



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
 FACULTAD DE MEDICINA  
 ESPECIALIDAD EN REHABILITACIÓN BUCAL



“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA FRACTURA ENTRE DOS CERÁMICAS HÍBRIDAS CAD/CAM: VITA ENAMIC VS CERASMART”

*IN VITRO*

**Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la Especialidad en REHABILITACIÓN BUCAL

**Presenta:**

L.C.D Gisella Irais Bartolo Velasco

**Dirigido por:**

M en C Carlos Gonzalo Sánchez Marín

M EN C CARLOS GONZALO SÁNCHEZ MARÍN  
**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_

C.D.E.P ROSA MARÍA SÁNCHEZ AYALA  
**SECRETARIO**

\_\_\_\_\_

D. EN E. SANTIAGO ANDARACUA GARCÍA  
**VOCAL**

\_\_\_\_\_

C.D.E.O HECTOR MANCILLA HERRERA  
**SUPLENTE**

\_\_\_\_\_

DRA. CLAUDIA VERONICA CABEZA CABRERA  
**SUPLENTE**

\_\_\_\_\_

Centro Universitario, Querétaro, Qro.  
 Noviembre 2022, México.



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales  
de Información



“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA  
FRACTURA ENTRE DOS CERÁMICAS HÍBRIDAS  
CAD/CAM: VITA ENAMIC VS CERASMART” IN VITRO

**por**

Gisella Irais Bartolo Velasco

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons  
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0  
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

**Clave RI:** MEESN-275392

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN:** Durante los últimos años la alta exigencia por realizar tratamientos protésicos de alta calidad y durabilidad, ha despertado el interés de diferentes casas comerciales por investigar y desarrollar nuevos materiales que reúnan estas características, sumándole otras propiedades tales como: estética, dureza, translucidez, etc. Se han creado cerámicas que brindan alta estética y se les han combinado con diferentes polímeros y resinas que brinden una alta resistencia, tal es el caso de las cerámicas híbridas, infiltradas con polímeros o resinas también llamadas nanocerámicas.

**OBJETIVO:** Determinar cual de los dos tipos de cerámicas híbridas CAD/CAM, vita enamic (VITA) o cerasmart (GC) posee mayor resistencia a la fractura.

**MATERIAL Y MÉTODOS:** Estudio comparativo, experimental *in vitro*, se analizaron 45 barras de cerámicas CAD/CAM con las siguientes medidas, según la ISO 6872 para cerámicas dentales (14mm largo x 4mm ancho x 1.2 mm grosor), estas a su vez se dividieron en 3 grupos: 15 de Cerasmart (GC DENTAL), 15 de Vita enamic (VITA) y 15 de IPS E.max CAD (IVOCLAR), estas últimas se tomaron para un grupo control. Se comparó la resistencia a la flexión hasta la fractura mediante un análisis descriptivo de varianza (ANOVA) y una comparación estadística múltiple de Tukey.

**RESULTADOS:** Los datos obtenidos demostraron que IPS.Emax CAD, supera la resistencia a la flexión, comparándolas con Cerasmart y vita enamic, al ser una cerámica de matriz vítrea en su totalidad. Cerasmart y Vita enamic consideradas híbridas, mostraron variancia significativa entre 232Mpa y 187.32 Mpa.

**CONCLUSIONES:** Cerasmart fue superior a Vita Enamic, demostrando que las cerámicas pueden variar por su composición y porcentajes de relleno, de ahí la importancia de tener el conocimientos sobre cual sería la mejor cerámica a utilizar, dependiendo del caso de cada paciente. Ya que ambas poseen diferentes propiedades ópticas, químicas y físicas.

**PALABRAS CLAVE:** Cerámicas híbridas CAD/CAM, resistencia a la fractura (flexión).

## SUMMARY

**INTRODUCTION:** In recent years, the high demand for high-quality and durable prosthetic treatments has aroused the interest of different commercial houses to investigate and develop new materials that meet these characteristics, adding other properties such as: aesthetics, hardness, translucency, etc. Ceramics have been created that provide high aesthetics and have been combined with different polymers and resins that provide high resistance, such is the case of hybrid ceramics, infiltrated with polymers or resins, also called nanoceramics.

**OBJECTIVE:** To determine which of the two types of CAD/CAM hybrid ceramics, vita enamic (VITA) or cerasmart (GC) has greater resistance to fracture.

**MATERIAL AND METHODS:** Comparative, experimental in vitro study, 45 CAD/CAM ceramic bars were analyzed with the following measurements, according to ISO 6872 for dental ceramics (14mm long x 4mm wide x 1.2mm thick), these in turn were divided in 3 groups: 15 of Cerasmart (GC DENTAL), 15 of Vita enamic (VITA) and 15 of IPS Emax CAD (IVOCLAR), the latter were taken for a control group. Flexural strength to fracture was compared using a descriptive analysis of variance (ANOVA) and Tukey's multiple statistical comparison.

**RESULTS:** The data obtained showed that IPS.Emax CAD exceeds the resistance to flexion, comparing them with Cerasmart and vita enamic, as it is a ceramic with a vitreous matrix in its entirety. Cerasmart and Vita enamic considered hybrids, showed significant variance between 232Mpa and 187.32 Mpa.

**CONCLUSIONS:** Cerasmart was superior to Vita Enamic, demonstrating that ceramics can vary due to their composition and filling percentages, hence the importance of having knowledge about which would be the best ceramic to use, depending on the case of each patient. Since both have different optical, chemical and physical properties.

**KEY WORDS:** CAD/CAM hybrid ceramics, resistance to fracture (flexion).

## **DEDICATORIAS**

Dedico esta tesis primeramente a Dios, quien ha sido mi guía durante estos años.

A mis padres, quienes me han apoyado y alentado en cada proyecto y decisión para poder seguir adelante personal y profesionalmente, sin su ayuda esto no sería posible.

A mis hermanos, que me motivan a seguir adelante, y a exigirme un poco más.

A mis compañeros que sin duda se volvieron parte de mi familia con su amistad incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi director de tesis, al Maestro en Ciencias Carlos Gonzalo Sánchez Marín por su ayuda durante la realización de la tesis, revisando a detalle el proyecto y la presentación del mismo.

A los profesores que me han dedicado tiempo y conocimientos durante clínica, clases teóricas, prácticas y en todo el transcurso de la especialidad.

A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. En especial al ingeniero responsable del laboratorio de nanomateriales UASLP, Martín Ulises Gutiérrez Martínez, por su apoyo y asesoramiento durante el estudio.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por abrirme sus puertas y formar parte de esta gran institución.

