

**RESISTENCIA A FRACTURA DE CORONAS DENTALES FABRICADAS  
ANÁLOGAMENTE VS TECNOLOGÍA CAD-CAM. ESTUDIO *IN VITRO***

**SALVADOR INSIGNARES ORDOÑEZ**

**ANTONIO DÍAZ CABALLERO**

**YUREINYS BELEÑO QUINTERO**

**SALIN INSIGNARES BUELVAS**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**

**FACULTAD DE ODONTOLOGIA**

**CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C**

**2017**

**RESISTENCIA A FRACTURA DE CORONAS DENTALES FABRICADAS  
ANÁLOGAMENTE VS TECNOLOGÍA CAD-CAM. ESTUDIO *IN VITRO***

**SALVADOR INSIGNARES ORDOÑEZ**

Odontólogo, especialista en rehabilitación oral, Profesor de Universidad de  
Cartagena-Colombia.

**ANTONIO DÍAZ CABALLERO**

Odontólogo, especialista en Periodoncia, Máster en Educación, Doctor en  
Ciencias Biomédicas, Profesor de Universidad de Cartagena-Colombia.

**YUREINYS BELEÑO QUINTERO**

**SALIN INSIGNARES BUELVAS**

Estudiantes de decimo semestre de odontología, Universidad de Cartagena

**PROYECTO DE GRADO**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**

**FACULTAD DE ODONTOLOGIA**

**CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C**

**2017**

## CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| LISTA DE TABLAS Y/O FIGURAS              | 5         |
| LISTA DE ANEXOS                          | 6         |
| <u>RESUMEN.</u>                          | <u>7</u>  |
| ABSTRACT                                 | 8         |
| <u>INTRODUCCIÓN.</u>                     | <u>9</u>  |
| 1. <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>     | <u>11</u> |
| 2. <u>JUSTIFICACION</u>                  | <u>13</u> |
| 3. <u>OBJETIVOS</u>                      |           |
| 4.1 <u>OBJETIVO GENERAL.</u>             | <u>14</u> |
| 4.2 <u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.</u>        | <u>14</u> |
| 4. <u>MARCO TEÓRICO.</u>                 | <u>15</u> |
| 5. <u>METODOLOGÍA.</u>                   | <u>20</u> |
| 5.1 SELECCIÓN DE MUESTRA ESTIMADA.       | 20        |
| 5.2 PREPARACIÓN DEL MUÑÓN.               | 20        |
| 5.3 DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LAS CORONAS. | 20        |
| 5.4 TEST DE COMPRESIÓN.                  | 21        |
| 5.5 ANÁLISIS Y RECOLECCIÓN DE DATOS.     | 22        |
| 6. <u>RESULTADOS.</u>                    | <u>24</u> |
| 7. <u>DISCUSIÓN.</u>                     | <u>27</u> |

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| 8. <u>CONCLUSIÓN.</u> | <u>32</u> |
| 9. RECOMENDACIONES    | 33        |
| 10. BIBLIOGRAFIA.     | 34        |
| <u>ANEXOS.</u>        | <u>38</u> |

## LISTA DE TABLA Y/O FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Protocolo de preparación del muñón y coronas de disilicato de litio tanto Inyectadas y fresada | 23 |
| Tabla 1. Resultados de análisis descriptivo de coronas fresadas.   | 25 |
| Tabla 2. Resultados de análisis descriptivo de coronas inyectadas.                                       | 25 |
| Tabla 3. Resultados de comparación de ambos grupos de coronas individuales.                              | 25 |
| Figura 2. : Comparación entre las fuerzas soportadas por los dos tipos de coronas.                       | 26 |

## LISTA DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| ANEXO 1. REGIDTRO FOTOGRAFICO DEL<br>INFORME DEL ENSAYO  | 38 |
| Máquina de ensayos universal marca<br>Shimadzu® utilizada para ejercer la fuerza<br>compresiva.    | 38 |
| Muñones y punta redonda para prueba de<br>ensayo.  | 38 |
| Fotografías de posicionamiento de coronas y<br>fractura posterior a la fuerza compresiva ejercida. | 39 |
| ANEXO 2. BASE DE DATOS DE RESULTADOS<br>DE PRUEBA DE ENSAYOS                                       | 40 |

## RESUMEN

**Objetivo:** En este estudio in vitro se comparó la resistencia a la fractura de las coronas individuales sometidas a dos métodos de fabricación, bajo diseño asistido por ordenador y fabricación computarizada (CAD-CAM) e inyectadas.

**Metodología:** se preparó un primer molar permanente inferior con las medidas de tallado establecidas para corona individual totalmente cerámica. Se realizaron dos grupos de coronas, 10 muestras bajo tecnología CAD-CAM y 10 muestras inyectadas, las cuales fueron sometidas a cargas compresivas en una máquina de ensayos universal, con una velocidad de 1mm/min y una carga de celda de 5kN hasta obtener la fractura máxima de estas. Los datos se analizaron estadísticamente utilizando las pruebas Shapiro Wilk, Mann Whitney  $p=0,05$ .

**Resultados:** Hubo una diferencia significativa en la prueba de resistencia a la fractura entre ambos métodos de fabricación ( $p < 0,001$ ). **Conclusión:** Con base a los resultados obtenidos en el estudio, podemos concluir que las coronas bajo diseño y fabricación por ordenador (CAD-CAM) presentaron una resistencia a la fractura superior a las coronas fabricadas análogamente.

**PALABRAS CLAVE:** Emax CAD, Emax press, resistencia a la fractura.

## ABSTRACT

**Objective:** This in vitro study compared the resistance to the invoice of the individual crowns submitted to two manufacturing methods, under computer aided design and computerized manufacturing (CAD-CAM) and injected. **Methodology:** A lower first permanent molar was prepared with the carving measurements established for a totally ceramic single crown. Two groups of crowns, 10 samples under CAD-CAM technology and 10 injected samples, were subjected to compressive loads in a universal test machine, with a speed of 1mm / min and a cell load of 5kN until obtaining the Maximum bill of these. Data were statistically analyzed using the Shapiro Wilk test, Mann Whitney  $p = 0.05$ . **Results:** There was a significant difference in the test of resistance to the invoice between both methods of manufacture ( $p < 0.001$ ). **Conclusion:** On the basis of the results obtained in the study, we can conclude that the crowns under design and computer manufacture (CAD-CAM) presented superior fracture resistance to similarly manufactured crowns.

**KEY WORDS:** Emax CAD, Emax Press, Fracture strength.



## INTRODUCCIÓN

En el área de rehabilitación oral se han utilizado materiales cerámicos para restaurar o rehabilitar la estructura dental perdida por diferentes factores etiológicos, devolviéndole el componente estético y funcional a los órganos dentales. De ahí la importancia de considerar la resistencia de los materiales utilizados en una restauración. La resistencia es definida como la máxima tensión requerida para fracturar una estructura según la fuerza aplicada.

Las cerámicas implementadas para este oficio se clasifican en: feldespáticas, disilicato de litio, alúmina y zirconia, dependiendo de su composición química y dureza. El disilicato de litio posee diversos componentes que potencializan su resistencia, entre estos resaltan el feldespato, responsable de la translucidez, cuarzo que compone la fase cristalina, caolín que proporciona plasticidad; dicha resistencia supera el valor límite de 100 MPa, establecido por la norma ISO 6872, registrado entre 100-300 MPa y una resistencia a la flexión de 350 MPa, estos están considerados dentro de los niveles bajos, por ello su uso está indicado en coronas individuales.

