemán Martin Heinrich Klaproth. Años más tarde se publicó por primera vez el uso de la zirconia como biomaterial, en 1969 por Helmer y Driskel. (1)

La zirconia o circonia (dióxido de zirconio) es una cerámica policristalina con óptimas propiedades como lo son, una muy buena tenacidad y resistencia a la fatiga. Esta cerámica sufre cambios al aplicarle cierta temperatura, dependiendo de la cual la podemos encontrar en 3 fases cristalográficas diferentes como; la fase cúbica, la cual se encuentra a temperaturas superiores a 2300 °C, la fase tetragonal que ocurre a temperaturas entre 1100 °C y 2300 °C, y la fase monoclinica que ocurre a temperatura ambiente hasta 1100 C. (2)

Este material se considera un material cerámico ideal para aplicaciones médicas y sobre todo aplicaciones de uso odontológico debido a ciertas características que presenta, como lo son su alta resistencia a la corrosión, peso ligero, y sobre todo su biocompatibilidad con los tejidos vivos. Sin embargo, estas propiedades no son del todo estables, ya que pueden ser modificadas cuando al material se le aplica cierta temperatura (calor) o está expuesto a una humedad considerable. (1) La zirconia lleva más de 15 años utilizándose en los laboratorios dentales como un material de estructura o como una alternativa totalmente anatómica. (3) ver (Figura 1).



Figura 1. Disco de Zirconia (quinta generación) que se utiliza en laboratorio para la fabricación de estructuras dentales.
Fuente propia

A finales de los años de 1960, se estudió como un biomaterial potencial conocido como zirconia Tetragonal Policristalina (TZP) por sus siglas en inglés. Se estudiaron sus propiedades las cuales descubrieron que eran adecuadas para la fabricación de prótesis de cadera así como para el uso dental. (1)

La elasticidad es una propiedad la cual es muy similar a la de otro metal como el acero inoxidable, pero con la ventaja que tiene biocompatibilidad con los tejidos duros y blandos de la boca (mucosa y hueso). Esto se traduce a que este metal tendrá una menor retención de alimentos y bacterias resultando tejidos alrededor de la misma más saludables. (2) Otra propiedad mecánica de la Zirconia, que es similar con el acero inoxidable, es la resistencia a la tracción, la cual alcanza desde los 900 a los 1200 mPa (megapascales), mientras que la resistencia a la compresión es de 2000 mPa. (4)

En cuanto a la estética de este metal, la zirconia presenta un color blanco y brillante, las cuales son características similares al color del diente. Debido a esto, la zirconia puede ser utilizada en diferentes situaciones, como una cofia de zirconia, para restauraciones como incrustaciones o coronas dentales. El color característico de la zirconia siempre tendrá una ventaja sobre restauraciones metálicas. (1)

3.2 Generaciones de la zirconia

La zircona convencional cambia sus propiedades mecánicas y ópticas dependiendo de la temperatura de sinterizado, puede volverse más translúcida y menos resistente. Los estudios muestran que no sólo con el aumento de la temperatura de sinterización, sino también la duración del tiempo de permanencia, y el enfriamiento, afectan la translucidez. (3)

En la actualidad existen 4 generaciones de policristal del zirconio estabilizado con itrio (Y-TZP), las cuales varían en el grado de translucidez, características mecánicas y composición química, y de acuerdo con su proceso tendrán diferentes indicaciones para su uso.

Las zirconias utilizadas en odontología, en su mayoría, contenían 3% mol de itrio (3Y) y 0,25% de peso de alúmina. (5) Otros factores que hace que se modifique las fases de la zirconia son aumentar la densidad, incrementar la fase cúbica y la adición de óxidos colorantes. (6)

Otra transformación de fase en la zirconia se denomina degradación a baja temperatura o envejecimiento. Este fenómeno ocurre lentamente a partir de la penetración del agua en la estructura cristalina a 200 °C - 400°C muy por debajo de la temperatura de sinterización. La exposición repetida a un ambiente cálido y húmedo transforma gradualmente las fases de zirconia de tetragonal a monoclinica. (7)

La primera generación es la zirconia policristalina estabilizada con itrio (3Y-TZP), la cual tiene unas propiedades mecánicas excelentes, pero con propiedades ópticas desfavorables, material conocido como zirconio opaco. (5) A partir de esta generación surgieron otras 3: segunda generación de 3Y-TZP, la tercera generación de 5Y-TZP y la cuarta generación de 4Y-TZP.

Ruales-Carrera 2019, menciona que, para minimizar las limitaciones ópticas en relación a translucidez y color, se han realizado modificaciones microestructurales, como una disminución en el tamaño del grano, ya que entre menor el tamaño, se obtienen mejores propiedades ópticas como mayor translucidez, no obstante, con la desventaja de que se disminuye sus propiedades mecánicas, afectando la resistencia del material. (8)

3.3 Primera generación

La primera generación de zirconia e introdujo en la odontología hace más de dos décadas como policristal de zirconio tetragonal estabilizado con itria (Y-TZP). Éstas contienen 3% mol de itria con al menos un 90 por ciento de zirconio tetragonal, lo que le da su nombre, 3Y-TZP. A pesar de las propiedades mecánicas superiores con una resistencia a la flexión de más de 1000 mPa, esta generación de zirconio tiene características opacas que limitan su uso en áreas estéticas. (8)

Para obtener esta generación tiene que pasar por un proceso de sinterización a una temperatura de 1600 °C, pero esto afecta su resistencia a la flexión, este comportamiento es negativo con respecto a la resistencia y particularmente a la estabilidad del material en un periodo a largo plazo. Esta generación monolítica de zirconia no logró estabilizarse. A pesar de tener unas propiedades mecánicas superiores, teniendo una resistencia a la flexión de más de 1000 mPa, esta generación no cumple con características ópticas deseables ya que presenta características opacas que limitan su uso en áreas estéticas de la boca. (5)

Una de las ventajas importantes a destacar es que esta primera generación de zirconia puede reaccionar de manera positiva ante la formación de microgrietas que pudieran formarse en la superficie del material mediante endurecimiento por transformación. Esta característica de endurecimiento proporciona una alta tenacidad a la fractura; de igual forma presenta la característica de la opacidad, debido a la presencia de alúmina, esto puede considerarse como una ventaja o desventaja dependiendo el uso que se le pueda dar a este material. (5)

3.4 Segunda generación

En el 3Y-TZP, se redujo en peso el contenido de alúmina que pasó de tener 0.25% a 0.5%, esta particularidad dio como resultado un material con mayor translucidez y mejor transmisión de luz, así como mayor estabilidad a largo plazo y muy buena resistencia; sin embargo, es más susceptible a la degradación a baja temperatura; debido a que posee menos alúmina para estabilizar la fase tetragonal. (5)

No obstante, la translucidez lograda de esta generación era inferior a las cerámicas vítreas, por lo que, en 2015, se introdujo la tercera generación de zirconias. (3)

3.5 Tercera generación

La tercera generación de la zirconia dental es metaestable en la fase tetragonal y contiene una proporción de fase cúbica de hasta un 53%. Logra ser totalmente estabilizado con una mezcla cúbica (estructura tetragonal); La fase tetragonal tiene

propiedades birrefringentes, o índice refractario anisotrópico, lo que resulta en una mayor cantidad de dispersión de luz en los límites de grano. Por otro lado, la fase cúbica tiene un índice refractario isotrópico sin efecto de dispersión que ofrece una mejor translucidez. (7).

