

**Resistencia a la fractura ante fuerzas compresivas en láminas de G-CAM Grafeno y Vita
Enamic. Comparación *in vitro***

**Tatiana Paola Landinez Jaimes, Karen Lorena Pineda Castañeda y Paola Andrea Trujillo
Ramírez**

Trabajo de grado para optar el título de Especialistas en Rehabilitación Oral

Director:

Lumar Lobo

Esp. Rehabilitación Oral

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ciencias De La Salud

Facultad Odontología

Especialización en Rehabilitación Oral

2021

Contenido

Introducción	7
1. Resistencia a la fractura ante fuerzas compresivas en láminas de G-CAM Grafeno y Vita Enamic. Comparación <i>in vitro</i>	9
1.1 Planteamiento del problema.....	9
1.2 Justificación	10
2. Marco Teórico.....	12
2.1 Fuerzas masticatorias	12
2.2 Fuerza masticatoria máxima funcional	13
2.3 Resistencia de los materiales	14
2.3.1 Instrumentos de medición.....	15
2.4 Diseño y maquinado asistido por computadora CAD/CAM	15
2.5 G-CAM Grafeno	17
2.5.1 Composición del material.	17
2.5.2 Propiedades del G-CAM.....	18
2.5.3 Presentación e indicaciones del material.	20
2.6 Vita Enamic	21
2.6.1 Ventajas Vita Enamic.	21
2.6.2 Clasificación de Vita Enamic.....	22
2.6.3 Características Vita Enamic.....	23

2.6.4 Propiedades Vita Enamic	23
3. Hipótesis	25
4. Objetivos	25
4.1 Objetivo General	25
4.2 Objetivos Específicos.....	25
5. Métodos.....	26
5.1 Tipo de estudio.....	26
5.2 Muestra	26
5.3 Criterios de selección.....	26
5.3.1 Criterios de exclusión.	26
5.4 Variables	26
5.4.1 Variable Dependiente.....	27
5.4.2 Variables Independientes.	27
5.5 Procedimiento	27
5.6 Análisis estadístico.....	28
5.7 Consideraciones éticas	29
6. Resultados	29
7. Discusión.....	33
8. Conclusiones	38
Referencias	39

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Operacionalización de variables dependientes</i>	27
Tabla 2. <i>Operacionalización de variables independientes</i>	27
Tabla 3. <i>Resultados de variables en cada una de las muestras para los materiales (G-CAM Grafeno # 01-020 y Vita Enamic # 110-1200</i>	30
Tabla 4. <i>Datos de resultados mínimos y máximos en (Nw), (MPa), (Min) y (Seg) para el material = G-CAM Grafeno</i>	31
Tabla 5. <i>Datos de resultados mínimos y máximos en (Nw), (MPa), (Min) y (Seg) para el material =Vita Enamic</i>	32
Tabla 6. <i>Variables fuerza en Nw- fuerza en MPa – Tiempo en Minutos – Tiempo en Segundos, resultado global - resultado de G-CAM Grapheno – resultados de Vita Enamic, Valor P</i>	32

Resumen

Introducción La pérdida de la estructura dental se debe a diversos factores tales como traumatismos, caries, iatrogenias generando un desgaste de la estructura del diente, siendo solventados con diferentes procedimientos restauradores, razón fundamental por la cual se buscan materiales idóneos para devolver estética y principalmente función. **Objetivo** Evaluar la resistencia compresiva a la fractura en láminas de G-CAM Grafeno y Vita Enamic. **Materiales y métodos** Se realizó una prueba in vitro, donde se tuvo más de un grupo de comparación, caracterizado por la intervención en el grupo 0 y en el grupo 1 se utilizaron un total de 40 láminas, 20 para el grupo 0: G-CAM Grafeno y 20 para el grupo 1: Vita Enamic. Se evaluaron variables como son: material, resistencia, tiempo y fractura. Se digitaron los datos en el software Excel ® y analizaron en Stata 14 ® con un análisis descriptivo de las variables, mediante proporciones, medidas de frecuencia, tendencia central y dispersión, finalmente se evaluó la distribución de los datos utilizando la prueba de Shapiro Wilk W. **Resultados** Mostraron un promedio global de los dos grupos comparados de $1,26[\pm 0,54]$ Nw ($7,53[\pm 3,25]$ MPa), con un promedio de tiempo global de ocurrencia de la fractura $1,01[\pm 0,49]$ en Minutos ($61,0[\pm 29,9]$ Seg). Para el G-CAM Grapheno la resistencia máxima a la fractura fue de $1,67[\pm 0,41]$ Nw ($9,95[\pm 2,46]$ MPa), con un tiempo de ocurrencia de $1,2[\pm 0,53]$ en Minutos ($77,58[\pm 32,37]$ Seg). Para el Vita Enamic el valor registrado en resistencia máxima a la fractura fue de $0,85[\pm 0,30]$ Nw ($5,11[\pm 1,81]$ MPa), con un tiempo de ocurrencia de $0,73[\pm 0,24]$ en Minutos ($44,20[\pm 14,47]$ Seg). **Conclusiones** La resistencia compresiva a la fractura entre las láminas de G-CAM Grafeno y Vita Enamic, evidenciaron diferencias estadísticamente significativas, siendo superior el G-CAM Grafeno.