Frente a revisiones sistemáticas de fractura de coronas totalmente cerámicas se observó que la incidencia de fractura de los molares fue de 21%, seguido de los premolares con 7% y dientes anteriores en un 3%, esto debido a las cargas oclusales, por ende se efectúan las pruebas para la investigación en molar inferior.

Con respecto al diseño y fabricación de las coronas individuales se han venido desarrollando de manera análoga a lo largo de la historia; en la actualidad, con el advenimiento de los avances tecnológicos se han implementado equipos computarizados, estos prometen mayor confiabilidad y exactitud de las coronas, entre estos tenemos CAD-CAM definido como sistema tecnológico para el diseño y elaboración de restauraciones dentales por ordenador. Esta fabricación dada a partir de reproducción digital tridimensional, logrando así un mejor ajuste, precisión y sellado marginal, garantizando un desempeño a largo plazo de la restauración y rapidez en la fabricación por la simplificación de pasos en el laboratorio. El sistema maquinado el IPS Emax CAD, utiliza Metasilicato de Litio fresado el cual se ha registrado que mantiene una resistencia flexural de 234N, este se somete a tratamiento térmico llamado cristalización, generando la transformación de la microestructura para convertirse así en Disilicato de Litio, material a utilizar en dicha investigación.

En la literatura hay poca evidencia científica que compare ambas técnicas de elaboración, características y resistencia que brinda el material con base a su diseño. El objetivo de esta investigación es evaluar los valores reales frente a la resistencia a fractura del disilicato de Litio manipulado por ambas técnicas y comparar dichos valores, de esta manera ver que método es más eficaz para implementar.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La implementación de coronas dentales es muy usual en el campo de la rehabilitación oral, sus altas tasas de éxito lo ha posicionado como la mejor opción para reemplazo de más del 50 % de estructura dental perdida por causas patológicas o traumáticas; esta se ha venido desarrollando con distintos materiales cerámicos, combinados con metales o libre de estos.<sup>1</sup> El costo de dicho tratamiento es significativo para el paciente, por ende es de importancia implementar una buena técnica de confección e implementación de material para disminuir el riesgo a posibles fracasos de la restauración.<sup>2</sup>

La fabricación de coronas dentales a lo largo de la historia se ha venido realizando con técnica manual, tales como: capa a capa, inyectadas, entre otras, la cual está condicionada a la habilidad que tenga el operador que la diseña y a su criterio como fabricante; en la actualidad existen sistemas computarizados los cuales precisan los diseños buscando optimizar el producto, el más implementado es el uso de sistema CAD-CAM<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> MARTÍNEZ R, PRADÍES R, SUÁREZ G, RIVERA G. Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección. *EN: RCOE* 2007;12(4):253- 263.

<sup>2</sup> ERIKA P. JULIO E. FEDERICO L. JUNES V. Comparación de la resistencia de tres sistemas cerámicos en tramos protésicos fijos anteriores análisis por elementos finitos. *EN: Rev fac odontol univ antioq* 2013; 25(1): 44-75.

<sup>3</sup> EDWARD A. MCLAREN & RUSSELL GIORDANO. Ceramics overview: Classification by microstructure and processing methods. *EN: Cosmetic Dentistry*. 2014;01:26-34.

En cavidad oral los materiales son sometidos a diversas cargas oclusales, fatigando así el material restaurativo, llevándolo a posible fractura; esta estará condicionada a las propiedades de material a utilizar, también se cree que el método de fabricación juega un papel importante en la resistencia que las coronas dentales puedan tener<sup>4,5</sup>; por tal motivo es de vital importancia desarrollar análisis comparativos en este caso de resistencia a fractura de coronas dentales, para determinar que técnica de diseño es la ideal para la fabricación de estas y brindar mejores productos y servicios a las personas involucradas en dicho tratamiento restaurativo. Al dirigirse a las referencias bibliográficas y científicas no se logró obtener suficiente información sobre este tema en específico.

### **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:**

¿Cuál es la resistencia a la fractura de las coronas de disilicato de litio fabricadas con tecnología CAD-CAM vs método análogo?

---

<sup>4</sup> PATEL N. Contemporary dental CAD-CAM: modern chair side/lab applications and the future of computerized dentistry. EN: Compend contin educ dent. 2014;35(10):739-46.

<sup>5</sup> JOSE P, MARIA A, PEDRO G. Técnica y sistemática de la preparación y construcción de carillas de porcelana. EN: RCOE 2003;8(6):647-668.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las cerámicas dentales es el método restaurativo de primera para devolver el componente funcional a las estructuras dentales. Estas están sometidas a cargas oclusales de manera constante en cavidad oral, evidenciándose cargas oclusales de 700N en el sector posterior, esto debe ser tenido en cuenta a la hora de escoger el tipo de cerámica y el método de fabricación para su elaboración.<sup>6</sup>

El uso de sistema de inyección como técnica manual, y el uso de sistema CAD-CAM como sistema computarizado, según la literatura refieren un componente de resistencia a fractura por encima de los 800 newton de fuerza,<sup>7</sup> pero no se muestra una diferencia frente a la resistencia de los distintos métodos de fabricación; es de importancia esta comparación ya que direcciona a la escogencias del método propicio según costo-beneficio, si verdaderamente el advenimiento de los sistemas de diseño y fabricación por ordenador simplifican pasos de confección y mejora los componentes de fuerza de las restauraciones con materiales cerámicos. Por tal motivo, la finalidad de este estudio consiste en determinar si existe una diferencia significativa frente a la resistencia a la fractura de dos técnicas de fabricación comúnmente utilizadas para la elaboración de coronas libres de metal para la restauración de órganos dentarios.

---

<sup>6</sup> DANIEL B, ERNESTO V. Uso de Coronas Sistema CAD-CAM en Implantes Osteointegrados. EN: Rev. med. clin. condes - 2014; 25(1) 158-165

<sup>7</sup> JAN-OLE C, MILIA A, MATTHIAS K. Dynamic fatigue and fracture resistance of non-retentive all-ceramic full-coverage molar restorations. Influence of ceramic material and preparation design. EN: Dent Mater. 2010 Jun;26(6):533-8.

### **3. OBJETIVOS**

#### **4.1 OBJETIVO GENERAL:**

Analizar la resistencia a la fractura coronas de Disilicato de Litio bajo diseño de manera manual frente al diseño con tecnología CAD-CAM

#### **4.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS:**

- Medir la resistencia a la fractura de coronas de disilicato de litio fabricadas manualmente y fabricadas con sistema CAD- CAM
- Comparar la resistencia a la fractura de coronas de disilicato de litio fabricadas manualmente frente a las fabricadas con sistema CAD- CAM

#### 4. MARCO TEORICO

Las coronas individuales son un método implementado para restauración la estructura dental perdida, devolviéndole así la estética y funcionalidad; para ello es necesario utilizar materiales con alta resistencia y que a la vez se asemeje a la apariencia dental, en el caso de la investigación actual se utiliza el sistema totalmente cerámico.<sup>8,9,10</sup>

De los materiales conocidos actualmente, la cerámica dental es el material de mejor comportamiento estético que se dispone; posee propiedades físicas, biológicas y ópticas, que permiten mantener el color con el paso del tiempo, resistencia a la abrasión, aspecto natural en cuanto translucidez, brillo y fluorescencia.<sup>11</sup>

La cerámica es uno de los primeros materiales producidos artificialmente por el hombre desde hace 3000 años. Sin embargo, su introducción para usos dentales se remonta a finales del siglo XVIII. Desde entonces y hasta nuestros días las investigaciones se han dirigido en su mayoría a la búsqueda de mejoras en el proceso de producción encaminado a disminuir algunos de los graves problemas

---

<sup>8</sup>MARTÍNEZ R, PRADÍES R, SUÁREZ G, RIVERA G. Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección. EN: RCOE 2007;12(4):253- 263.