Los cristales cúbicos tienen un volumen mayor en comparación con los tetragonales; esto significa que la luz se dispersa con menos fuerza en los límites del grano y las porosidades residuales, con lo que gana translucidez. Sin embargo, la zirconia cúbica estabilizada no se transforma a temperatura ambiente y, debido a esto, no sufre procesos de endurecimiento por transformación ni degradación a baja temperatura. La zirconia "altamente translúcida" o "ultratrslúcida" se refiere a esta generación específica. (5)

El aumento del contenido de itria al 4% y 5% en moles da como resultado una mayor fase cúbica no transformable y una menor fase tetragonal, lo que aumenta en consecuencia la translucidez, sin embargo, tiene la desventaja de su potencial baja resistencia a la fractura debido a la estabilización de a fase cubica/tetragonal, por lo que surgió la necesidad del desarrollo de una cuarta generación de zirconia. (5)

3.6 Cuarta generación

En 2017 se introdujo esta cuarta generación de zirconia, con un contenido del 4% moles de itrio en comparación con la tercera generación, lo que produjo una reducción de las propiedades ópticas y un incremento de las propiedades mecánicas, gracias a una reducción de la fase cúbica de alrededor del 30%. El resultado fue un material más fuerte que el 5Y-TZP, pero menos traslúcido. (5)

Las restauraciones cerámicas en contraste con las de metal porcelana no tienen fricción primaria, ya que esto podría causar una fractura induciendo estrés tensional en el lado de una restauración de zirconia; un factor importante en el material de cementación es compensar la ausencia de fricción primaria que puede generar pérdida de retención. (8)

Tratamiento en la superficie de la zirconia

Los tratamientos superficiales pueden modificar las propiedades físicas de la zirconia. La exposición a la humedad durante un período prolongado de tiempo puede tener un efecto perjudicial en sus propiedades. Este fenómeno se conoce como envejecimiento de la zirconia. Además, también el rectificado de la superficie puede reducir la tenacidad. (4)

Se han recomendado diferentes pretratamientos superficiales mecánicos y químicos para mejorar la eficacia de unión del cemento compuesto a la zirconia. Por ejemplo, arenado triboquímico de sílice con óxido de aluminio recubierto de sílice (Al) de 30 y 110 μm) se ha demostrado que las partículas no solo se vuelven ásperas, sino que también activan químicamente la Zircona, haciéndola más receptiva a los enlaces químicos a través de agentes de acoplamiento de silano (3-metacriloxipropiltrimetoxisilano, 3-MPS). Se debe aplicar abrasión con aire a una presión más baja (1-2 bares) con el uso de partículas de hasta 50 μm de tamaño. (9)

Cementación de restauraciones de zirconia

Un requisito previo para la cementación con cementos convencionales a base de ácido (fosfato de zinc o cemento de ionómero de vidrio) es el ajuste extremadamente estrecho entre el diente preparado y la restauración. Esto garantiza, debido a las propiedades hidrófilas de los cementos convencionales, que la restauración encaje con precisión. El tratamiento previo para acondicionar el tejido duro dental no es necesario con la técnica tradicional. (6)

A diferencia de la cementación tradicional, en la cementación adhesiva con composites de cementación juega un papel decisivo el acondicionamiento del tejido duro del diente y la restauración. (6)

El pretratamiento mecánico de la superficie de la zirconia utilizando técnicas de arenado mejoró significativamente la eficacia de la unión a la zirconia. (10)

La unión química es el fundamento básico de la odontología mínimamente invasiva, donde la retención de la restauración depende principalmente de la adhesión a la estructura del diente en lugar de las características retentivas realizadas en la preparación. (11)

Las siguientes combinaciones muestran buenas fuerzas de unión con zirconia: Composites de cementación autoadhesivos (p. ej., RelyX Unicem, 3M) Cementos de resina compuesta convencionales en combinación con una imprimación MDP o con sistemas adhesivos de fosfato ácido y grupo fósforo (Multilink Automix con Monobond Plus, Ivoclar Vivadent; Panavia V5 con Ceramic Primer Plus, Kuraray Dental). (6)

Un prerrequisito importante para una unión química buena y duradera es la limpieza, activación y rugosidad (aumento del área superficial) de la superficie interna de la restauración. En el caso de la zirconia, esto no se puede lograr mediante un acondicionamiento químico con ácido fluorhídrico, sino únicamente mediante un tratamiento superficial mecánico cuidadoso con una unidad de granallado. La abrasión con partículas suspendidas en el aire se utiliza en la superficie interna de la corona para prepararla para la cementación adhesiva. (6) La zirconia translúcida es un material no grabable, por lo que se buscan nuevos métodos para mejorar su adhesión. (5)

Cabe mencionar que no existe un protocolo establecido para la cementación de cada generación de zirconia. (12)

Adhesión

Fracasos en la adhesión

Los fracasos en la adhesión se van a traducir en fallos a distintos niveles de las distintas interfases. Puede haber: fallos adhesivos entre esmalte y material adhesivo, dentina y material adhesivo, resina compuesta y material adhesivo; o fallos cohesivos en esmalte, dentina, resina compuesta, material adhesivo. (13)

Un fallo adhesivo sería aquel que ocurre entre dos estructuras distintas, es decir en la interfase entre ambas mientras que un fallo cohesivo sería aquel que ocurre en el interior de la estructura del material. (13)

a. Antecedentes específicos

Ruales-Carrera *et al.*, (8), en el año 2019 realizaron un estudio donde evaluaron el comportamiento adhesivo de la zirconia convencional y de alta translucidez después de que fueran acondicionadas en la superficie y el envejecimiento hidrotermal. Las muestras de zirconia convencional (ZrC) y de alta translucidez (ZrT) se dividieron en seis grupos, las cuales se trataron con un adhesivo universal que contenía MDP. El fallo mixto fue el más frecuente en los grupos tratados mecánicamente, mientras que no se obtuvieron fallas cohesivas. Se concluyó que los valores más bajos de fuerza de unión se obtuvieron de los grupos de zirconia altamente translúcida tratados mecánicamente en comparación con sus homólogos de zirconia convencional y que el tratamiento mecánico de la superficie mejoró significativamente la fuerza de unión con la zirconia convencional y altamente translúcida.

Inokoshi *et al.*, (9), en el año 2013 realizaron un estudio el cual tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes pretratamientos químicos sobre la durabilidad de la adhesión a la zirconia dental. Las muestras de zirconia IPS e.max ZirCAD (Ivoclar Vivadent) se sometieron a un tratado de superficie con arena triboquímica de sílice (CoJet, 3M ESPE), además se trataron con uno de los cuatro primers/adhesivos (Clearfil Ceramic Primer, Kuraray Noritake/ Monobond Plus, Ivoclar Vivadent/ Scotchbond Universal, 3M ESPE/ Z-PRIME Plus, Bisco) y se cementaron con RelyX Ultimate, 3M ESPE. Se determinó la resistencia de la unión a la microtracción y se realizó un análisis fractográfico SEM. El análisis de Weibull reveló que los parámetros más altos fueron para "Clearfil Ceramic Primer". El pretratamiento químico de la zirconia en combinación con el arenado CoJet (3M ESPE) utilizando Clearfil Ceramic Primer (Kuraray Noritake) y Monobond Plus (Ivoclar Vivadent)

reveló una fuerza de adhesión significativamente mayor que cuando se utilizaron Scotchbond Universal (3M ESPE) y Z-PRIME Plus (Bisco) por lo que se concluyó que el pretratamiento mecánico y químico combinado con Clearfil Ceramic Primer (Kuraray Noritake) o Monobond Plus (Ivoclar Vivadent), dio como resultado la unión más duradera a la zirconia.