## INDICE

RESUMEN.....	i
SUMMARY .....	ii
DEDICATORIAS.....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
INDICE .....	v
INDICE DE TABLAS.....	vii
ABREVIATURAS.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES .....	3
III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
III.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES PARA CAD/CAM .....	7
III.1.1 NANOCERÁMICAS.....	7
III.1.2 CERÁMICA INFLITRADA CON VIDRIO .....	8
IV. HIPÓTESIS .....	11
IV.1 Hipótesis de trabajo .....	11
IV.2 Hipótesis nula .....	11
V. OBJETIVOS .....	12
V.1 GENERAL.....	12
V.2 ESPECÍFICOS.....	12
VI. MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
VI.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	13
VI.2 UNIVERSO .....	13

VI.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	13
VI.3.1 VARIABLES ESTUDIADAS.....	14
V.4 PROCEDIMIENTOS.....	16
V.4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	18
VII. RESULTADOS.....	19
VIII. DISCUSIÓN.....	23
IX. CONCLUSIONES.....	25
X. BIBLIOGRAFÍA.....	26

## INDICE DE TABLAS

*Tabla 1* Composición Química de las cerámicas CAD/CAM estudiadas

*Tabla 2* Variables dependientes e independientes

*Tablas 3, 3.1 y 3.2* Recolección de datos por cada grupo de cerámicas

*Tabla 4* Comparación in vitro de la resistencia a la flexión de las cerámicas CAD/CAM

*Tabla 5* Prueba de comparación múltiple de Tukey de las tres cerámicas CAD/CAM

## ABREVIATURAS

**Al** Aluminio

**a.C** Antes de cristo

**ANOVA** Análisis de la varianza

**Bis-MEEP** Bis 4-metacriloxipolietoxifenil propano

**CAD/CAM** Computer-Aided Design / Computer-Aided manufacturing

**CES** Cerasmart

**DMA** dimetacrilato

**ENA** Enamic

**EMP** Empress

**GC** Dental Equipment Corporation

**hrs.** Horas

**IPS EMP** Cerámica vítrea de disilicato de litio para la técnica de inyección

**IPS Emax CAD** Cerámica vítrea de disilicato de litio para la técnica CAD/CAM

**ISO** Organización internacional para la estandarización

**Kg** Kilogramos

**kN** Kilonewtons

**LUV** Lava Ultimate

**Li<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>** Metasilicato de litio

**Mpa** Megapascales

**mm.** Milímetros

**min.** Minutos

**N** Newtons

**TEGDMA** Dimetacrilato trietilenglicol

**UDMA** Dimetacrilato de uretano

**VM2** Vitamark II

## I. INTRODUCCIÓN

A medida que transcurre el tiempo los pacientes se vuelven más exigentes en cuanto a la estética, por ello se han ido implementando materiales más compatibles con el órgano dentario, más resistentes y que asemejen la dureza del esmalte dental. Debido al gran aumento de casas comerciales y nuevas marcas de cerámicas surge la necesidad de comprobar las propiedades de las cerámicas en estudio, por lo tanto esta investigación tiene por finalidad comparar la resistencia a la fractura y determinar cual de las cerámicas híbridas CAD/CAM nos ofrece resistencia similar a la del diente, ya que tiene que soportar fuerzas masticatorias en el sector posterior, y otorgar estética en la parte anterior para poder mimetizar los tejidos. (Rosenblum y Schulman 1998). Estas nuevas cerámicas se caracterizan por tener un mayor módulo de elasticidad comparándolas con las cerámicas convencionales, y aunque son menos resistentes al desgaste, provocan menos desgaste con los antagonistas (Goujat 2017). Además, la tecnología CAD-CAM hoy en día ha permitido el uso de cerámicas vítreas, cerámicas con matriz polimérica y resinas nanocerámicas que brindan alta estética y que pueden ser diseñadas, fresadas, y cementadas en una sola cita. (Van Noort 2014).

La odontología restauradora en las últimas décadas ha tenido como objetivo conseguir un material con una resistencia a la fractura y al desgaste similar a la de los dientes naturales, satisfaciendo de esta manera las expectativas tanto de los pacientes y la seguridad de los odontólogos (Craig y Ward 1998). Sin embargo, esfuerzos por conseguir sistemas cerámicos libres de metal que proporcionen mayor mimetismo con los dientes naturales, no ha cesado, como en casos de coronas totalmente cerámica, cuya estética es muy difícil de imitar por la variación en la transmisión de luz. De ahí que el gran reto para la industria y los profesionales consista en lograr prótesis exclusivamente cerámicas que mejoren o minimicen algunos de los importantes problemas que estas restauraciones aún presentan, como la fragilidad y falta de resistencia sin perder sus excepcionales condiciones biológicas y ópticas (Moörmann 2006). En este sentido la evolución histórica de los materiales

cerámicos ha sido y es una dura batalla por encontrar el equilibrio entre belleza y resistencia (Mc Lean 1991).

Estas cerámicas además de brindar resistencia semejante al órgano dental, deben reunir las siguientes características: biocompatibilidad, estabilidad, baja conductividad térmica, resistencia a la degradación en la cavidad oral y a la abrasión (Pröbster 1998), que como sabemos es una razón de la pérdida de tejido dental, además de las caries, fisuras, parafunciones etc. Los procedimientos de restauración, como la eliminación de caries y la preparación de la cavidad se acompañan de la reducción en las paredes de los dientes, disminución del grosor en el esmalte y cúspides débiles, por lo tanto los materiales de restauración tienen que reemplazar los tejidos dentales en forma y función (Hickel et al. 2007).

Cuando se realizan estas restauraciones cerámicas en cavidad oral, están sometidas a fuerzas compresivas y de cizallamiento producidas durante la masticación, es importante considerar la resistencia a la fractura de los materiales utilizados en boca, que se define como “tensión máxima necesaria para producir una discontinuidad total o parcial de un material” (Van Noort 2014).

Las cerámicas densas como el caso de los bloques CAD/CAM se caracterizan por altos valores de dureza y resistencia al desgaste; sin embargo, no pueden resistir la deformación elástica debido a que sus módulos Young son mucho más altos que los de los tejidos dentales (Ruse y Sadoun 2014). Recientemente, un bloque cerámico (86%) infiltrado con polímero por acción capilar (Vita Enamic; Vita Zahnfabrik) y bloques de nanocerámica de resina compuesta, en una matriz polimérica (Cerasmart; GC) se han introducido como alternativas a las cerámicas densas (Nguyen et al. 2012).

## II. ANTECEDENTES

Lauvahutanon et al. (2014) Determinaron que los materiales híbridos se degradaron después de la inmersión en agua y el termociclado, pero sus propiedades estaban dentro del rango aceptable para la fabricación de restauraciones individuales de acuerdo con la norma ISO para cerámicas 6872, también investigaron sobre las propiedades mecánicas de cada cerámica, concluyendo que la resistencia a la flexión de Block Shofu, Cerasmart y Lava ultimate se redujo significativamente después del almacenamiento de agua durante 7 días en comparación con el almacenamiento en seco, las muestras de vita enamic y vita mark II no mostraron cambios significativos en la resistencia a la flexión. Con estos resultados sugieren que las restauraciones fabricadas a partir de los bloques de resina compuesta CAD / CAM son adecuadas cuando se limitan a coronas de premolares individuales, pero no para prótesis parciales fijas. Un año después Awada y Nathanson (2015), Compararon 6 materiales restauradores CAD/CAM diferentes, con indicaciones clínicas similares, reafirmando la teoría de los autores previamente mencionados. Además estudiaron la interfase cerámica - diente , concluyendo que los bloques de cerámica híbrida parecen exhibir márgenes de fresado más suaves en comparación con otros materiales, por lo cual existe mayor adaptación y sellado marginal con el diente.