<sup>9</sup> JOSE P, MARÍA A, PEDRO G. Técnica y sistemática de la preparación y construcción de carillas de porcelana. EN: RCOE 2003;8(6):647-668.

<sup>10</sup> ERIKA P. JULIO E. FEDERICO L. JUNES V. Comparación de la resistencia de tres sistemas cerámicos en tramos protésicos fijos anteriores análisis por elementos finitos. EN: Rev fac odontol univ antioq 2013; 25(1): 44-75.

<sup>11</sup> IVOCLAR VIVADENT AG. Emax CAD, instrucciones de uso laboratorio. EN: Ivoclar Vivadent AG, 2009.

que presentaban como la merma durante la cocción, aumentar la resistencia, disminuir su porosidad y en general perfeccionar la técnica de elaboración.<sup>12</sup> Se consideran materiales totalmente cerámicos aquellos productos inorgánicos formados mayormente por elementos no metálicos, que se obtienen por la acción del calor y cuya estructura final es parcial o totalmente cristalina. Estos suelen ser mixtos, con una fase vítrea la cual es la responsable de la estética de la porcelana y la fase cristalina es la responsable de la resistencia. Así, dependiendo de la composición química y el porcentaje de cada uno de sus componentes, las cerámicas actuales se pueden clasificar en: feldespáticas, disilicato de litio, alúmina y circonita.<sup>13</sup>

Dentro de la composición de las coronas feldespáticas se encuentra el feldespato el cual es responsable de la translucidez, cuarzo que compone la fase cristalina, caolín que le proporciona plasticidad y disilicato de litio para mejorar la resistencia a la fractura. Coronas monolíticas son diseñadas a partir de proceso de control de nucleación y cristalización del vidrio a través del calor; dentro de sus beneficios está durabilidad en el tiempo, resistencia flexural de 360-400MPa, translucidez, tonalidad natural, baja resistencia al desgaste. Estas están indicadas en carillas,

---

<sup>12</sup> PATEL N. Contemporary dental CAD-CAM: modern chair side/lab applications and the future of computerized dentistry. EN: Compend contin educ dent. 2014;35(10):739-46.

<sup>13</sup> MARTÍNEZ R, PRADÍES R, SUÁREZ G, RIVERA G. Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección. EN: RCOE 2007;12(4):253- 263.



restauraciones individuales, además sobre un núcleo de óxido de circonio puede ser utilizado para puentes de 4 unidades.<sup>14,15</sup>

En dirección a la resistencia se obtiene que esta cerámica supera el valor límite de 100 MPa, establecido por la norma ISO 6872, registrado entre 100-300 MPa y una resistencia a la flexión de 350 MPa, estos están considerados dentro de los niveles bajos; por ello su uso está indicado en carillas, coronas individuales y tramos cortos hasta la zona de premolares. La clasificación de la resistencia para las coronas dentales, donde la divide en tres grupos: Baja resistencia (100-300 MPa): En el que se sitúan las porcelanas feldespáticas. - Resistencia moderada (300-700 MPa): Representado fundamentalmente por las aluminosas, aunque también se incluye a IPS Empress II e IPS Emax Press/CAD (Ivoclar). - Alta resistencia (por encima de 700 MPa): En el que quedarían encuadradas todas las cerámicas circoniosas.<sup>16</sup>

Como método de fabricación de estas coronas se encuentra bajo sistema de inyección en el cual se utiliza el Emax Press y técnica CAD-CAM que utiliza Emax CAD.

---

<sup>14</sup> IVOCCLAR VIVADENT AG. Milled lithium disilicate all-ceramic restorations from your laboratory.

EN: Ivoclar Vivadent AG, 2016

<sup>15</sup> IVOCCLAR VIVADENT AG. Pressed lithium disilicate all-ceramic restorations from your laboratory.

EN: Ivoclar Vivadent AG, 2016.

<sup>16</sup> ERIKA P. JULIO E. FEDERICO L. JUNES V. Comparación de la resistencia de tres sistemas cerámicos en tramos protésicos fijos anteriores análisis por elementos finitos. EN: Rev fac odontol univ antioq 2013; 25(1): 44-75.

El sistema de inyección desarrollada por Carder en el año 1930, inicialmente con objetos de vidrio, es basado en la confección de un patrón en cera que luego es revestido en un cilindro donde pasa a proceso de desencerado. A continuación, se calienta la cerámica (que se presenta en forma de pastillas) hasta su punto de fusión. El paso del material hacia el interior del cilindro se realiza por inyección, en donde un pistón va empujando la cerámica fluida hasta el molde. Diversos estudios han demostrado que este procedimiento aumenta la resistencia de la cerámica porque disminuye la porosidad y proporciona una distribución más uniforme de los cristales en el seno de la matriz.

Tecnología CAD-CAM (Computer Aid Design - Computer Aid Machining) se utilizó inicialmente para la fabricación de coronas individuales combinadas con infraestructuras de titanio recubiertas de porcelanas de baja fusión. El uso de esta técnica empezó a mitad de 1940 para aplicaciones de diseño industrial y de ingeniería; en el área dental se encuentra desde hace 30 años y se han publicado numerosos estudios in vitro documentando su eficiencia clínica y la durabilidad de las restauraciones en cavidad oral. Los beneficios que este ofrece es alta precisión, protocolo de fabricación simple y mínima intervención humana.<sup>17</sup>

CAD-CAM Es un método rápido y cómodo, controlado por ordenador; consta de tres fases: digitalización, diseño y mecanizado. Se realiza una digitación tridimensional a través de un escáner, estos datos son transferidos a un ordenador

---

<sup>17</sup> IVOCLAR VIVADENT. IPS e.max. Scientific Report, EN: Ivoclar vidadent 2011;02:2001-2013

donde luego se procede al fresado automático. Los sistemas más representativos son Cerec® (Sirona), Procera® (Nobel Biocare), Lava® (3M Espe), DCS® (DCS), Cercon® (Dentsply), Everest® (Kavo), Hint-Els® (Hint-Els) <sup>18,19</sup>

Al comparar estos dos métodos de fabricación, según la evidencia encontrada se puede determinar que la resistencia a la fractura de ambos materiales supera los 800 newtons de fuerza compresiva, siendo mayor el de las coronas fabricadas bajo método de inyección en un 11 % más restantes que las fresadas, según Ivoclar's Scientific. Estos resultados son argumentados con base a la matriz cristalina de ambos materiales utilizados, Emax Press tiene un micro estructura de cristal extendida que es más larga que la estructura cristalina en la Emax Versión CAD, brindándole resistencia superior. Debido al fresado al que debe ser sometido el Emax CAD este debe tener una estructura menor.<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> MARTÍNEZ R, PRADÍES R, SUÁREZ G, RIVERA G. Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección. EN: RCOE 2007;12(4):253- 263.

<sup>19</sup> MARIA A, JOSÉ P, IGNACIO G. Características generales y propiedades de las cerámicas sin meta. EN: RCOE 2003;8 (5): 525-546.

<sup>20</sup> ROLAND. E.max CAD Versus E.max Press - a comparison. EN: RDGA-DWX White paper 2014.