Bielen *et al.*, (10), en el año 2015 realizaron un estudio donde evaluaron el efecto de diferentes pretratamientos mecánicos sobre la durabilidad de la adhesión a la zirconia dental utilizando bloques IPS e.max ZirCad (Ivoclar Vivadent) divididos en 4 grupos, grupo 1 (Control) grupo 2 (arenados con Al₂O₃) grupo 3 (arenado con sílice usando Cojet) y grupo 4 (arenado con sílice usando SilJet), todas las muestras se pre trataron químicamente utilizando 10 MDP-Silano (Clearfil Ceramic Primer, Kuraray Noritake). Posteriormente, se determinó la resistencia de la unión microtensil y se realizó un análisis fractográfico SEM. En el cual concluyeron que el pretratamiento mecánico con Sílice dio como resultado la durabilidad de la unión más favorable de un cemento compuesto de resina (Relyx Ultimate) a la zirconia.

Ehab A. Farghaly *et al.*, (14), en el año del 2021 realizaron un estudio donde evaluaron el uso de diferentes presiones de abrasión por partículas de aire, en cuatro tipos diferentes de zirconia y el efecto sobre su resistencia al corte, el estudio se dividió en 4 grupos según el tipo de zirconia utilizada: opaco, de alta translucidez, de ultra alta translucidez y de supra alta translucidez las cuales se trataron con una imprimación de MDP. La prueba de resistencia al corte se llevó a cabo en una máquina Instron. Se examinaron los efectos de la aplicación de abrasión por partículas de aire mediante microscopía electrónica de barrido para determinar la rugosidad de la superficie en la zirconia. Como resultados se mostró que la zirconia altamente translúcida obtuvo la mayor unión al corte después de utilizar la abrasión por partículas de aire en comparación con todos los demás grupos. Concluyeron que las zirconias entre más translucidez se debería tener mayor precaución clínica debido que presenta menores propiedades mecánicas.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existen diferentes estudios que han reportado la resistencia al descementado de la zirconia con diferentes porcentajes de itrio, sin embargo, no existen suficientes estudios que comparen los tipos de generaciones bajo las mismas condiciones de tratado de superficie con arenado con óxido de aluminio y mismo protocolo adhesivo.

Debido que las diferentes generaciones de zirconia se caracterizan por ser más o menos translúcidas debido a que contienen diferentes porcentajes de moles de itrio, podemos sospechar que puede haber alguna diferencia en cuanto a la penetración y alcance la luz de fotocurado, pudiendo establecer y diferenciar protocolos de cementación, disminuyendo así los tiempos operatorios, ya que uno de los principales problemas es el número de pasos y el tiempo que se emplea para poder llevar a cabo dichos protocolos, por lo que reducir tiempos sería de mucha utilidad.

4.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existe diferencia en la fuerza de adhesión entre las zirconias de diferentes generaciones bajo el mismo protocolo adhesivo?

5. JUSTIFICACIÓN

Actualmente hay una alta demanda estética, en la que se requieren estos materiales totalmente libres de metal. Los materiales evolucionan de una forma rápida y constante por lo que el clínico debería mantenerse actualizado para conocer el correcto protocolo adhesivo de cada generación de la zirconia.

Debido a que la estructura de la zirconia se modifica por el incremento de itrio, haciéndola más translúcida, podría responder de forma diferente a los mismos protocolos de adhesión, ya que entre más translúcido la luz podría penetrar más, por lo que se podría establecer un protocolo distinto para cada generación de zirconia que se esté utilizando.

Establecer un protocolo de adhesión para cada generación de zirconia podría tener una relevancia clínica, la cual sería el reducir los tiempos de trabajo del clínico.

6. HIPÓTESIS

6.1 HIPÓTESIS TRABAJO

Existe una diferencia significativa en la fuerza de adhesión entre las zirconias de diferentes generaciones bajo el mismo protocolo adhesivo.

6.2 HIPÓTESIS NULA

No hay diferencia significativa en la fuerza de adhesión entre las zirconias de diferentes generaciones bajo el mismo protocolo adhesivo.

7. OBJETIVOS

7.1 Objetivo General

Comparar la fuerza de adhesión de cada generación de zirconia.

7.2 Objetivos específicos

- Determinar la fuerza de adhesión de la zirconia de tercera generación.
- Determinar la fuerza de adhesión de la zirconia de cuarta generación.
- Determinar la fuerza de adhesión de la zirconia de quinta generación.
- Determinar el tipo de falla adhesiva.

8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

Experimental

In vitro

8.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

n= 60 muestras

- 20 muestras tercera generación
- 20 muestras cuarta generación
- 20 muestras quinta generación

Tamaño Muestral en población infinita

Para determinar el tamaño de muestra del grupo de estudio se hará uso de la fórmula que nos brinda el muestreo aleatorio probabilístico, cuando el interés es comparar las medias del grupo de estudio para variable cuantitativa:

$$n = \frac{2 * (Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 S^2}{d^2}$$

- α : Probabilidad de cometer error tipo I
- β : Probabilidad de cometer error tipo II
- Z : Coeficiente de la distribución normal estándar
- S² : Varianza de la variable cuantitativa que tiene el grupo control o de referencia.
- d² : Valor mínimo de la diferencia que se desea detectar (datos cuantitativos).

Asumiendo las exigencias del 95% de confianza (α=0,05; Z=1,96) una potencia de la prueba del 90% (β= 0,10; Z = 1,282).

Varianza de la variable cuantitativa que tiene el grupo control o de referencia $S^2 = 0.068$, Valor mínimo de la diferencia que se desea detectar $d^2 = 0.70$

Se obtiene el tamaño de cada grupo de estudio:

$$n = \frac{2 * (1.96 + 1.282)^2 * (0.68)^2}{(0.70)^2}$$

$$n = 20$$

8.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN

8.3.1 Inclusión:

-Muestras que cumplan con las dimensiones requeridas.

8.3.2 Exclusión:

-Muestras que sufran un cambio en la superficie.

-Fracturadas

-Que se hayan contaminado.

8.3.3 Eliminación:

-Muestras que se sufran daños durante el procedimiento.

8.4 VARIABLES

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Escala y categoría |
|----------------------------------|--|--|----------------------------------|
| INDEPENDIENTE | | | |
| Generaciones de Zirconia | La Zirconia es un metal que se encuentra en 3 formas: monoclinica, cúbica y tetragonal. | Se realizará protocolo de óxido de aluminio en la superficie de la tercera, cuarta y quinta generación de la zirconia. | Cualitativa nominal policotómica |
| Resistencia adhesiva | Evaluación de la resistencia adhesiva entre un material adhesivo y un tejido dentario. | Se medirá la resistencia de adhesión con la máquina universal de pruebas Instron y se medirá en MPa. | Cuantitativa continua MPa |
| Tipo de falla de adhesiva | Es una falla que ocurre entre dos estructuras distintas, es decir en la interfase entre ambas. | Se clasifica en 3 tipos de falla: <ol style="list-style-type: none"> 1. Adhesiva 2. Cohesiva 3. Mixta | Cuantitativa |

8.5 ESTANDARIZACIÓN

El investigador fue capacitado por un experto. Se realizó una prueba piloto para el montaje de la técnica. Se confeccionó un porta arenador para mantener la misma presión y distancia del arenado. Y se realizó una estandarización intra e ínter observador, mediante el coeficiente de correlación interclase CCI.