En 2016 Lawson y colaboradores compararon las propiedades mecánicas en bloques de cerámicas CAD-CAM (dos con silicato de litio y 3 híbridas infiltradas con polímeros –nanocerámicas). Determinaron que los materiales "híbridos" tenían menor resistencia a la flexión, módulo elástico y dureza en comparación con las vitrocerámicas, sin embargo las resinas nanocerámicas y las infiltradas con polímeros causaron menor desgaste al esmalte de los antagonistas. En estudios posteriores Goujat et al. 2017 midieron la resistencia a la flexión de diferentes bloques, entre ellos Lava Ultimate y vita enamic quienes fueron significativamente más bajos en comparación Cerasmart e IPS e.Max CAD, con estos resultados coinciden con Lawson que la capacidad de abrasión y las propiedades mecánicas de cada cerámica, parecen depender más de la composición estructural del material que de su

composición química, observaron que el tamaño, número y posición de los nanorellenos de las cerámicas híbridas les confiere mayor tenacidad y los hace más resistente a la propagación de fisuras, otras variables estudiadas por Goujat fueron las propiedades intrínsecas de los softwares para sistema CAD-CAM, ya que el instrumento rotatorio para el fresado y su velocidad puede influir en los resultados. Sin embargo aceptan que se deben hacer más estudios para confirmarlo.

Sonmez et al. (2018), investigaron las características físicas y microestructurales de cinco cerámicas CAD / CAM translúcidas monolíticas (cerámica feldespática, cerámica a base de leucita, disilicato de litio CAD, una resina nanocerámicas y una cerámica híbrida), basado en los resultados que obtuvieron con las pruebas mecánicas, coinciden con estudios previos donde determinaron que hubo mayor resistencia a la flexión en la cerámica vítrea IPS e.Max CAD, en comparación con las cerámicas infiltradas con polímeros y las resinas nanocerámicas, basado en sus resultados concluyeron que el módulo de flexión bajo de las nanocerámicas podría provocar la deformación de la restauración bajo carga oclusal, lo que provocaría desgaste acelerado en la restauración y desprendimiento de, además la absorción de agua en los bloques de nanocerámicas tiene el potencial de degradar su matriz de relleno y más específicamente, la interfaz restauración - diente, esto puede afectar negativamente las propiedades mecánicas, Sonmez sugiere a los odontólogos que tengan en cuenta estas diferencias al planificar la rehabilitación protodóntica con estos materiales.

### III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La cerámica es uno de los primeros materiales producidos artificialmente por el hombre como demuestra el frecuente hallazgo de recipientes de cerámica en excavaciones y ruinas muy antiguas (23.000 años a.C) , Fue en 1985, que se lanzaron al mercado los primeros bloques CAD/CAM, con una resistencia a la flexión de aproximadamente 120Mpa, este nuevo material se creó por la demanda estética de los de pacientes en donde ya no querían restauraciones metálicas, así que los investigadores buscaron materiales alternativos (Moörmann 2006).

Estas cerámicas deberían exhibir propiedades mecánicas que se aproximan a las del esmalte humano y la dentina, cada vez van saliendo al mercado nuevas combinaciones en bloques CAD/CAM en los que se busca la capacidad de soporte oclusal, ajuste de márgenes finos, continuos y exactos en el proceso de fresado (Dirxen et al. 2013). Durante la última década ha existido un aumento drástico en el uso de diseño asistidos por computador y fabricación de estas restauraciones ofreciendo simplicidad en los procedimientos, disminución en las citas y mejorando características en procedimientos directos; dos tipos de materiales están disponibles actualmente con este sistema: vitrocerámicas y resinas modificadas con cerámica (Ruse y Sadoun 2014). Aunque con los diferentes tipos de softwares, dispositivos de fresado y escáneres de digitalización, que han creado las diferentes empresas dentales, el uso de las cerámicas policristalinas, vitreas y el desarrollo de nuevos materiales que contienen matriz polimérica será cada vez más sencillo utilizarlas (Goujat et al. 2017).

Las cerámicas CAD/CAM, fueron pensadas para la fabricación de inlays, onlays y carillas, mejorándolos hasta aproximadamente 30 % en volumen de cristales de leucita, en 1916 se informó que este material cerámico tenía características de abrasión similares a las del esmalte. Por lo tanto, se consideró adecuado para la fabricación de inlays, onlays, coronas y carillas anteriores monolíticas, además fueron consideradas desde sus inicios como el tipo de restauraciones en la que el sellado marginal sería casi al 100%. Sabemos que el éxito clínico de una restauración depende de una buena adaptación interna, por el contrario una mala adaptación reduce el comportamiento

mecánico de la cerámica en términos de resistencia a la fractura, y otras propiedades físicas (Fradeani et al. 2005).

Recientemente, un bloque cerámico (86%) infiltrado con polímero por acción capilar (Vita Enamic; Vita Zahnfabrik) y bloques de nanocerámica de resina compuesta, en una matriz polimérica (Cerasmart; GC) se han introducido como alternativas a las cerámicas densas (Nguyen et al. 2012). La fabricación industrial de estos bloques a alta temperatura y alta presión ha dado lugar a una tasa de conversión (85%) mayor, que con resina compuesta indirecta fabricada en laboratorios dentales, mejorando significativamente sus propiedades mecánicas (Goujat et al. 2017).

Una vez que llegaron los materiales cerámicos CAD/CAM al mercado se observó que su comportamiento mecánico no era igual o similar al de un diente natural, por lo cual se buscaba un material que tuvieran las características similares y su comportamiento fuera igual o mejorado al de los dientes naturales, con este objetivo se creó un material que intentaría emular las propiedades de los dientes naturales en su estructura y propiedades físicas, fue desarrollado y nombrado como material cerámico híbrido, el cual era lograr un material con características mecánicas mejoradas, en comparación con los materiales de restauración convencionales como cerámicas y materiales compuestos (Coldea et al. 2013). El primer bloque de resina compuesta para sistemas CAD / CAM se lanzó en 2000, y originalmente era un producto polimerizado por activación de luz utilizando procesos industriales, se creía que al estar combinados con diferentes rellenos poliméricos no soportarían las fuerzas masticatorias (Bansal 2015). Simultáneamente la tecnología de resinas compuestas hizo un progreso considerable con el desarrollo de nanorrelleno y nanohíbridas. Las nuevas resinas compuestas que contienen nanorrellenos exhibieron propiedades mecánicas equivalentes a resinas híbridas clínicamente probados y, por lo tanto, se recomendaron para restauraciones posteriores directas (Takahashi et al. 2011).