## 5. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una investigación *In vitro* de tipo experimental.

**5.1 SELECCIÓN DE MUESTRA ESTIMADA:** para la realización del estudio se fabricaron un total de 20 coronas dentales, las cuales se dividieron en dos subgrupos según el método de fabricación implementado. El primero fue de 10 coronas inyectadas y el segundo de 10 coronas bajo tecnología CAD-CAM.<sup>21</sup>

**5.2 PREPARACIÓN DEL MUÑÓN:** Se implementó el uso de un primer molar permanente inferior no vital, el cual fue tallado con las medidas establecidas para la adaptación de una corona totalmente cerámica: cara oclusal 2mm, caras libres y proximales de 1.5mm y zona cervical de 0.8mm, con una terminación en chamfer. Se procedió a empotrar el molar tallado en un bloque de acrílico de 3cm x 3cm como base.<sup>22</sup>

**5.3 DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LAS CORONAS:** se dividió en etapas. Primera etapa: impresión digital del primer molar inferior previo al tallado, con un escáner óptico (Omniscam- Sirona-Besheim-Alemania) para obtener la anatomía ideal de las coronas individuales. Segunda etapa: escaneo del muñón del primer molar inferior para el diseño de las coronas individuales. Tercera etapa: diseño de las 20 coronas estandarizadas con el software InLab (Sirona, Besheim, Alemania);

---

<sup>21</sup> OILO M, KVAM K, GJERDET NR. Simulation of clinical fractures for three different all-ceramic crowns. EN: Eur J Oral Sci. 2014 Jun;122(3):245-50. doi: 10.1111/eos.12128. Epub 2014 Apr 4.

<sup>22</sup> ZESEWITZ T, KNAUBER A, NOTHDURFT F. Fracture resistance of a selection of full-contour all-ceramic crowns: An in vitro study. EN: Int J Prosthodont 2014; 27: 264-266.

una vez que el software superpuso la corona sobre el muñón, se verificó que toda la superficie de esta tuviera el grosor mínimo de 2mm, posterior a esto se ordenó el fresado de 20 coronas.

El primer grupo de 10 coronas Emax CAD LT (Ivoclar vivadent, Schaan, Liechtenstein), las cuales posteriormente pasaron a un proceso de cocción de cristalización junto al glaseado, este fue hecho con pasta IPS Emax CAD Crystall/Glaze(Ivoclar vivadent, Schaan, Liechtenstein) en el horno de inyección y cristalización EP 5000(Ivoclar vivadent). Las 10 coronas del segundo grupo fueron fresadas en Telio CAD PMMA (Sirona).<sup>23,24,25</sup>

**5.4 TEST DE COMPRESIÓN:** Las coronas y el análogo de pilar son llevadas al laboratorio de interfacultades de ensayos mecánicos de la Universidad Nacional de Colombia; Las muestras se sometieron a una fuerza compresiva y progresiva para analizar el límite de fractura de éstos elementos.<sup>26,27</sup>

---

<sup>23</sup> CARLOS C, JAIVER D. CAD-CAM restorations system and ceramics: a review. EN: Rev Fac Odontol Univ Antioq 2010; 22(1): 88-108.

<sup>24</sup> DANIEL B, ERNESTO V. Uso de Coronas Sistema CAD-CAM en Implantes Osteointegrados. EN: Rev. med. clin. condes - 2014; 25(1) 158-165.

<sup>25</sup> MARIA J, FERNANDO S, ESTEFANIA R. Comparación de la Precisión Marginal de Cofias de Zirconia Entre los Sistemas CAD-CAM Cerec InLab(Sirona), CAD-CAM Zirkonzahn (Zirkonzahn) y Sistema Pantografico Zirkograph 025 ECO(Zirkonzahn). EN: Revista Odontológica Mexicana 2015;19 (4): 240-245.

<sup>26</sup> LINA B, LEIDY G, DIANA N, MONICA M. Comparación de la Resistencia Compresiva de Coronas en Dos Materiales De Cerámica Vitrea: Disilicato y Silicato. EN: Revista Colombiana de Investigación en Odontología, 2016 Jan, 6(16), 8-15.

<sup>27</sup> JAN-OLE C, MILIA A, MATTHIAS K. Dynamic fatigue and fracture resistance of non-retentive all-ceramic full-coverage molar restorations. Influence of ceramic material and preparation design. EN: Dent Mater. 2010 Jun;26(6):533-8.

Para la aplicación de esta fuerza se realizó en la máquina universal de ensayo marca Shimadzu®; utilizando una punta cilíndrica de extremo redondeado con un diámetro de 3mm, colocado en la fosa funcional a manera de trípode; con una velocidad de 1mm/min hasta conseguir la fractura completa de las coronas, colocando como límite de fuerza 5kN.<sup>28,29</sup>

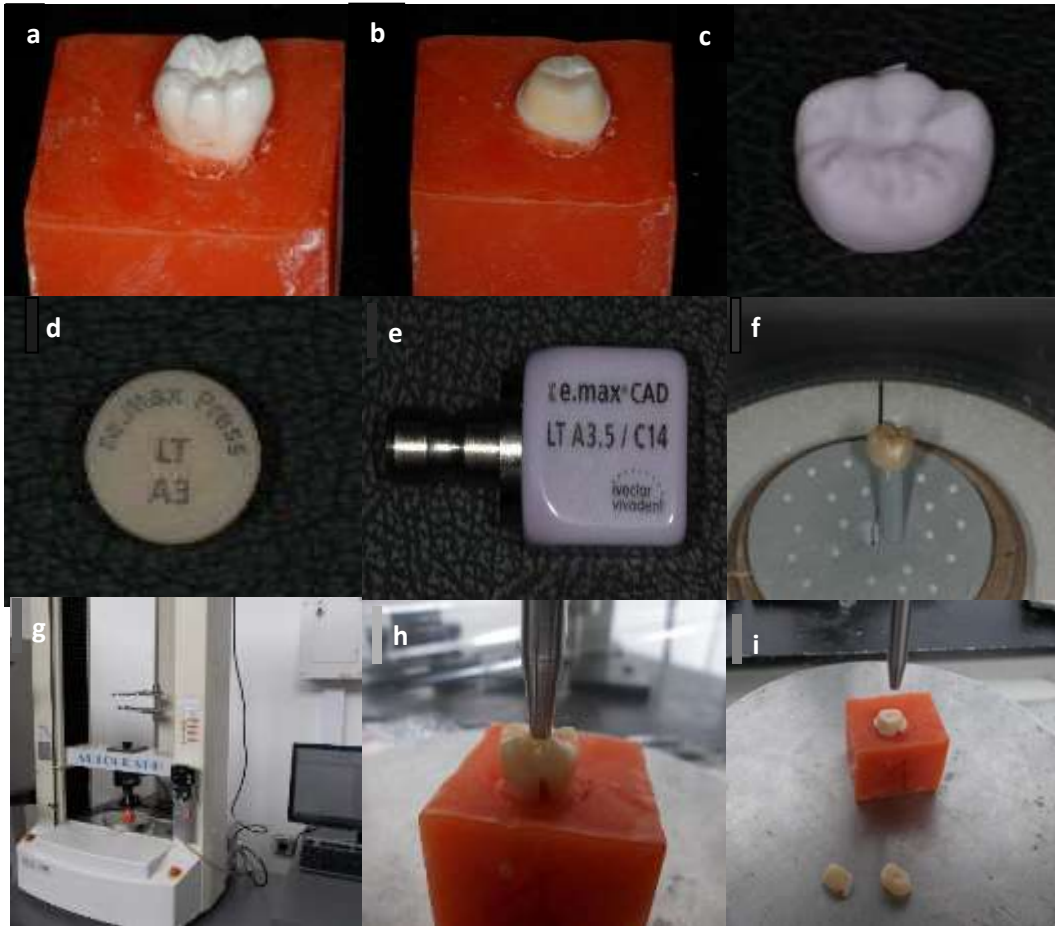
**5.5 ANÁLISIS Y RECOLECCIÓN DE DATOS:** La recolección de datos se realizó mediante el software TRAPEZIUM X (Shimadzu), estos datos fueron organizados en dos tablas correspondientes a cada subgrupo en el programa Excel. Como pruebas estadísticas se aplicó Shapiro Wilk, para observar la característica de distribución de los datos, y prueba no paramétrica Mann Whitney correspondiente a muestras independientes para comparar la resistencia compresiva entre ambos grupos.<sup>30</sup>