8.6 UBICACIÓN TIEMPO ESPACIO

Laboratorio de Biomateriales de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

8.7 PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN

8.8 METODOLOGÍA

Preparación de los dientes:

Se recolectaron 60 órganos dentarios, específicamente terceros molares permanentes humanos, de pacientes que firmaron el consentimiento informado y estuvieron de acuerdo en donar sus órganos dentarios, se almacenaron a una temperatura de 4°C en una solución de Timol al 0.2% por siete días, posteriormente se almacenaron en agua desionizada, para ser utilizados un mes posterior a la extracción, hasta obtener las 60 muestras, los cuales se desgastaron 1.5 mm oclusalmente para poder tener un sustrato de dentina y esmalte, posteriormente se arenó con óxido de aluminio a una distancia de 5 mm, y 3.5 psi de presión, posteriormente se les realizó el protocolo adhesivo (sellado dentinario inmediato) con el sistema de Optibond FL de la casa comercial Kerr, el cual consistente aplicar acido grabador al 37% durante 15 segundos en esmalte y 10 segundos en dentina, se enjuagó durante 30 segundos con agua y aire, después se colocó el primer del Optibond FL, el cual se frotó por toda la superficie hasta obtener una superficie lisa y brillante, después se colocó el adhesivo del Optibond FL y se colocó de la misma forma, esto se fotocuró con una lámpara Valo con una irradiancia de 385 a 515 nm durante 20 segundos. ver (Figuras A- H).

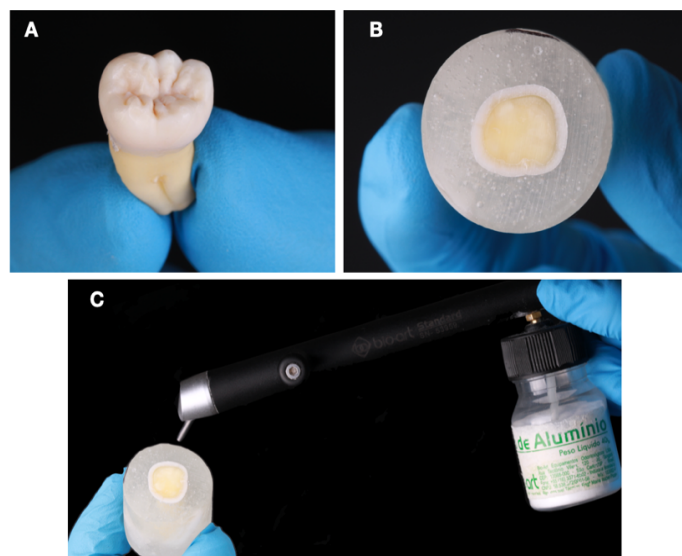


Figura 2: A) Muestra extraída, B) Muestra montada y recortada, C) Arenado con óxido de aluminio. Fuente propia

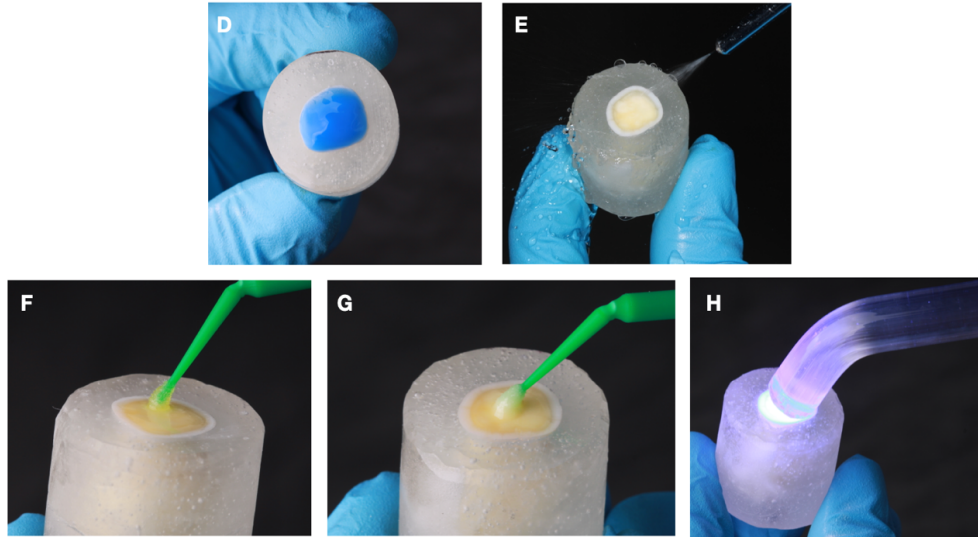


Figura 3: D) Aplicación de ácido grabador, E) Lavado de la muestra,

Preparación de las muestras de Zirconia:

Se obtuvieron 3 discos de zirconia, cada uno de una generación distinta (tercera, cuarta y quinta) de los cuales se obtuvieron 20 muestras de 5 mm de cada una, las cuales a todas se les realizó el mismo acondicionamiento, el cual consistente en arenar la superficie de la zirconia con óxido de aluminio a una distancia de 5 mm a 3.5 psi de presión, con un tamaño de partícula de 50 μm , se colocó Z prime de la casa Bisco, el cual se frotó durante 1 minuto hasta que se volatilizó, ver Figuras 5 a-F.

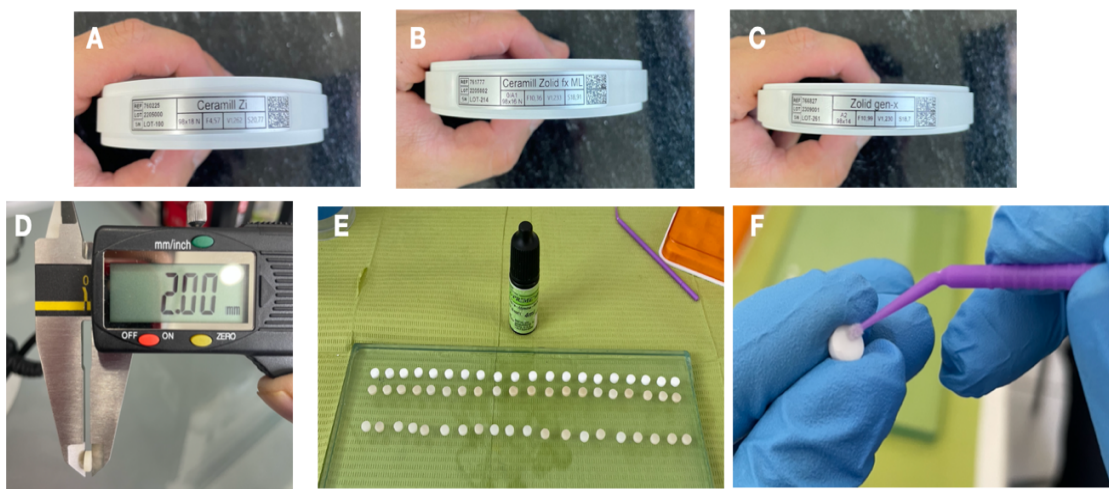


Figura 5: A) Disco de tercera generación B) Disco de cuarta generación C) Disco de quinta generación, D) Calibración de las muestras de zirconia, E) 60 muestras divididas en 3 grupos, F) Acondicionamiento con Z prime. Fuente propia

Cementación:

Una vez listas ambas muestras, tanto el diente como la muestra de zirconia, se procedió al protocolo de cementación, el cual consistió en colocarle un cemento resinoso dual en la muestra de zirconia y colocarla en el diente, se retiraron los excedentes y se fotocuró durante 20 segundos.

Evaluación de la fuerza de adhesión:

Una vez cementadas todas las muestras, se montaron en la máquina universal de pruebas Instron, en el que se realizaron las pruebas de cizallamiento, para evaluar la fuerza adhesiva de cada una y el tipo de falla adhesiva.