La prueba de resistencia a la flexión es un método que determina la capacidad de un material de soportar fuerzas aplicadas perpendicularmente a su eje longitudinal antes de agrietarse o fracturarse; en los materiales cerámicos dentales lo describe la Organización Internacional para Estandarización (ISO) 6872 “Odontología-Materiales

cerámicos” (Kelly et al. 2012). Mientras que el módulo de flexión y el módulo de medición de la resiliencia pueden usarse para evaluar la rigidez de un material y la cantidad de energía que puede almacenar elásticamente (Aguiar et al. 2015). Todos estos parámetros deben calcularse con una prueba de flexión de 3 puntos, que somete a una muestra a una combinación de tensiones de tracción, compresión y cizallamiento. La medición de la resistencia a la flexión se puede usar para evaluar la resistencia de un material a la falla completa o deformación (Irie et al. 2008).

### III.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES PARA CAD/CAM

Las cerámicas para CAD/CAM se pueden dividir en cuanto a su microestructura, en compuestos con partículas dispersas o nanocerámicas y cerámicas infiltradas con polímeros (Mainjot et al. 2016).

#### III.1.1 NANOCERÁMICAS

Las cerámicas con partículas dispersas recientemente se introdujeron en el mercado como producto CAD / CAM basado en la integración de la nanotecnología y las cerámicas. Es conocida en el mercado como una resina nanocerámica, esta resina tiene como objetivo ofrecer facilidad de manipulación, dar brillo a toda la superficie, retención y adaptación al margen final similar a una porcelana (Ab-Ghani et al. 2015). Contiene el 79% (en peso) de las nanopartículas de sílice y zirconia (en forma de partículas dispersas o aglomeradas), siendo considerada un compuesto resinoso nano-particulado compuesto por el mismo tipo de partículas que los compuestos para restauraciones directas. Las nanopartículas se tratan con un agente silano que se adhiere químicamente a la superficie de la nanocerámica así como a la matriz de resina (Stawarczyk et al. 2015).

Las ventajas de este nuevo material podrían ser similares a los de los compuestos de resina, es decir, una preparación del diente menos invasiva, con bajo nivel de abrasión en los dientes antagonistas, la posibilidad de reparar alguna alteración con la misma resina de la que está hecho y la compatibilidad química con cementos de resina adhesiva (Petrini et al. 2013). Recientemente GC Corporation, ha introducido en Cerasmart (CES) como un material del grupo de cerámicas híbridas .

Este material es un compuesto resinoso de alta densidad compuesto por nanopartículas, con carga, de sílice y vidrio de bario (71% en peso). Todos estos nuevos bloques son materiales con partículas dispersas, compuestos por una matriz base de UDMA, polimerizada por el calor, aunque la composición y el tamaño de sus las partículas no son exactamente lo mismo (Awada y Nathanson 2014).

### III.1.2 CERÁMICA INFLTRADA CON VIDRIO

Es un material que resulta de la infiltración de una cerámica vítrea pre-sinterizada con un monómero, que es secundariamente polimerizado. Este material está constituido por una red tri-dimensional de partículas íntimamente interconectadas, compuesto por dos redes continuas, una de material cerámico (feldespato) y otra de un polímero (normalmente los metacrilatos), contrastando con los compuestos con partículas dispersas (Coldea et al. 2013). En 2012 surgió la primera cerámica de este tipo en el mercado: el ENA (Enamic), introducido por VITA (Vita Zahnfabrik, Alemania). En este material la red de cerámica es infiltrada con un copolímero, una combinación de UDMA y TEGDMA. Es clasificado por la VITA como una cerámica híbrida, compuesta por el 14% de resina embebida en una matriz porosa de cerámica feldespática (86% en peso) (Peampring 2014).

Como resultado, las características del desgaste a que está sujeto, las propiedades flexurales y la elasticidad de este material son similares a la dentina. Con el uso de Enamic, La preparación de la estructura dental requiere un menor desgaste y cuando se compara con otros materiales cerámicos el desgaste del diente es más conservador (Ohyama et al. 1999). Otro material que durante las últimas décadas, ha

evolucionó rápidamente dentro de las cerámicas, es la línea IPS e. Max (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), que se presenta en dos formas, una bloque que se puede fresar en un sistema CAD / CAM (IPS e.Max CAD) y un lingote utilizado para la fabricación de coronas prensables Siguiendo la técnica de cera perdida (IPS e.Max Prensa) (Willard y Chu 2018).

IPS e. Max ofrece materiales de alta resistencia y gran estética para las tecnologías de inyección y CAD/CAM, a diferencia de otras cerámicas CAD/CAM, con el fácil proceso de cristalización, con una duración de aprox. 20-31 minutos, los bloques apenas sufren contracción y no requieren de complicados procesos de infiltración. El proceso de cristalización a 840°–850°C (1544–1562° F) provoca la transformación de la microestructura a través de un proceso controlado de crecimiento de los cristales de disilicato de litio. El software tiene en cuenta la resultante densificación de 0.2% durante el proceso de fresado. Las propiedades físicas finales, tales como la resistencia de 360 Mpa y las correspondientes propiedades ópticas, se alcanzan a través de la transformación de la microestructura (Willard y Chu 2018). IPS e.Max CAD se introdujo en 2006 como Disilicato de litio vitrocerámico, preparado específicamente para Uso CAD / CAM. El material viene preparado en un “azul”. estado donde se compone principalmente de metasilicato de litio ( $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ ), que es más fácil de fresar y da como resultado un menor desgaste de la fresa (Li et al. 2014).

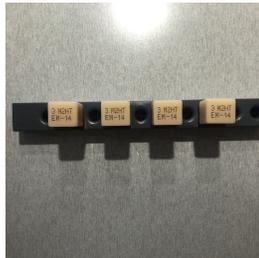
La cerámica contiene cuarzo, dióxido de litio, óxido de fósforo, alúmina, óxido de potasio y otros componentes. El material Tiene una alta resistencia a la flexión hasta 440 MPa. Además tiene incrustados en una matriz de vidrio para minimizar la propagación del microcrack (Tysowsky 2009). Hasta la fecha, no ha habido una comparación de las propiedades mecánicas de estos nuevos materiales disponibles para la fabricación de CAD / CAM. Aunque ya está en uso clínico, hay muy poca información científica e incluso menos datos clínicos que respalden la aplicación a largo plazo de los compuestos. Las pruebas de laboratorio como el ciclo térmico y la carga mecánica pueden permitir una primera predicción del rendimiento mecánico a largo plazo de los materiales, su resistencia a los efectos hidrolíticos o las influencias del diseño y ajuste de la preparación (Rosentritt et al. 2009).