---

<sup>28</sup> LINA B, LEIDY G, DIANA N, MONICA M. Comparación de la Resistencia Compresiva de Coronas en Dos Materiales De Cerámica Vitrea: Disilicato y Silicato. EN: Revista Colombiana de Investigación en Odontología, 2016 Jan, 6(16), 8-15.

<sup>29</sup> H.Y.CHOA, H.Y.WONA, H.C.CHOEB, M.K.SONC. Fracture Characteristics of Dental Ceramic Crown according to Zirconia Coping Design. EN: Procedia Engineering 2011, 10:1561–1566.

<sup>30</sup> ZESEWITZ T, KNAUBER A, NOTHDURFT F. Fracture resistance of a selection of full-contour all-ceramic crowns: An in vitro study. EN: Int J Prosthodont 2014; 27: 264-266.



**Figura 1:** protocolo de preparación del muñón y coronas de disilicato de litio, tanto Inyectadas y fresadas. (a) Primer molar inferior para diseño de muñón. (b) Molar tallado, siguiendo todos los parámetros señalados en la metodología. (c) Corona de Metasilicato de litio saliendo del proceso de fresado antes de pasar por el proceso de cristalización. (d) Pastilla de Emax Press LT A3. (e) bloque para fresado de Emax CAD LT A3.5. (f) Corona de Emax Press saliendo del horno EP5000 del proceso de Inyectado. (g-h) Muestra sometida a cargas compresivas en máquina de ensayos universal. (i) Muestra fracturada luego de ser sometida a cargas compresivas.

## 6. RESULTADOS

Se evaluó la resistencia a la fractura de 20 coronas dentales individuales, utilizando disilicato de litio bajo dos métodos de fabricación; las muestras se dividieron en dos grupos de 10 coronas denominados con el nombre de: coronas CAD-CAM (grupo A) y coronas inyectadas (grupo B).

Se procedió a la carga de todas las muestras en una máquina de ensayo universal hasta lograr la fractura máxima para la evaluación de la resistencia de ambos grupos, la cual se midieron en megapascales (MPa).

Se obtuvo que los valores de cada grupo muestral seguían una distribución normal mediante el test de Shapiro Wilk, el grupo de coronas fresadas arroja unos valores de comportamiento homogéneo y el grupo de coronas inyectadas arroja unos valores heterogéneos, lo que indica que el límite a fractura es mayor en el grupo de inyectadas.



**Tabla 1.** Resultados de análisis descriptivo de coronas fresadas

| CORONAS CAD-CAM     |       |
|---------------------|-------|
| Media (x)           | 854,6 |
| Mediana             | 854,8 |
| Desviación estándar | 141,1 |
| Mínimo              | 602,5 |
| Máximo              | 1093  |
| percentil 25%       | 761,7 |
| Percentil 75%       | 956,6 |
| Std. error          | 44,63 |

**Tabla 2.** Resultados de análisis descriptivo de coronas inyectadas

| CORONAS INYECTADAS  |       |
|---------------------|-------|
| Media (x)           | 1182  |
| Mediana             | 1200  |
| Desviación estándar | 358,9 |
| Mínimo              | 525,2 |
| Máximo              | 1773  |
| percentil 25%       | 898   |
| Percentil 75%       | 1408  |
| Std. error          | 113,5 |

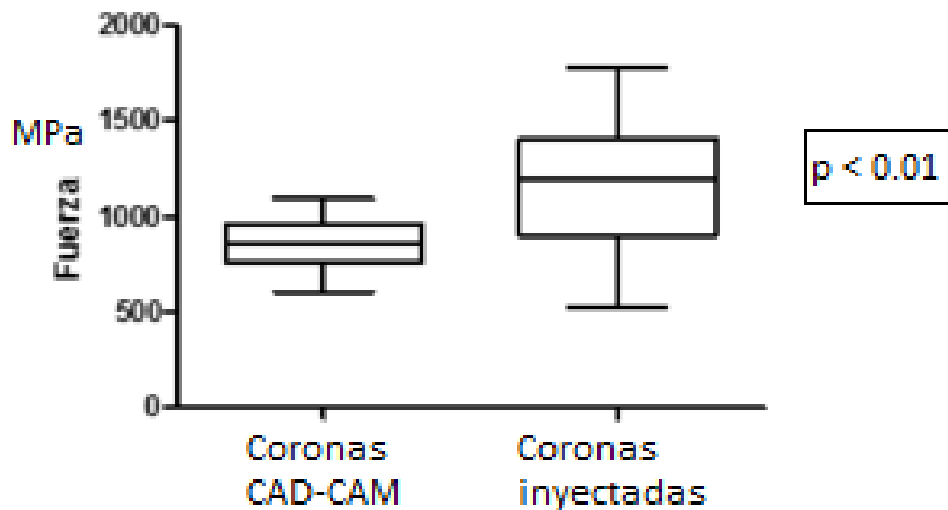
Dado el cumplimiento del criterio anterior, se realizó un análisis de datos de manera comparativa con la prueba no paramétrica de Mann Whitney; los valores obtenidos se muestran en la tabla 3

**Tabla 3.** Resultados de comparación de ambos grupos de coronas individuales.

| TABLA COMPARATIVA   | CORONAS CAD-CAM | CORONAS INYECTADAS |
|---------------------|-----------------|--------------------|
| MEDIA (X)           | 854,6           | 1182               |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | 141,1           | 358,9              |
| VALOR DE P          | 0,01            |                    |

En cuanto a la resistencia a la fractura entre los dos materiales sometidos a la prueba se encontró diferencias estadísticamente significativas en las medianas entre los dos grupos; el grupo A correspondiente a coronas CAD-CAM y grupo B a coronas inyectadas con un valor de  $p < 0.01$ .

Las coronas que mostraron mayor resistencia a la fractura fueron las del grupo B (inyectadas) como muestra el siguiente gráfico:



**Figura 2:** Comparación entre las fuerzas soportadas por los dos tipos de coronas.

## 7. DISCUSIÓN

En este estudio se comparó la resistencia a la fractura de coronas de disilicato de litio elaboradas bajo dos métodos de fabricación; el primer grupo de coronas se manejó de manera análoga, el segundo con diseño y fabricación por ordenador (CAD-CAM). Francisco M. y cols.<sup>31</sup> Lleva a cabo la comparación de la resistencia a la fractura de coronas de disilicato de litio fabricadas bajo tecnología CAD-CAM y de manera análoga, usó abutments personalizados para el sector anterior y coronas para un central superior, la resistencia del disilicato de Litio fue de  $558.5 \pm 35$  la cual es superior a las fuerzas ejercidas en el sector anterior. Se tomó un primer molar inferior para ser utilizado como pilar para adaptar las coronas dispuestas como muestras, debido a que en la zona de primeros molares se registra la mayor carga a las fuerzas masticatorias. Daniel B. y cols.<sup>32</sup> Refieren que la fuerza máxima promedio de mordida voluntaria en la región de molares es de 79 Kg, fuerza que equivale a 774,2 N fuerza; Nishigawa K y Cols.<sup>33</sup> Determinaron que en procesos de bruxismo la fuerza máxima promedio nocturna de 42,3 kg equivalente a 414,54 N fuerza y la fuerza máxima registrada fue de 81 kg equivalente a 794.34 N, con una duración de 7 segundos.