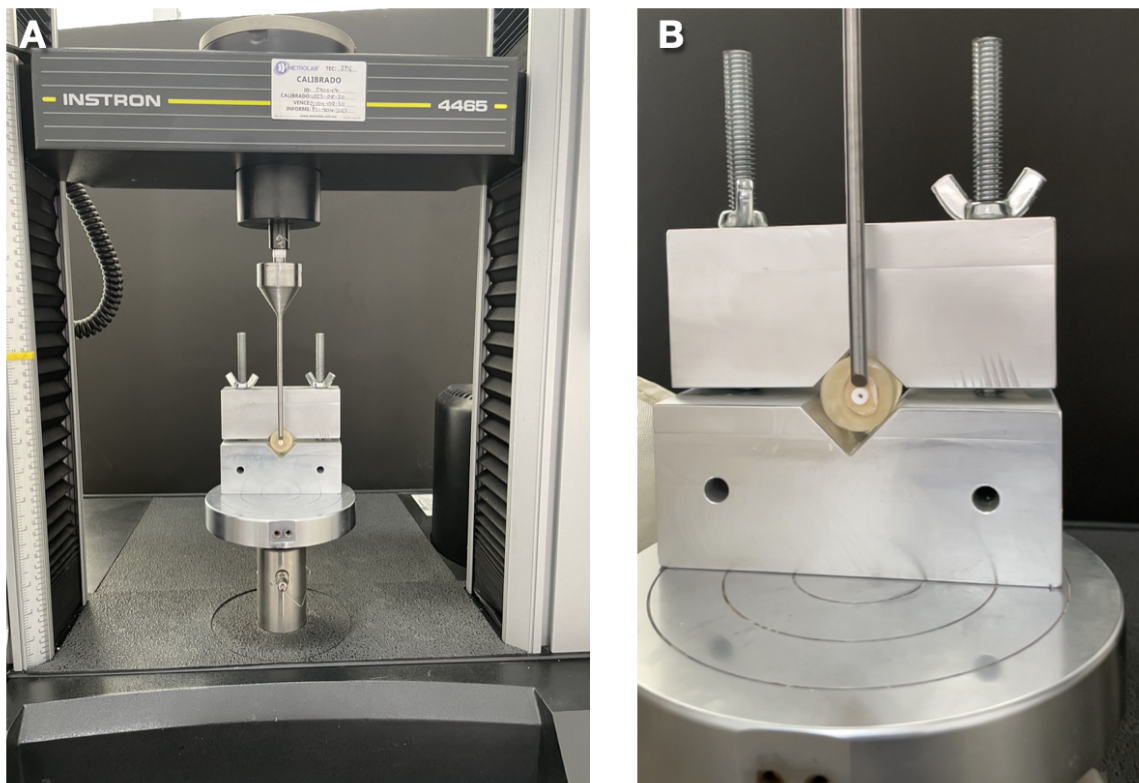


Figura 6: A) Montaje en máquina Instron B) Acercamiento de la muestra montada en máquina Instron. Fuente propia

Conformación de los grupos:

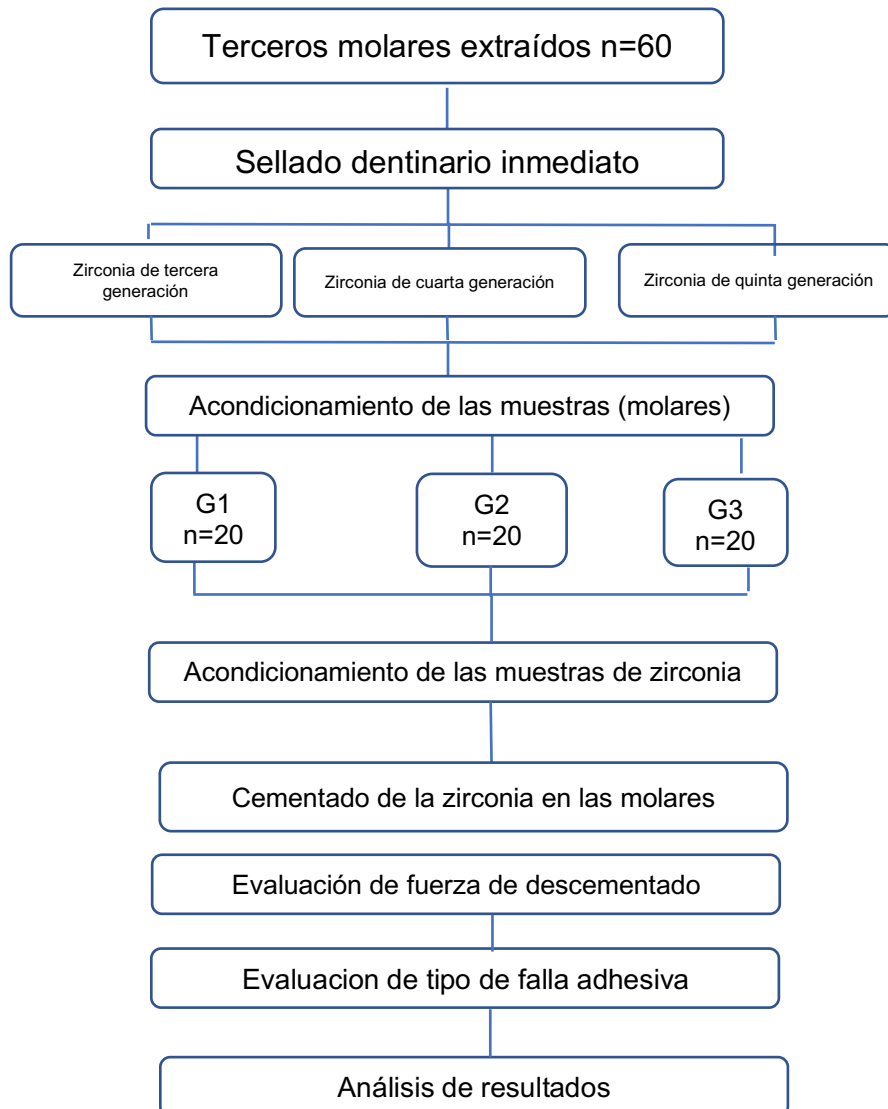
Se conformaron tres grupos:

Grupo 1: Acondicionamiento con óxido de aluminio en zirconia de tercera generación (n=20) + protocolo de sellado dentinario inmediato en el tercer molar dentario + cementación con cemento resinoso.

Grupo 2: Acondicionamiento con óxido de aluminio en zirconia de cuarta generación (n=20) + protocolo de sellado dentinario inmediato en el tercer molar + cementación con cemento resinoso.

Grupo 3: Acondicionamiento con óxido de aluminio en zirconia de quinta generación (n=20) + protocolo de sellado dentinario inmediato en el tercer molar + cementación con cemento resinoso.

8.9 Diagrama de procedimientos



8.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis de resultados

Tratamiento Estadístico Descriptivo:

1. Medidas de Tendencia Central:

-Se calculó la media, mediana y moda de la fuerza de adhesión para cada generación de zirconia.

2. Medidas de Dispersión:

-Se calculó la desviación estándar para evaluar la variabilidad en la fuerza de adhesión.

-Se obtuvo el rango intercuartílico para comprender la dispersión de los datos.

3. Representación Gráfica:

-Se crearon gráficos de caja y bigote para visualizar la distribución de la fuerza de adhesión en cada generación.

-Diagramas de dispersión para explorar relaciones y patrones.

Tratamiento Estadístico Inferencial:

1. Pruebas de Normalidad:

-Se realizaron pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk) para verificar si los datos siguen una distribución normal.

2. Prueba ANOVA:

-Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias de fuerza de adhesión entre las zirconias de tercera, cuarta y quinta generación. Esto ayudó a determinar si hay diferencias significativas.

3. Prueba de Correlación:

-Se realizó análisis de correlación para evaluar si hay alguna relación entre la fuerza de adhesión y otras variables relevantes, como el tipo de falla adhesiva.

4. Nivel de Significación:

-Se estableció un nivel de significación (0.05) para determinar la significancia estadística.