MARCA	CÓDIGO	FABRICANTE	MONÓMERO	COMPOSICIÓN	MASA %
Cerasmart	CES	Corp, Tokio, Japón, GC Corp.	Bis-MEEP, UDMA, DMA	Sílice, Vidrio de Bario	71%
Vita Enamic	ENA	Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH, Alemania	UDMA, TEGDMA	Feldespatos enriquecidos con Oxido de Al – partículas cristalinas feldespáticas en matriz vítrea	88 %
IPS. E.max CAD	MAX CAD	Ivoclar, Vivadent AG. Liechtenstein	Cerámica de matriz de vidrio a base de disilicato de litio. 80% óxido de silicio		

**TABLA 1** Composición Química de las cerámicas Estudiadas

Bis-MEEP-Bis 4-metacriloxipolietoxifenil propano, DMA-dimetacrilato,UDMA- Dimetacrilato de uretano,TEGDMA- Dimetacrilato trietilenglicol, AL-aluminio

CES



ENA



IPS.Emax CAD



**FIGURA 1**

## **IV. HIPÓTESIS**

### **IV.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO**

La cerámica híbrida CAD/CAM Vita enamic (VITA) posee resistencia a la fractura mayor que la cerámica híbrida CAD/CAM cerasmart (GC)

### **IV.2 HIPÓTESIS NULA**

La cerámica híbrida CAD/CAM vita enamic (VITA) no posee mayor resistencia a la fractura que la cerámica híbrida CAD/CAM cerasmart (GC)

## V. OBJETIVOS

### V.1 GENERAL

Determinar cual de los dos tipos de cerámicas híbridas CAD/CAM, vita enamic (VITA) o cerasmart (GC) posee mayor resistencia a la fractura.

### V.2 ESPECÍFICOS

- Evaluar la resistencia a la fractura de cerámica híbrida CAD/CAM vita enamic (VITA) en una maquina de fuerzas universales
- Evaluar la resistencia a la fractura de cerámica híbrida CAD/CAM cerasmart (GC) en una maquina de fuerzas universales
- Evaluar la resistencia a la fractura de vitrocerámica CAD/CAM IPS e. Max CAD (IVOCLAR) en una maquina de fuerzas universales
- Comparar la resistencia a la fractura las dos cerámicas híbridas CAD/CAM: vita enamic (VITA), cerasmart (GC) vs la vitrocerámica IPS e. Max

## VI. MATERIAL Y MÉTODOS

### VI.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Experimental *in vitro*

### VI.2 UNIVERSO

Muestras según la ISO 6872 (14mm largo x 4mm ancho x 1.2 mm grosor) para cerámicas dentales. 45 Barras de cerámicas híbridas:

- 15 Barras CERASMART GC DENTAL
- 15 Barras VITA ENAMIC
- 15 Barras IPS EMAX CAD

Las 15 últimas barras IPS EMAX CAD son grupo control del estudio

### VI.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN

#### A. Criterios de inclusión

45 barras CAD/CAM pulidas después de haber sido seccionadas y con las medidas según la ISO 6872 (14mm largo x 4mm ancho x 1.2 mm grosor)

#### B. Criterios de exclusión

Muestras que no cumplan con las medidas adecuadas según la ISO 6872 (14mm largo x 4mm ancho x 1.2 mm grosor) para cerámicas dentales.

#### C. Criterios de eliminación

Muestras que se fracturen o se fisuren durante la sección de los bloques.

### VI.3.1 VARIABLES ESTUDIADAS

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Resistencia a la compresión	Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Se va a realizar midiendo los especímenes en la máquina de pruebas universales	Cuantitativa	Continua	Mpa

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
IPS EMAX CAD (IVOCLAR)	Disilicato de litio de vidrio-cerámica, preparada específicamente para uso CAD/CAM. El material viene preparado en un "estado azul", donde se compone principalmente de metasilicato de litio ( $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ )	Se va a realizar midiendo los especímenes en la máquina de pruebas universales	Cuantitativa	Continua	Mpa
CERASMART (GC DENTAL)	Material del grupo de cerámicas híbridas. Este material es un	Se va a realizar midiendo los	Cuantitativa	Continua	Mpa

	compuesto resinoso de alta densidad compuesto por nanopartículas, con carga, de sílice y vidrio de bario (71% en peso).	especímenes en la máquina de pruebas universales			
VITA ENAMIC (VITA)	En este material la red de cerámica es infiltrada con un copolímero, una combinación de UDMA y TEGDMA. Es clasificado como una cerámica híbrida, compuesta por el 14% de resina embebida en una matriz porosa de cerámica feldespática (86% en peso)	Se va a realizar midiendo los especímenes en la máquina de pruebas universales	Cuantitativa	Continua	Mpa

**TABLA 2** Variables estudiadas dependientes e independientes

UDMA- Dimetacrilato de uretano, TEGDMA- Dimetacrilato trietilenglicol, CAD/CAM Computer-Aided Design / Computer-Aided manufacturing ,  $\text{Li}_2\text{SiO}_3$  Metasilicato de litio.

## VI.4 PROCEDIMIENTOS

### A) Preparación de las Muestras

Se elaboraron 45 especímenes cerámicos (barras) de 14 mm x 4 mm x 1.2 mm de longitud, anchura y grosor, respectivamente según la norma de la Organización Internacional de Normalización [ISO] 6872 para cerámicas dentales.

Estas muestras se dividieron en 3 grupos de 15 cada uno : El primero Cerasmart GC DENTAL, el segundo VITA ENAMIC y un tercero que es grupo control IPS EMAX CAD.

Los bloques CAD/CAM fueron seccionados con discos de diamante sinterizados de grosor medio (komet dental) bajo irrigación constante y con ayuda de motor Marathon tipo E. Estos discos fueron cambiados constantemente debido a la pérdida de filo de la hoja, esto con fin de no alterar las muestras y dejándolas uniformes.

Para los bloques de IPS.emax CAD los cuales se obtuvieron en “fase azul” presinterizados o en “crudo”, previamente se llevaron al laboratorio dental donde se sinterizaron en horno (Programat CS Oven, Ivoclar Vivadent) de 20 a 25 minutos. Hasta llegar a la temperatura de 840°C (1544°F).

Una vez seccionadas las 45 barras, se pulieron cuidadosamente con papel abrasivo de carburo de silicio de grano 320 y posteriormente con las de grano 600.

Se fueron descartando las muestras que no cumplían con las medidas estandarizadas, mismas que se estuvieron midiendo con un vernier digital, las que no quedaban totalmente pulidas, y las que durante el corte con el disco se agrietaron. Este procedimiento se realizó con las tres cerámicas estudiadas.



**FIGURA 2**

**B) Test de Resistencia a la Flexión**

Las muestras se separaron en recipientes diferentes, donde se almacenaron en agua desionizada a 37° 24hrs antes de la prueba.

Una vez sumergidas durante 24hrs. se empezaron a colocar por grupo sobre una base metálica diseñada con una distancia de 10mm, centrando la muestra en el dispositivo. Cada una de las barras se llevaron a la máquina universal de pruebas (SHIMADZU Autograph AGS-X 500N) para medir su resistencia a la flexión en tres puntos. Se aplicó una carga hasta el fallo completo con una velocidad de cruceta de 1.0 mm / min.