---

<sup>31</sup> MARTINEZ RUS F, FERREIRA A, OZCAN M, BARTOLOME JF, PRADLES G. Fracture Resistance of Crowns Cemented on Titanium and Zirconia Implant Abutments: A Comparison of Monolithic Versus Manually Veneered All-Ceramic Systems. *EN: Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:1448–1455.

<sup>32</sup> DANIEL B, ERNESTO V. Uso de Coronas Sistema CAD-CAM en Implantes Osteointegrados. *EN: Rev. med. clin. condes - 2014; 25(1) 158-165.*

<sup>33</sup> NISHIGAWA K, BANDO E, NAKANO M. Quantitative study of bite force during sleep associated bruxism. *EN: J of Rehabilitation* 2001;28: 485-491.

Las dimensiones requeridas para el tallado dental del molar utilizado fueron: cara oclusal 2mm, caras libres y proximales de 1.5mm y zona cervical de 0.8mm, altura de muño de 7mm y con una terminación en chamfer; con esto evitar que el resultado final se viera afectado por algún punto de la metodología aplicada, con base a la información existente en varios estudios relacionados. Mohammed y cols.<sup>34</sup> Se utilizó un primer molar inferior como muestra, conservando las dimensiones establecidas para el tallado de un molar. H.Y.Cho y cols.<sup>35</sup> Se tuvo en cuenta la influencia de la altura del pilar y un ángulo de convergencia total de 6 grados, un chaflán profundo de 1,0 mm, altura de preparación de 5mm y reducción oclusal de 1,5-2,0 mm.

Para la aplicación de la carga compresiva se implementa una máquina de ensayos universal marca Shimadzu, con carga de celda de 5kN a una velocidad de 1mm/min hasta obtener la fractura de las coronas de la muestra; como resultado el grupo de coronas diseñadas bajo el método análogo se obtuvo una media de 1182 newtons y en las coronas manejadas con tecnología CAD-CAM una media de 854.6 newtons, determinando así una diferencia significativa ( $P= 0,01$ ) entre ambos métodos; ambos grupos estuvieron por encima de los valores mínimos requeridos para un material restaurador en el sector posterior. Francisco M. y

---

<sup>34</sup> MOHAMMED Z, OMAR E, LAURA T, PHILIP W, YOAV F. Fracture Strength and Fatigue Resistance of All-Ceramic Molar Crowns Manufactured with CAD/CAM Technology. EN: J Prosthodont. 2008 Jul;17(5):370-7.

<sup>35</sup> H.Y.CHOA, H.Y.WONA, H.C.CHOEB, M.K.SONC. Fracture Characteristics of Dental Ceramic Crown according to Zirconia Coping Design. EN: Procedia Engineering 2011, 10:1561–1566.

cols.<sup>36</sup> Se realizó la comparación de coronas en distintos materiales cerámicos, dentro de este el disilicato de litio fabricado manualmente y fabricadas con tecnología CAD-CAM; diferencia significativa ( $P=0,05$ ) frente a la resistencia a la fractura. Daniel Bacigalupe y cols.<sup>37</sup> Al aplicar la fuerza compresiva sobre coronas cerámicas con propiedades similares a la implementada en la actual investigación y bajo fabricación con CAD-CAM se obtuvo una media de 1.579 newtons, siendo su valor máximo de resistencia a los 1.713,0N y valor mínimo de 1.457,4N, arrojando diferencias con los resultados de esta investigación, en el cual la media para coronas fresadas fue 854.6 newtons, siendo su valor máximo de resistencia a los 1093N y valor mínimo de 602,5N; la no cementación de las coronas en el ensayo generó diferencia significativa con el estudio referenciado; “El uso del sistema CAD-CAM permitió determinar el grosor homogéneo del elemento cementante ( $40\mu$ ) y la línea de cementación ( $20\mu$ ) dimensiones mínimas para este objetivo que a nuestro entender aporta significativamente a la resistencia de las coronas utilizadas”<sup>38</sup>. Majed Al-Akhalia y Cols.<sup>39</sup> Demostraron que las coronas cerámicas monolíticas de Emax CAD superaron fuerzas compresivas mayores de 900 N, y además refieren que se diferencia a las pruebas realizadas en el material

---

<sup>36</sup> MARTINEZ RUS F, FERREIRA A, OZCAN M, BARTOLOME JF, PRADLES G. Fracture Resistance of Crowns Cemented on Titanium and Zirconia Implant Abutments: A Comparison of Monolithic Versus Manually Veneered All-Ceramic Systems. EN: Int J Oral Maxillofac Implants 2012;27:1448–1455

<sup>37</sup> DANIEL B, ERNESTO V. Uso de Coronas Sistema CAD-CAM en Implantes Osteointegrados. EN: Rev. med. clin. condes - 2014; 25(1) 158-165.

<sup>38</sup> IVOCLAR VIVADENT. IPS e.max. Scientific Report, EN: Ivoclar vidadent 2011;02:2001-2013.

<sup>39</sup> MAJED A, MOHAMED S, ADHAM EL, ABDULAZIZ ST, MATTHIAS K. Fracture resistance of ceramic and polymer-based occlusal veneer restorations. EN: J Mech Behav Biomed Mater.2017;06:013

con métodos biaxiales flexurales en los cuales se dan resistencias mucho menores de 530N. Pascal Magne y Cols.<sup>40</sup> Realiza pruebas comprensivas similares; puso a prueba 10 coronas de Emax CAD y muestra que el 100% de las coronas resisten a fuerzas menores a 800N, el 80% resistió a fuerzas de 1000N, el 50% a fuerzas de 1200N y el 30% a fuerzas de 1400N.

Los resultados de este estudio muestran que la media en Newtons en la resistencia compresiva de ambos tipos de coronas monolíticas de disilicato de Litio se encuentra por encima de 800 N, siendo el de las coronas inyectadas 1182 N y el de las coronas fresadas de 854.8 N; Suzana V y Cols.<sup>41</sup> Registran la media de fuerza oclusal ejercida de manera voluntaria en personas con oclusión normal es de  $777.7 \pm 78$ N. Teniendo en cuenta esto una persona con una oclusión sana o patológica y completa no es capaz de fracturar una corona de Emax Press de forma voluntaria.

la aplicabilidad clínica de este estudio radica en conocer los métodos de fabricación que se poseen para la confección de coronas totalmente cerámicas, los cuales son confiables en cuanto al manejo del material generando así una resistencia a fuerzas masticatorias superiores a las registradas. el uso de la tecnología CAD-CAM brinda un tiempo menor de diseño y fabricación de coronas, reduce también el margen de error que pueda presentarse durante el diseño.

---

<sup>40</sup> PASCAL M, LUÍS H, HAMILTON P, LUIZ NARCISO. In vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. EN: J Prosthet Dent 2010;104:149-157.