9.0 BIOÉTICA

Esta investigación se realizó conforme a los principios éticos del Consejo de Organizaciones Internacionales de Ciencias Médicas en colaboración con la Organización Mundial de la Salud: CIOMS/OMS (2016); y a parámetros de investigación médica por la Asociación Médica Mundial (World Medical Association: WMA por sus siglas en inglés), WMA (2017), así como también se apega a la Ley General de Salud en Materia de Investigación. De acuerdo con el artículo 13, prevaleció el criterio de respeto a su dignidad y la protección de sus derechos, así como el bienestar de los sujetos que donarán sus dientes.

Por tratarse de una investigación con riesgo mínimo, y de acuerdo con el artículo 23 del Capítulo II, menciona que, en el caso de investigaciones con riesgo mínimo, la Comisión de Ética, por razones justificadas, podrá autorizar que el consentimiento informado se obtenga sin formularse por escrito, y por tratarse de investigaciones sin riesgo, podrá dispensar al investigador la obtención del consentimiento informado. Además, en todo momento se cuidará la integridad de los investigadores implementando las medidas adecuadas de seguridad en el laboratorio.

Además, se realizó conforme a:

- ISO /TS 11405- 2015 Odontología - Pruebas de adhesión a la estructura dental.
- Norma Oficial Mexicana NOM-087- ECOL- SSA1-2002.

10. RESULTADOS

Se analizaron 60 muestras para la experimentación de la fuerza adhesiva, y la determinación del tipo de falla adhesivo, se dividieron en 3 grupos: 20 muestras de tercera generación (WHITE), 20 muestras de cuarta generación (ZOLID FF), 20 muestras de quinta generación (ZOLID GNX).

Previo al análisis descriptivo se hizo la determinación de la distribución de los datos mediante la prueba Shapiro Wilk, en donde la significancia de los tres grupos fue superior a 0.05, lo cual establece que en la distribución no existen diferencias, por lo tanto, los datos se encuentran en un supuesto de normalidad, ver Tabla 1.

| Descriptivas | | | |
|------------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| | WHITE (3ra) | ZOLID FX (4ta) | ZOLID GNX (5ta) |
| N | 20 | 20 | 20 |
| W de Shapiro – Wilk | 0.942 | 0.942 | 0.945 |
| Valor de P de Shapiro – Wilk | 0.266 | 0.282 | 0.330 |

Tabla 1. Determinación de normalidad por grupos de estudio Fuente: Propia

A continuación, se muestra el gráfico Q-Q para corroborar la distribución de los datos, confirmando el supuesto de normalidad, ver gráfico 1.

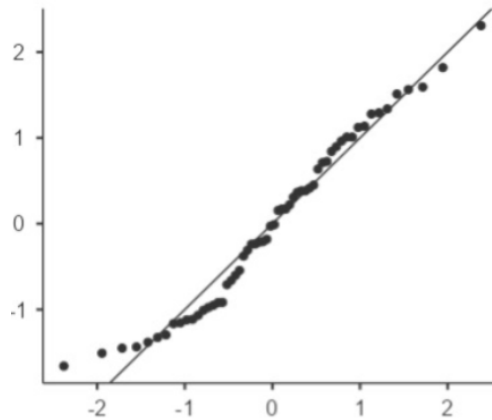


Gráfico 1. Determinación de normalidad por grupos de estudio.
Fuente: Propia

Se hizo estadística descriptiva mediante medidas de tendencia central y de dispersión en donde se observó que el grupo de quinta generación (ZOLID GNX) fue donde se presentó la mayor adhesión con $\bar{X}=22.0 \pm 6.36$ Mp, al hacer el comparativo con los grupos de estudio, se observó que los promedios son muy similares, ver Tabla 2 y gráfico 2.

| Descriptivas de Grupo | | | | | |
|-----------------------|-----------------|----|-------|------|------|
| | Grupos | N | Media | DE | EE |
| DATOS | WHITE (3ra) | 20 | 21.7 | 6.30 | 1.41 |
| | ZOLID FX (4ta) | 20 | 21.5 | 7.41 | 1.70 |
| | ZOLID GNX (5ta) | 20 | 22.0 | 6.36 | 1.46 |

Tabla 2. Estadística descriptiva fuerza de adhesión entre grupos. Fuente: Propia

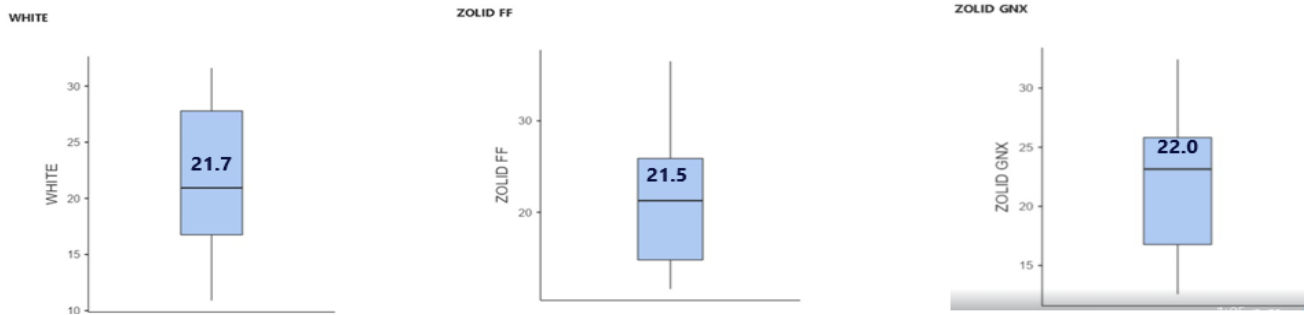


Gráfico 2. Estadística descriptiva fuerza de adhesión entre grupos. Fuente: Propia

En el entendido de que los tres grupos de estudio tenían distribución normal, la prueba estadística para comparar promedios fue mediante la prueba ANOVA, de un factor en donde no obstante que el grupo GNX, presentó la mayor fuerza de adhesión, sus valores fueron muy similares, de tal manera que el valor de la prueba fue superior al nivel de significancia ($p > 0.05$). Por lo tanto, no existen diferencias estadísticamente significativas, ver Tabla 3 y gráfico 3.

| ANOVA de Un Factor (Welch) | | | | |
|-----------------------------------|----------|------------|------------|----------|
| | F | GI1 | GI2 | p |
| DATOS | 0.0333 | 2 | 36.3 | 0.967 |

Tabla 3. Análisis de Varianza de un factor. Fuente: Propia

En el gráfico de medias se puede observar tanto los valores, como los intervalos de confianza son muy similares.

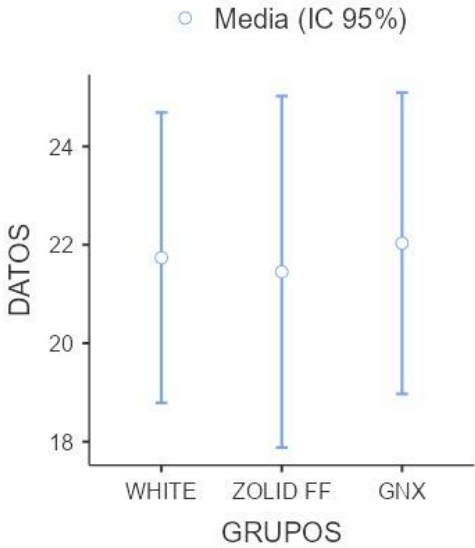


Gráfico 3 Fuente: Propia

Finalmente se llevó a cabo la evaluación de los tipos de falla adhesiva, se observó que el 100% de las muestras, en todos los grupos mostraron la falla de tipo cohesiva, ver Tabla 4.