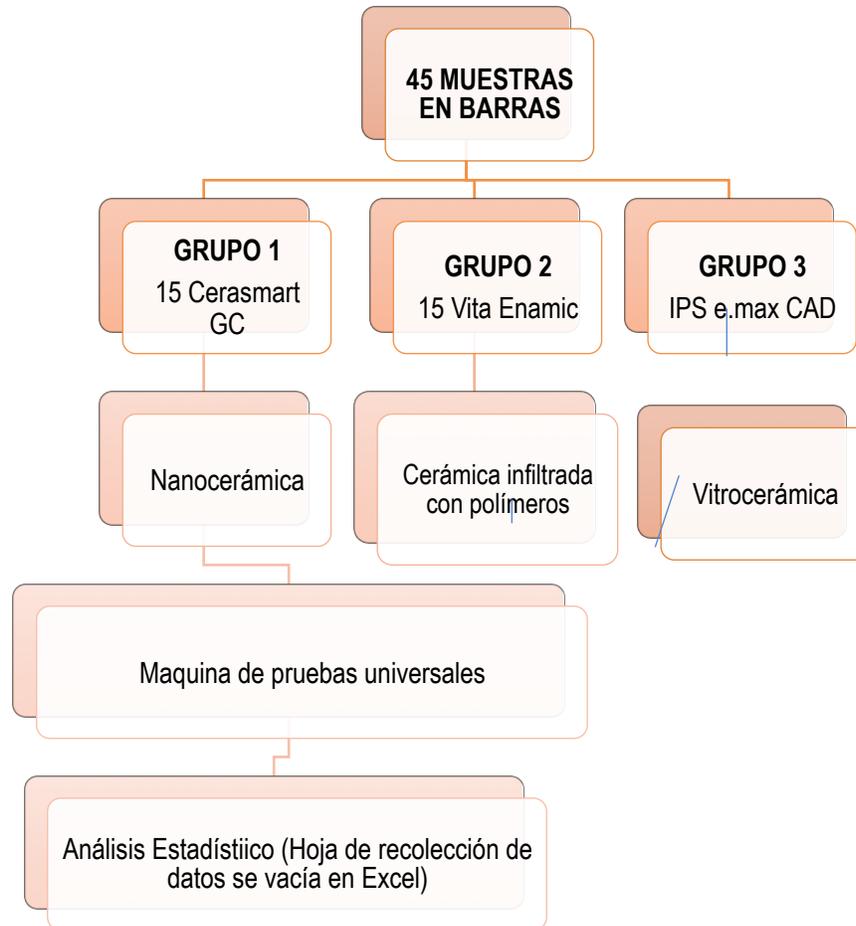
**FIGURA 3**



**FIGURA 4**



**FIGURA 5**



## VI.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Una vez obtenidos los resultados de cada muestra con la prueba de resistencia a la flexión, se colocaron en una tabla de Excel, se calculó el promedio y la desviación estándar para realizar el análisis estadístico de varianza \*ANOVA.

se utilizo la siguiente formula para calcular Mpa.

$$SR = \frac{3PL}{2bh^2} \text{ Donde:}$$

P= carga máxima en newton

L= longitud del soporte

b= ancho de la barra

d= grosor de la barra

## VII. RESULTADOS

Las tablas 3, 3.1 y 3.2 muestran la recolección de datos por cada grupo, una vez terminada la prueba de flexión y la fórmula para determinar Mpa.

E.max CAD no.muestra	N	Mpa	mm deformación	$SR = \frac{3PL}{2bh^2}$
1	85.5125	311.764	1.13117	222.68
2	64.9996	236.978	0.9169	169.24
3	73.3892	267.565	0.15633	191.09
4	91.2282	332.603	0.11647	237.55
5	94.429	344.272	0.10657	245.88
6	110.796	403.945	0.09957	288.51
7	94.1695	343.326	0.1045	245.2
8	75.9321	276.836	0.1749	197.73
9	172.309	628.209	0.20943	448.69
10	90.2036	328.867	0.07793	234.89
11	72.076	262.777	0.08143	187.69
12	98.1765	357.935	0.10473	255.65
13	109.926	400.773	0.10413	286.25
14	83.7494	305.336	0.29137	218.07
15	78.5482	286.374	0.05963	204.53
MAX.	172.309	628.209	1.13117	
MIN.	64.9996	236.978	0.05963	
D.E	25.61037747	93.3710432	0.322691885	
PROM.	93.02965333	339.1706667	0.249004	

**TABLA 3**

Cerasmart no.muestra	N	Mpa	mm deformación	$SR = \frac{3PL}{2bh^2}$
1	89.6523	326.857	0.29393	233.46
2	103.742	378.225	0.37567	270.15
3	86.7379	316.232	0.317	225.85
4	100.701	367.14	0.29363	262.23
5	107.973	393.65	0.36887	281.17
6	91.7429	334.479	0.30763	238.9
7	54.5048	198.715	0.19333	141.92
8	117.868	429.726	0.36097	306.92
9	103.357	376.823	0.26927	269.14
10	92.0062	335.439	0.3253	239.58
11	75.0683	273.687	0.29113	195.46
12	87.1312	317.666	0.37367	226.9
13	70.2113	255.979	0.19027	182.83

14	81.2512	296.228	0.43797	211.58
15	78.9007	287.659	0.28297	205.46
MAX.	117.868	429.726	0.43797	
MIN.	54.5048	198.715	0.19027	
D.E	16.20423583	59.07769825	0.066680188	
PROM.	89.38985333	325.9003333	0.312107333	

**TABLA 3.1**

Vita enamic no.muestra	N	Mpa	mm deformación	$SR = \frac{3PL}{2bh^2}$
1	77.9616	284.235	0.06917	203.02
2	67.8386	247.328	0.08697	176.64
3	67.6967	246.811	0.0947	176.27
4	64.2839	234.369	0.0735	167.39
5	60.4233	220.293	0.1288	157.34
6	81.0425	295.467	0.11567	211.04
7	66.0609	240.847	0.08253	172.03
8	85.9194	313.248	0.2282	223.72
9	73.8146	269.116	0.0811	192.21
10	67.0993	244.633	0.21943	174.71
11	80.7121	294.263	0.07407	210.18
12	59.9067	218.41	0.0537	155.98
13	77.6181	282.983	0.298	202.1
14	70.0938	255.55	0.15407	182.52
15	78.5994	286.56	0.16657	204.66
MAX.	85.9194	313.248	0.298	
MIN.	59.9067	218.41	0.0537	
D.E	8.035071836	29.29450894	0.071482405	
PROM.	71.93806	262.2742	0.128432	

**TABLA 3.2**

\*N-Newton, Mpa-megapascuales, mm- milímetros, Max – máximo, Min – mínimo, DE- desviación estándar, Prom. – promedio.

En las tablas 3, 3.1 y 3.2, podemos observar la resistencia máxima y mínima que obtuvieron los grupos con la prueba flexión en 3 puntos. IPS.Emax Cad obtuvo 628.209Mpa en su muestra 9, Cerasmart 429.726 Mpa y Enamic 313.248 Mpa en su 8va muestra c/u, La deformación por mm de Vita Enamic fue inferior a las otras dos cerámicas, al igual que las cargas que se ejercieron sobre ese grupo de muestras.

Así mismo en la tabla 4 se hace la comparación mediante del análisis estadístico descriptivo ANOVA para la resistencia flexural de las 3 cerámicas CAD/CAM estudiadas, con un intervalo de confianza del 95% se observa el valor de  $p= 0,0059$ .