<sup>41</sup> SUZANA V, STJEPAN S, MARINA L, SANDRA A, SENKA M, MLADEN S. Maximum voluntary molar bite force in subjects with normal occlusion. EN: Eur J Orthod. 2011 Aug;33(4):427-33.

Irena S. y cols.<sup>42</sup> Hace referencia que el tiempo de trabajo del laboratorio utilizando el sistema CAD-CAM es significativamente más corto que en un convencional, también indican que la calidad de las coronas después de la fabricación bajo CAD-CAM y análogamente no difieren.

De acuerdo con los estudios realizados por Ivoclar, el material Emax Press es un 11% más fuerte que el Emax CAD, haciendo de ambas las cerámicas de disilicato de Litio más fuertes en el mercado de hoy. Emax Press está compuesto por una estructura de micro cristales los cuales son más largos y anchos que la matriz cristalina de Emax CAD; esto produciendo que Emax Press tenga una dureza superior al Emax CAD. La estructura cristalina más corta se da debido a la necesidad del fresado anterior a la cristalización final.<sup>43,44,45</sup>

---

<sup>42</sup> IRENA S, GORAN B, VINCENT F, CHRISTOPH H, CHRISTOPH H, SVEN M. Randomized controlled within-subject evaluation of digital and conventional workflows for the fabrication of lithium disilicate single crowns. Part II: CAD-CAM versus conventional laboratory procedures. EN: J Prosthet Dent 2017;118:43-48.

<sup>43</sup> 9. IVOCLAR VIVADENT AG. Emax CAD, instrucciones de uso laboratorio. EN: Ivoclar Vivadent AG, 2009.

<sup>44</sup> PATEL N. Contemporary dental CAD-CAM: modern chair side/lab applications and the future of computerized dentistry. EN: Compend contin educ dent. 2014;35(10):739-46.

<sup>45</sup> IVOCLAR VIVADENT. IPS e.max. Scientific Report, EN: Ivoclar vivadent 2011;02:2001-2013.

## **8. CONCLUSIÓN**

La resistencia compresiva de ambos métodos de fabricación superaron los estándares establecidos en las fuerzas masticatorias, haciéndose aceptables para su uso; sin embargo las coronas bajo diseño y fabricación por vía análoga presentaron una diferencia estadísticamente significativa, la resistencia a la fractura fue superior a las coronas fabricadas por vía CAD CAM.

Clínicamente la vía de fabricación no influye en el resultado tanto estéticamente como en las propiedades mecánicas pero a nivel del proceso de laboratorio la vía digital es mucho más rápida y eficaz.



## 9. RECOMENDACIONES

Incrementar la muestra para superar los estándares internacionales.

Realizar estudios similares *in vitro* de coronas de Zirconio estratificadas con Emax Ceram, debido a que este tipo de restauraciones son comúnmente utilizadas.

Realizar estudios *in vivo* longitudinales de restauraciones ya cementadas en boca tanto en el sector anterior, premolar y molar para así evaluar la duración y el comportamiento de este tipo de restauraciones teniendo en cuenta su antagonista.

Realizar estudios con microscopía electrónica en el interior de las coronas después de haber sido tratadas las superficies con ácido fluorhídrico, debido a que se ha reportado la capacidad de generar micro fracturas en el material.

## 10. BIBLIOGRAFIA

CARLOS C, JAIVER D. CAD-CAM restorations system and ceramics: a review. EN: Rev Fac Odontol Univ Antioq 2010; 22(1): 88-108.

DANIEL B, ERNESTO V. Uso de Coronas Sistema CAD-CAM en Implantes Osteointegrados. EN: Rev. med. clin. condes - 2014; 25(1) 158-165.

EDWARD A. MCLAREN & RUSSELL GIORDANO. Ceramics overview: Classification by microstructure and processing methods. EN: Cosmetic Dentistry. 2014;01:26-34.

ERIKA P. JULIO E. FEDERICO L. JUNES V. Comparación de la resistencia de tres sistemas cerámicos en tramos protésicos fijos anteriores análisis por elementos finitos. EN: Rev fac odontol univ antioq 2013; 25(1): 44-75.

H.Y.CHOA, H.Y.WONA, H.C.CHOEB, M.K.SONC. Fracture Characteristics of Dental Ceramic Crown according to Zirconia Coping Design. EN: Procedia Engineering 2011, 10:1561–1566.

IRENA S, GORAN B, VINCENT F, CHRISTOPH H, CHRISTOPH H, SVEN M. Randomized controlled within-subject evaluation of digital and conventional workflows for the fabrication of lithium disilicate single crowns. Part II: CAD-CAM versus conventional laboratory procedures. EN: J Prosthet Dent 2017;118:43-48.

IVOCLAR VIVADENT AG. Emax CAD, instrucciones de uso laboratorio. EN: Ivoclar Vivadent AG, 2009.

IVOCLAR VIVADENT AG. Milled lithium disilicate all-ceramic restorations from your laboratory. EN: Ivoclar Vivadent AG, 2016

IVOCLAR VIVADENT AG. Pressed lithium disilicate all-ceramic restorations from your laboratory. EN: Ivoclar Vivadent AG, 2016.

IVOCLAR VIVADENT. IPS e.max. Scientific Report, EN: Ivoclar Vivadent 2011;02:2001-2013.

JAN-OLE C, MILIA A, MATTHIAS K. Dynamic fatigue and fracture resistance of non-retentive all-ceramic full-coverage molar restorations. Influence of ceramic material and preparation design. EN: Dent Mater. 2010 Jun;26(6):533-8.

JOSE P, MARIA A, PEDRO G. Técnica y sistemática de la preparación y construcción de carillas de porcelana. EN: RCOE 2003;8(6):647-668.

LINA B, LEIDY G, DIANA N, MONICA M. Comparación de la Resistencia Compresiva de Coronas en Dos Materiales De Cerámica Vitrea: Disilicato y Silicato. EN: Revista Colombiana de Investigación en Odontología, 2016 Jan, 6(16), 8-15.

MAJED A, MOHAMED S, ADHAM EL, ABDULAZIZ ST, MATTHIAS K. Fracture resistance of ceramic and polymer-based occlusal veneer restorations. EN: J Mech Behav Biomed Mater.2017;06:013

MARIA A, JOSÉ P, IGNACIO G. Características generales y propiedades de las cerámicas sin meta. EN: RCOE 2003;8 (5): 525-546.

MARIA J, FERNANDO S, ESTEFANIA R. Comparación de la Precisión Marginal de Cofias de Zirconia Entre los Sistemas CAD-CAM Cerec InLab(Sirona), CAD-CAM Zirkozahn (Zirkozahn) y Sistema Pantografico Zirkograph 025 ECO(Zirkozahn). EN: Revista Odontológica Mexicana 2015;19 (4): 240-245.

MARTÍNEZ R, PRADÍES R, SUÁREZ G, RIVERA G. Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección. EN: RCOE 2007;12(4):253- 263.

MARTINEZ RUS F, FERREIRA A, OZCAN M, BARTOLOME JF, PRADLES G. Fracture Resistance of Crowns Cemented on Titanium and Zirconia Implant Abutments: A Comparison of Monolithic Versus Manually Veneered All-Ceramic Systems. EN: Int J Oral Maxillofac Implants 2012;27:1448–1455.

MOHAMMED Z, OMAR E, LAURA T, PHILIP W, YOAV F. Fracture Strength and Fatigue Resistance of All-Ceramic Molar Crowns Manufactured with CAD/CAM Technology. EN: J Prosthodont. 2008 Jul;17(5):370-7.