| Evaluación del tipo de falla adhesiva | | | |
|---------------------------------------|---------------|-------------------------|------------------|
| Resultados obtenidos en: | | | |
| 1. Adhesiva | | | |
| 2. Cohesiva | | | |
| Grupo | G1 (Zi White) | G2(Zolid fx Multilayer) | G3 (Zolid Gen X) |
| 1 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 2 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 3 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 4 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 5 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 6 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 7 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 8 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 9 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 10 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 11 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 12 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 13 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 14 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 15 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 16 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 17 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 18 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 19 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |
| 20 | Cohesiva | Cohesiva | Cohesiva |

Tabla 4. Tipo de falla adhesiva. Fuente propia

A continuación se muestran imágenes representativas de las fallas cohesivas que se presentaron en los tres grupos de estudio

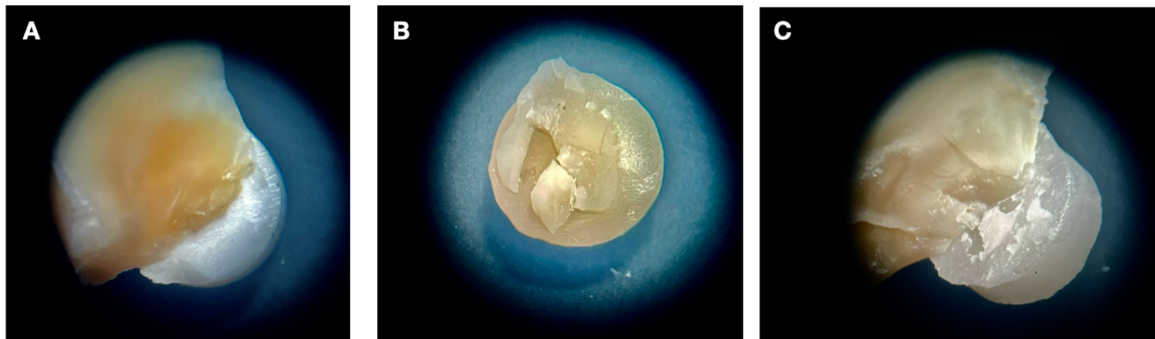


Figura 7: A) Muestra 19 del grupo 1, B) Muestra 2 del grupo 2, C) Muestra 14 del grupo 3. Fuente propia

11. DISCUSIÓN

En este estudio se evaluó de manera inmediata la fuerza de adhesión de las diferentes generaciones de zirconia cementadas totalmente en dentina. Además, se observó en el microscopio el tipo de falla adhesiva en cada una de las muestras.

Desde hace muchos años a pesar de las investigaciones siempre se ha pensado que la zirconia no tiene una buena adhesión al sustrato dental, sobre todo a la dentina en comparación con otros materiales, es por esta razón que se decidió realizar esta investigación.

Con ayuda de la tecnología cada día se han desarrollado nuevos materiales adhesivos, nuevos materiales para el acondicionamiento mecánico y por supuesto nuevas zirconias, de los cuales la mayoría funcionan, unos con mejores resultados que otros, por esta razón varios autores a través de los años han realizado estudios donde comparan estos materiales para evaluar la fuerza adhesiva, con el inconveniente que no se puede determinar realmente cual es el factor que hace que la adhesión sea mejor en esos casos en específico, ya que al combinar variables como el uso de diferentes acondicionamientos mecánicos con el empleo de diferentes primers pueden variar los resultados (9) (10), es por esta razón que se decidió utilizar el mismo agente mecánico (óxido de aluminio con un tamaño de partícula de 50 μm) para todas las muestras, al igual que el mismo protocolo de acondicionamiento (Sellado Dentinario Inmediato) de las muestras (molares) y el mismo primer (Z prime) para las muestras de zirconia, y así poder determinar si realmente el factor translucidez era la variable que modificaban la fuerza de adhesión. (13) (14)

En esta investigación se decidió usar la tercera, cuarta y quinta generación, debido a que las dos primeras ya no se encuentran en el mercado debido a que tenían desventajas en sus propiedades mecánicas (presencia de fracturas y grietas) y ópticas (muy opaca) que no pueden ser usadas en una zona estética, por lo que las nuevas generaciones a pesar de ser más estéticas por su translucidez ya no presentan dichas desventajas. (6) (15).

Como primer objetivo se estableció evaluar la fuerza de adhesión de las diferentes generaciones. Se observó que la zirconia de quinta generación fue la que obtuvo los valores mayores, sin embargo, al hacer el comparativo con los demás grupos de estudio, los promedios son muy similares, sin diferencias estadísticamente significativas. Esto nuevamente sugiere que la translucidez no es una variable que pueda afectar la fuerza de adhesión.

Se han realizado otros estudios que han evaluado la adhesión a la zirconia con diferentes tratamientos químicos dejando a un lado la variable de la translucidez (9) (16), y algunos otros estudios (14) que han evaluado el uso de diferentes presiones de abrasión por partículas de aire, dando como resultado que la zirconia más traslúcida era la que mejores resultados en cuanto adhesión obtuvieron, se ha demostrado que al aumentar la presión se obtiene una mayor rugosidad en la superficie que ayuda a mejorar los mecanismos de adhesión. Sin embargo genera pequeñas microgrietas que terminan afectando la fuerza flexural. (17) Por lo que, los resultados mostrados con anterioridad difieren totalmente de esta investigación ya que, si solo se usa la translucidez como única variable, se obtienen resultados muy similares sin importar el tipo de zirconia que se esté utilizando.

Como segundo objetivo se estableció determinar el tipo de falla adhesiva. En esta investigación se observó que todos los grupos mostraron una falla adhesiva de tipo cohesiva (es aquella que ocurre en el interior de la estructura del material), lo que explica que no existe un problema de adhesión en la zirconia, sino al fallo que hay en el material que se está empleando para cementar, por lo que estos resultados difieren de lo reportado por Ruales-Carrera (8) *et al.*, quienes determinaron que el fallo mixto fue el más frecuente.

En el presente estudio no se encontraron fallas significativas en la adhesión de diferentes generaciones de zirconia, por lo cual se puede demostrar que la translucidez de la zirconia no es una variable que ayude a mejorar los resultados adhesivos, siempre y cuando se realice el correcto tratado de la superficie tanto del sustrato como de la muestra de zirconia, no habrá problema si es más o menos traslúcida, siempre se obtendrán buenos resultados en la adhesión.

Dentro de las limitaciones de esta investigación, fue que los molares difieren en su tamaño por lo que en algunos casos fue necesario su reemplazo debido a que algunos no cumplían con el mínimo requerido para llevar a cabo los procedimientos de adhesión. Por otra parte, la obtención de la zirconia de tercera generación ya es difícil adquirir en el mercado.

Es importante entender que son muchos los factores que influyen en cada combinación de material de zirconia, como el tratamiento de la superficie (18) (19), el medio adhesivo (19) y las condiciones de envejecimiento. Con respecto a este último punto, se ha demostrado que el envejecimiento puede llegar a reducir la translucidez, este cambio en la microestructura puede afectar las propiedades ópticas de la zirconia y, por lo tanto, en el resultado estético de las restauraciones. (20) Por lo que en esta investigación se trató de simular las condiciones de boca para lograr un escenario clínico más real.

Por lo que resulta interesante el seguir realizando distintos tipos de protocolos para lograr el objetivo de mejorar los mecanismos de adhesión. (18) Existe evidencia científica que ponen en evidencia que aquellos protocolos que tratan a las superficies tanto mecánicamente como químicamente obtienen los mejores resultados en la adhesión, sobre todo mediante el empleo de cementos autoadhesivos que contenga 10-MDP (19) como lo realizado en esta investigación.