Con estos resultados se muestra que si existe diferencia significativa entre la cerámica totalmente vítrea (Emax CAD) y las cerámicas híbridas CES y ENA, obteniendo un rango de resistencia a la flexión de  $205.32 \pm 279.19$  Mpa, mientras que CES  $209.40 \pm 256.13$  Mpa y ENA  $175.73 \pm 198.90$  Mpa de rango. Sin embargo Cerasmart con promedio de 232 Mpa superior al de Enamic de 187.32 Mpa, elimina la hipótesis de trabajo de la investigación.

Comparación In vitro de la Resistencia a la Flexión de las cerámicas IPS.Emax CAD, Cerasmart y Vita Enamic				
Grupos	IPS.Emax CAD (IVOCLAR) N=15	Cerasmart (GC) N=15	Vita Enamic (VITA) N=15	VALOR P
X ± DE (Rango)				0.0059
Resistencia a la Flexión (Mpa)	$205.32 \pm 279.19$ 242.25	$209.40 \pm 256.13$ 232	$175.73 \pm 198.90$ 187.32	

**TABLA 4** Comparación in vitro de la resistencia a la flexión de las cerámicas Híbridas X (promedio), DE (Desviación estándar), Mpa (Megapascales), N (número de muestras)

**TABLA 5.** Prueba de comparación múltiple de Tukey de las tres cerámicas estudiadas

Cerámica CAD/CAM	Significativo	P
IPS.Emax CAD (Ivoclar) vs. Cerasmart (GC)	NO	0.8464
IPS.Emax CAD (VITA) vs. Vita enamic (VITA)	SI	0.0075
Cerasmart (GC) vs. Vita enamic (VITA)	Si	0.0305

\*Nivel de significancia estadística ( $p < 0,05$ )

Se compara en la tabla 5 la significancia de los resultados con la base estadística múltiple de Tukey. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar IPS.Emax CAD (Ivoclar) vs. Vita enamic (VITA) habiendo una mayor resistencia a la flexión en IPS.Emax CAD, lo mismo al compararlo con Cerasmart donde el punto P es de 0.0305.

Sin embargo, no se encontró diferencias estadísticamente significativas al comparar IPS.Emax CAD (Ivoclar) vs. Cerasmart (GC).

## VIII. DISCUSIÓN

El propósito de este estudio in vitro fue identificar la resistencia a la flexión de tres bloques restauradores dentales CAD / CAM híbridos, son cerámicas combinadas con diferentes rellenos (polímeros) que se consideran aceptables para restauraciones de una sola unidad (corona, carilla, inlay u onlay). Se evaluaron tres cerámicas IPS.Emax, Cerasmart y Vita enamic, esta prueba es muy importante para el éxito clínico de una restauración, ya que mide la resistencia que tienen los materiales ante las diferentes fuerzas oclusales en la cavidad bucal, además es un indicador crítico que evalúa la calidad del material e incluso la adaptación marginal de estas cerámicas dependen de la resistencia a la flexión, con los resultados de este estudio y los estudios previos, se sugiere que las restauraciones fabricadas a partir de los bloques CAD/CAM se limiten a coronas de individuales, pero no para prótesis parciales fijas como se recomienda en la norma ISO 6872.

En el estudio realizado por Nathaniel C. Lawson et. al (2016), donde midieron la resistencia a la flexión de Cerasmart, Lava U, Enamic, Gradia, entre otras cerámicas, obtuvieron que Cerasmart y Vita Enamic, resistieron en promedio 219 Mpa y 137 Mpa respectivamente con almacenamiento previo de 24 hrs. en agua bidestilada, en nuestro estudio también se almacenaron antes de realizar la prueba a la flexión y obtuvimos valores promedio de 232Mpa. para Cerasmart, mientras que Vita Enamic 187.32Mpa. Sin embargo coincidimos con Lawson en que ninguno de los nuevos materiales en bloque CAD/CAM híbridos alcanzaron la fuerza flexural de IPS.Emax.

Por otro lado, Lauvahutanon y Takahashi en 2014, midieron la resistencia a la flexión de diferentes cerámicas híbridas almacenándolas en diferentes periodos de tiempo, sus muestras de cerámica. Cerasmart disminuyó significativamente después de 7 días de almacenamiento de agua en comparación con el almacenamiento en seco, mientras que Vita Enamic no mostro cambios significativos en la resistencia a la flexión después de cada uno de los modos de almacenamiento probados.

En nuestro estudio no comparamos la resistencia a la fractura dependiendo de la cantidad de días que se almacenaron en agua, pero con estudios previos y por el conocimiento de la estructura química de los materiales coincidimos en que los cambios de resistencia pueden atribuirse a la absorción de agua en la matriz de resina, lo que provoca la reducción de las fuerzas de fricción entre las cadenas de polímero.

Abdallah Awada y colaboradores en 2014 prepararon barras pulidas de 4 x 1 x 13,5 mm a partir de bloques CAD/CAM de vitrocerámicas, cerámicas infiltradas y nanocerámicas, a diferencia de este estudio donde se dejó un grosor mínimo de 1.2mm ideales para restauraciones mínimamente invasivas, coincidimos en que la cerámica Enamic al tener baja rigidez puede desajustarse ante las cargas oclusales y el sellado marginal será deficiente.

Por los resultados obtenidos en este estudio, Cerasmart tiene mayor capacidad para soportar cargas al sufrir una deformación más elástica antes de fallar, estos materiales tienden a ser menos frágiles y más flexibles. Sin embargo la resistencia a las cargas oclusales es un factor importante que evalúa constantemente la calidad de los materiales dentales, es por eso que en sectores posteriores, debería analizarse que tipo de cerámica es la indicada, ya que las restauraciones parciales o totales se deforman cíclicamente y pueden desarrollarse microfisuras en la superficie o debajo de ella, pueden surgir microespacios que producen desgaste por fatiga que gradualmente puede afectar el material cerámico.

## IX. CONCLUSIONES

IPS.Emax Cad fue superior en su resistencia a la flexión comparada con las cerámicas híbridas Cerasmart GC y Vita Enamic – VITA. La vitrocerámica Emax Cad, se considero “estándar de oro” en el estudio, dado que su porcentaje de relleno es cerámica vítrea feldespática, alcanzando resistencia a la flexión promedio de  $205.32 \pm 279.19$ . Cerasmart fue superior a Vita Enamic  $429.726 \text{ Mpa}$  vs  $313.248 \text{ Mpa}$ , demostrando que las cerámicas pueden variar su resistencia a la flexión, esto depende más de la composición estructural que de su composición química, como lo mencionamos anteriormente, estas composiciones también pueden hacer o no al material de restauración más abrasivos que otros con los dientes antagonistas, por eso la importancia de saber que material elegir dependiendo del caso de cada paciente, ya que ambas poseen diferentes propiedades ópticas, químicas y físicas.

Sin embargo con este, y los estudios previos, los resultados no fueron tan favorables para las cerámicas combinadas con polímero y las nanocerámicas, por eso el clínico debe saber que estas cerámicas, están limitadas a restauraciones de una sola unidad (corona, carilla, inlay u onlay).