NISHIGAWA K, BANDO E, NAKANO M. Quantitative study of bite force during sleep associated bruxism. EN: J of Rehabilitation 2001;28: 485-491.

OILO M, KVAM K, GJERDET NR. Simulation of clinical fractures for three different all-ceramic crowns. EN: Eur J Oral Sci. 2014 Jun;122(3):245-50. doi: 10.1111/eos.12128. Epub 2014 Apr 4.

PASCAL M, LUÍS H, HAMILTON P, LUIZ NARCISO. In vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. EN: J Prosthet Dent 2010;104:149-157.

PATEL N. Contemporary dental CAD-CAM: modern chair side/lab applications and the future of computerized dentistry. EN: Compend contin educ dent. 2014;35(10):739-46.

ROLAND. E.max CAD Versus E.max Press - a comparison. EN: RDGA-DWX White paper 2014.

SUK-HO KANG, JUHEA CHANG, HO-HYUN SON. Flexural strength and microstructure of two lithium disilicate glass ceramics for CAD/CAM restoration in the dental clinic. EN: Restor Dent Endod. 2013 Aug; 38(3): 134–140.

SUZANA V, STJEPAN S, MARINA L, SANDRA A, SENKA M, MLADEN S. Maximum voluntary molar bite force in subjects with normal occlusion. EN: Eur J Orthod. 2011 Aug;33(4):427-33.

ZESEWITZ T, KNAUBER A, NOTHDURFT F. Fracture resistance of a selection of full-contour all-ceramic crowns: An in vitro study. EN: Int J Prosthodont 2014; 27: 264-266.

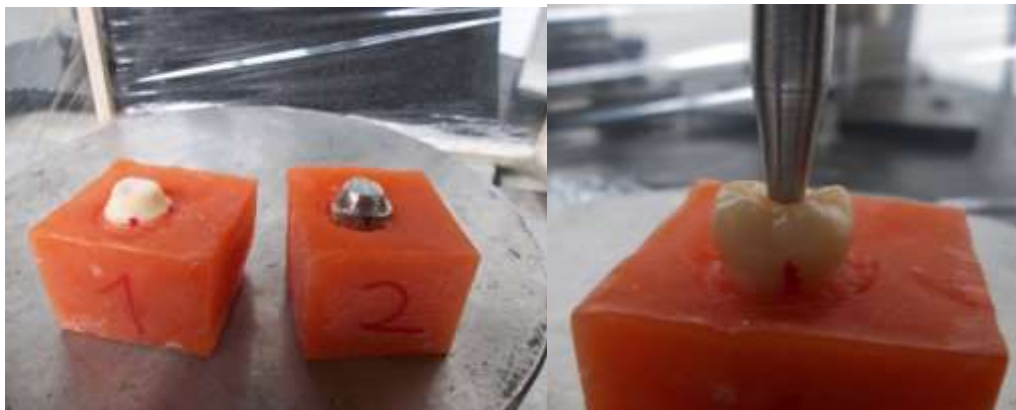
## ANEXOS

### ANEXO 1. REGIDTRO FOTOGRAFICO DEL INFORME DEL ENSAYO

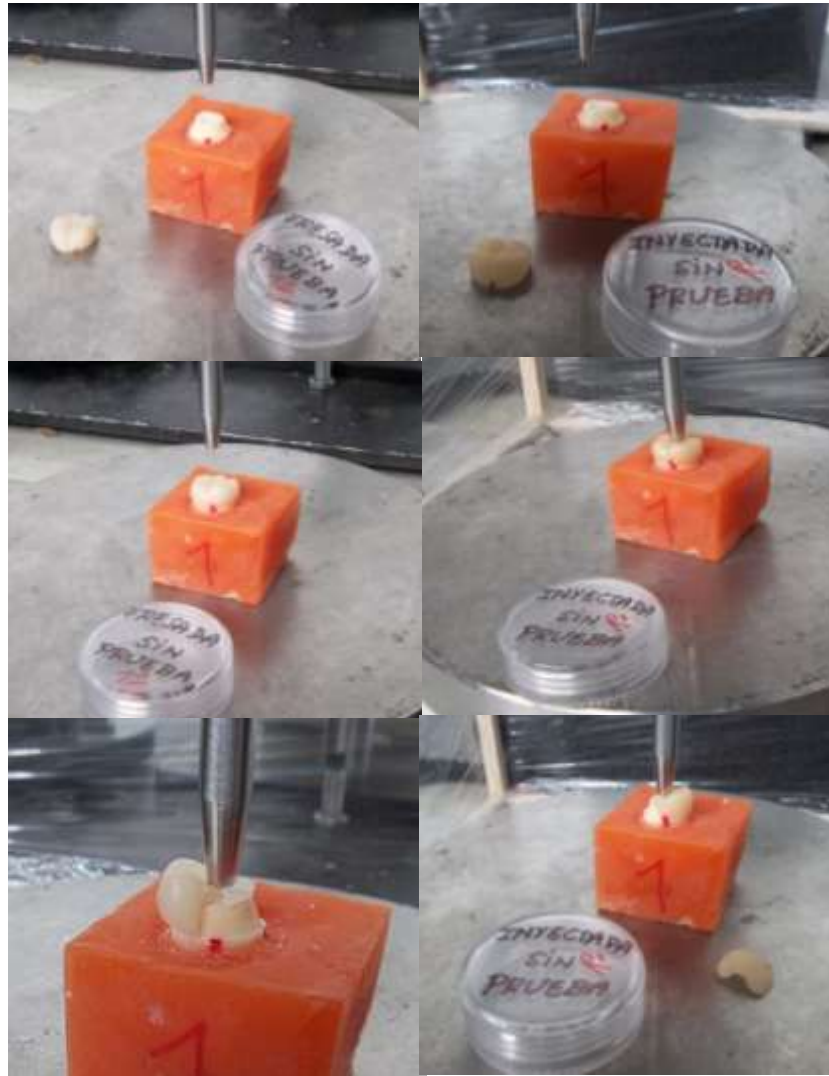
Máquina de ensayos universal marca Shimadzu® utilizada para ejercer la fuerza compresiva:



Muñones y punta redonda para prueba de ensayo:



Fotografías de posicionamiento de coronas y fractura posterior a la fuerza compresiva ejercida:



## ANEXO 2. BASE DE DATOS DE RESULTADOS DE PRUEBA DE ENSAYOS

| Coronas fresadas    | Máxima Fuerza Registrada |
|---------------------|--------------------------|
| FSP-1               | 839.4                    |
| FSP-2               | 1092.8                   |
| FSP-3               | 940.6                    |
| FSP-4               | 773.3                    |
| FSP-5               | 952.8                    |
| FSP-6               | 726.7                    |
| FSP-7               | 967.8                    |
| FSP-8               | 870.2                    |
| FSP-9               | 602.5                    |
| FSP-10              | 779.4                    |
| Promedio            | 854.5                    |
| Desviación Estándar | 141.1                    |

| Coronas inyectadas  | Máxima Fuerza Registrada |
|---------------------|--------------------------|
| ISP-1               | 525.2                    |
| ISP-2               | 1121.3                   |
| ISP-3               | 1262.5                   |
| ISP-4               | 1257.7                   |
| ISP-5               | 1596.1                   |
| ISP-6               | 1772.5                   |
| ISP-7               | 1345.9                   |
| ISP-8               | 899.7                    |
| ISP-9               | 1141.7                   |
| ISP-10              | 892.7                    |
| Promedio            | 1181.5                   |
| Desviación Estándar | 358.9                    |