12. CONCLUSIÓN

- No existe una diferencia significativa en la fuerza de adhesión entre las zirconias de diferentes generacioens bajo el mismo protocolo adhesivo.
- No importa el tipo de zirconia (generación) que se utilice, siempre y cuando se lleve a cabo el adecuado protocolo de adhesión no habrá fallos en cuanto a su adhesión.
- La translucidez de la zirconia no es un factor que mejora ni afecta la adhesión.

12. ALCANCES DEL ESTUDIO

- Realizar pruebas con diseños reales de la morfología dental.
- Agregar la variable de la saliva humana, para determinar cuál es el tipo de fallo que se presenta con mayor frecuencia.

13. ANEXOS:

13.1 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

| Evaluación de la fuerza adhesiva | | | |
|----------------------------------|---|--|--|
| Resultados obtenidos en mPa | | | |
| Grupo N=20 | G1 (Zi White) Esfuerzo de compresión al Máximo Carga de compresión (mPa) | G2 (Zolid fx Multilayer) Esfuerzo de compresión al Máximo Carga de compresión (mPa) | G3 (Zolid Gen X) Esfuerzo de compresión al Máximo Carga de compresión (mPa) |
| 1 | 15.72 | 31.65 | 24.04 |
| 2 | 19.27 | 14.49 | 13.02 |
| 3 | 28.32 | 25.59 | 29.35 |
| 4 | 23.18 | 15.47 | 23.15 |
| 5 | 15.14 | 13.91 | 17.71 |
| 6 | 27.60 | 33.31 | 15.83 |
| 7 | 21.67 | 12.99 | 26.67 |
| 8 | 17.80 | 19.89 | 32.41 |
| 9 | 24.24 | 20.09 | 12.56 |
| 10 | 30.47 | 22.56 | 24.96 |
| 11 | 27.23 | 22.45 | 20.00 |
| 12 | 14.45 | 36.50 | 24.7 |
| 13 | 18.17 | 20.11 | 20.63 |
| 14 | 20.18 | 12.80 | 20.85 |
| 15 | 14.13 | 21.26 | 24.73 |
| 16 | 29.16 | 15.09 | 30.46 |
| 17 | 28.32 | 11.60 | 14.71 |
| 18 | 17.10 | 27.72 | 12.66 |
| 19 | 31.61 | 26.18 | 24.41 |
| 20 | 10.89 | 23.94 | 30.36 |

13.3 INSTRUCCIONES DE USO DE ADHESIVO OPTIBOND™ FL KERR

| Adhesivo | Fabricante | Instrucciones |
|-------------------------|------------|---|
| <i>OPTIBOND™ FL</i> | Kerr | <ol style="list-style-type: none">1. Grabar la dentina con ácido fosfórico al 37% durante 10 segundos y el esmalte durante 15 segundos.2. Enjuagar abundantemente con pulverización de agua durante 30 segundos.3. Secar por 3 segundos. No desecar.4. Agitar brevemente el frasco de adhesivo OptiBond™ FL. Si es la primera vez que se usa, agitar enérgicamente el frasco durante 10 segundos.5. Aplicar Prime con un ligero movimiento de cepillado durante 15 segundos utilizando el cepillo aplicador desechable sobre la superficie de la dentina.6. Aplicar aire en el “primer” por 3 segundos.7. Utilizar el cepillo aplicador desechable para aplicar una generosa cantidad de adhesivo sobre la superficie de la dentina. Frotar y cepillar la superficie durante 20 segundos.8. Secar el adhesivo con aire sin aceite, primero a presión suave y luego a presión media, durante al menos 5 segundos. La superficie debe tener una apariencia brillante y uniforme.9. Fotocurar durante 20 segundos. |

14. BIBLIOGRAFÍA

1. Gautam C, Joyner J, Gautam A, Rao J, Vajtai R. Zirconia based dental ceramics: structure, mechanical properties, biocompatibility and applications. Dalton Trans [Internet]. 2016;45(48):19194–215.
2. Moshaverinia A. Review of the modern dental ceramic restorative materials for esthetic dentistry in the minimally invasive age. Dent Clin North Am [Internet]. 2020;64(4):621–31.
3. Stawarczyk B, Keul C, Eichberger M, Figge D, Edelhoff D, Lümke mann N. Three generations of zirconia: From veneered to monolithic. Part I. Quintessence Int [Internet]. 2017;48(5):369–80.
4. Francesco Manicone P, Rossi Iommetti P. An overview of zirconia ceramics: Basic properties and clinical applications. Journal of dentistry. 2007;35:819–26.
5. Mauricio Santillán-Guerra A, Ticona-Orellana VM. Optical and mechanical properties of translucent zirconium as an optimal restorative material in fixed prosthesis: a review of the literature. Revista Científica Odontológica. 2022;10(3).
6. Stawarczyk B, Keul C, Eichberger M, Figge D, Edelhoff D, Lümke mann N. Three generations of zirconia: From veneered to monolithic. Part II. Quintessence Int [Internet]. 2017;48(6):441–50.
7. Jitwirachot K. Wear behavior of different generations of zirconia: Present Literature. Hindawi. International Journal of Dentistry. 2022
8. Ruales-Carrera E, Cesar PF, Henriques B, Fredel MC, Özcan M, Volpato CAM. Adhesion behavior of conventional and high-translucent zirconia: Effect of surface conditioning methods and aging using an experimental methodology. J Esthet Restor Dent [Internet]. 2019;31(4):388–97.
9. Inokoshi M, Poitevin A, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness to different chemically pre-treated dental zirconia. Clin Oral Investig [Internet]. 2014;18(7):1803–12.

10. Bielen V, Inokoshi M, Munck JD, Zhang F, Vanmeensel K, Minakuchi S, et al. Bonding effectiveness to differently sandblasted dental Zirconia. *J Adhes Dent* [Internet]. 2015;17(3):235–42.
11. Aboushelib MN, Feilzer AJ, Kleverlaan CJ. Bonding to zirconia using a new surface treatment: Selective infiltration etching. *J Prosthodont* [Internet]. 2010;19(5):340–6.
12. Özcan M, Bernasconi M. Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent* [Internet]. 2015;17(1):7–26.
13. Herrera Esteban I. Fracasos en la adhesión. *Av Odontoestomatol Avances en odontoestomatología*. 2005; 21:63–9.
14. Farghaly E, Afifi R. Influence of different air abrasion pressure on shear bond strength of different types of Zirconia. *Egypt Dent J* [Internet]. 2021;67(3):2423–30.
15. Zhang Y, Lawn BR. Novel Zirconia materials in dentistry. *J Dent Res* [Internet]. 2018;97(2):140–7.
16. Melo RM, Souza ROA, Dursun E, Monteiro EBC, Valandro LF, Bottino MA. Surface treatments of Zirconia to enhance bonding durability. *Oper Dent* [Internet]. 2015;40(6):636–43.
17. Zhang X, Liang W, Jiang F, Wang Z, Zhao J, Zhou C, et al. Effects of air-abrasion pressure on mechanical and bonding properties of translucent zirconia. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2021;25(4):1979–88.
18. Tzanakakis E-GC, Tzoutzas IG, Koidis PT. Is there a potential for durable adhesion to zirconia restorations? A systematic review. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2016;115(1):9–19.
19. Comino-Garayoa R, Peláez J, Tobar C, Rodríguez V, Suárez MJ. Adhesion to Zirconia: A systematic review of surface pretreatments and resin cements. *Materials (Basel)* [Internet]. 2021;14(11):2751.
20. Walczak K, Meißner H, Range U, Sakkas A, Boening K, Wieckiewicz M, et al. Translucency of Zirconia ceramics before and after artificial aging: Zirconia translucency change due to aging. *J Prosthodont* [Internet]. 2019;28(1):e319–24.