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Ab-Ghani, Zuryati, Jaafar W, Fo S, Ariffin Z, y Mohamad D. 2015. "Shear Bond Strength of Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Feldspathic and Nano Resin Ceramics Blocks Cemented with Three Different Generations of Resin Cement." *JCD* 18 (5). Wolters Kluwer--Medknow Publications: 355.
- Aguiar, Thaiane R, Oliveira M, Arrais C, Ambrosano G, Rueggeberg F, y Giannini M. 2015. "The Effect of Photopolymerization on the Degree of Conversion, Polymerization Kinetic, Biaxial Flexure Strength, and Modulus of Self-Adhesive Resin Cements." *JPD* 113 (2). Elsevier: 128–34.
- Awada, Abdallah, y Nathanson D 2014. "Mechanical Properties of Resin-Ceramic CAD / CAM Restorative Materials." *JPD* Editorial Council for the Journal of Prosthetic Dentistry, 1–7
- Bansal, Ritika. 2015. "In-Vitro Wear of Four CAD-CAM Materials in the UAB Wear Simulating Device." The University of Alabama at Birmingham.
- Coldea, Andrea, Michael V Swain, y Thiel N. 2013. "Mechanical Properties of Polymer-Infiltrated-Ceramic-Network Materials." *Dental Materials* 29 (4). Elsevier: 419–26.
- Craig, George R, and Marcus L Ward. 1998. *Materiales de Odontología Restauradora*. Harcourt Brace.
- Dirxen, Christine, Blunck U y Preissner S. 2013. "Clinical Performance of a New Biomimetic Double Network Material." *The Open Dentistry Journal* 7. Bentham Science Publishers: 118.

- Fradeani, Mauro, Redemagni M, y Corrado M. 2005. "Porcelain Laminate Veneers: 6- to 12-Year Clinical Evaluation--a Retrospective Study." *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* 25 (1).
- Goujat, Alexis, Abouelleil H, Colon P, y Jeannin C "Mechanical Properties and Internal Fit of 4 CAD-CAM Block Materials." *JPD*. Editorial Council for the Journal of Prosthetic Dentistry, 1–6.
- Hickel, Reinhard, J-F Roulet, Bayne S, Heintze S, Ivar A Mjör, Peters M, Valentin Rousson, Randall R, Schmalz G, y Tyas M. 2007. "Recommendations for Conducting Controlled Clinical Studies of Dental Restorative Materials." *Clinical Oral Investigations* 11 (1). Springer: 5–33.
- Irie, Masao, Tjandrawinata R, Takashi y Susuki K 2008. "Flexural Performance of Flowable versus Conventional Light-Cured Composite Resins in a Long-Term in Vitro Study." *Dental Materials Journal* 27 (2). The Japanese Society for Dental Materials and Devices: 300–309.
- Kelly, J Robert, Benetti P, Rungruanganunt P y Bona A. 2012. "The Slippery Slope--critical Perspectives on in Vitro Research Methodologies." *Dental Materials* 28 (1). Elsevier: 41–51.
- Li, Kim W, Chow T y Matinlinna J. 2014. "Ceramic Dental Biomaterials and CAD/CAM Technology: State of the Art." *Journal of Prosthodontic Research* 58 (4). Japan Prosthodontic Society: 208–16.
- Mainjot, Dupont M, Oudkerk, Dewael y M Sadoun. 2016. "From Artisanal to CAD-CAM Blocks: State of the Art of Indirect Composites." *Journal of Dental Research* 95 (5). SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA: 487–95.
- McLean, John W. 1991. "The Science and Art of Dental Ceramics." *Operative*

- Dentistry* 16 (4): 149–56.
- Moörmann, Werner H. 2006. “The Evolution of the CEREC System.” *The Journal of the American Dental Association* 137. Elsevier: 7S–13S.
- Nguyen, François J, Migonney V, Ruse D y Michaël Sadoun. 2012. “Resin Composite Blocks via High-Pressure High-Temperature Polymerization.” *Dental Materials* 28 (5). Elsevier: 529–34.
- Noort, Richard Van. 2014. *Introduction to Dental Materials-E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Ohyama, Takashi, Yoshinari M y Oda Y. 1999. “Effects of Cyclic Loading on the Strength of All-Ceramic Materials.” *JPD* 12 (1).
- Peampring, Chaimongkon. 2014. “Restorative Management Using Hybrid Ceramic of a Patient with Severe Tooth Erosion from Swimming: A Clinical Report.” *The Journal of Advanced Prosthodontics* 6 (5): 423–26.
- Petrini, Morena, Ferrante M, y Bo Su. 2013. “Fabrication and Characterization of Biomimetic Ceramic/Polymer Composite Materials for Dental Restoration.” *Dental Materials* 29 (4). Elsevier: 375–81.
- Pröbster, L. 1998. “El Desarrollo de Las Restauraciones Completamente Cerámicas. Un Compendio Histórico (I).” *Quintessence: Publicación Internacional de Odontología* 11 (8). Quintessence: 515–19.
- Rosenblum M y Schulman A. 1998. “Una Revisión de Las Restauraciones de Cerámica Pura.” *J Am Dent Assoc (Ed Española)* 1: 11–24.
- Rosentritt, Martin, Steiger D, Michael Behr, Handel G y Kolbeck C. 2009. “Influence of Substructure Design and Spacer Settings on the in Vitro Performance of Molar

- Zirconia Crowns.” *Journal of Dentistry* 37 (12). Elsevier: 978–83.
- Ruse y Sadoun J. 2014. “Resin-Composite Blocks for Dental CAD/CAM Applications.” *Journal of Dental Research* 93 (12). SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA: 1232–34.
- Shillingburg, Herbert T, Hobo S,Whitsett L, Jacobi R y Susan Brackett. 2000. *Fundamentos Esenciales En Prótesis Fija*. Edit. Quintessence.
- Stawarczyk, Bogna, Krawczuk A y Nicoleta Ilie. 2015. “Tensile Bond Strength of Resin Composite Repair in Vitro Using Different Surface Preparation Conditionings to an Aged CAD/CAM Resin Nanoceramic.” *Clinical Oral Investigations* 19 (2). Springer: 299–308.
- Suh, B I. 2003. “New Concepts and Technology for Processing of Indirect Composites.” *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)* 24 (8 Suppl): 40–42.
- Takahashi, Hidekazu, Finger W, Endo T, Kanehira M, Koottathape N, Komatsu M, y Markus Balkenhol. 2011. “Comparative Evaluation of Mechanical Characteristics of Nanofiller Containing Resin Composites.” *American Journal of Dentistry* 24 (5): 264–70.
- Tysowsky, George W. 2009. “The Science behind Lithium Disilicate: A Metal-Free Alternative.” *Dentistry Today* 28 (3): 112–13.
- Willard, Alec, and Tien-Min Gabriel Chu. 2018. “The Science and Application of IPS e. Max Dental Ceramic.” *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*. Elsevier.