Palabras clave: Fractura, G-CAM grafeno, Resistencia, Vita Enamic

Abstract

Introduction The loss of dental structure is due to various factors such as trauma, caries, iatrogenesis generating wear of the tooth structure, being solved with different restorative procedures, a fundamental reason why suitable materials are sought to restore aesthetics and mainly function. **Objective** To evaluate the compressive resistance to fracture in G-CAM Graphene and Vita Enamic sheets. **Materials and methods** An in vitro test was carried out, where there was more than one comparison group, characterized by the intervention in group 0 and in group 1 a total of 40 slides were used, 20 for group 0: G-CAM Graphene and 20 for group 1: Vita Enamic. Variables such as: material, resistance, time, and fracture were evaluated. The data were entered in the Excel ® software and analyzed in Stata 14 ® with a descriptive analysis of the variables, through proportions, frequency measures, central tendency, and dispersion, finally the distribution of the data was evaluated using the Shapiro Wilk W test. **Results** They showed a global mean of the two compared groups of $1.26 [\pm 0.54]$ Nw ($7.53 [\pm 3.25]$ MPa), with a mean global time of occurrence of the fracture $1.01 [\pm 0.49]$ in Minutes ($61.0 [\pm 29.9]$ Sec). For G-CAM Graphene the maximum resistance to fracture was $1.67 [\pm 0.41]$ Nw ($9.95 [\pm 2.46]$ MPa), with an occurrence time of $1.2 [\pm 0, 53]$ in Minutes ($77.58 [\pm 32.37]$ Sec). For the Vita Enamic, the value recorded in maximum resistance to fracture was $0.85 [\pm 0.30]$ Nw ($5.11 [\pm 1.81]$ MPa), with an occurrence time of $0.73 [\pm 0, 24]$ in Minutes ($44.20 [\pm 14.47]$ Sec). **Conclusions** The compressive resistance to fracture between the G-CAM Graphene and Vita Enamic sheets showed statistically significant differences, with G-CAM Graphene being superior.

Keywords: Fracture, G-CAM graphene, Resistance, Vita Enamic

Introducción

Diferentes factores como traumatismos, caries, iatrogenias entre otros ocasionan un desgaste de la estructura del diente natural, siendo solventados con diferentes procedimientos restauradores, razón fundamental por la cual se buscan materiales idóneos para devolver estética y principalmente función (1,2).

El estudio de nuevos materiales dentales restauradores en la Odontología moderna se caracteriza por presentar elementos fundamentales que ofrecen estética y cumplen con requisitos de función necesarios para la correcta rehabilitación, preservando el remanente dental y los tejidos periodontales (3).

Las terapias restaurativas contemporáneas en cuanto a la evolución de los sistemas cerámicos han brindado de manera confiable diferentes alternativas en cuanto a la preservación del tejido dental, aumento en la resistencia a la fractura y biocompatibilidad. razón por el cual se encuentran como una opción muy fiable para preservar el tejido dental.

Se ha derivado el desarrollo de restauraciones adhesivas, estableciendo un nuevo enfoque biomimético para la odontología restauradora mediante el uso de materiales con similitud a la estructura dental (4).

Dentro de las ventajas de la odontología biomimética es que ha permitido la asociación de dos parámetros fundamentales, la preservación del tejido y la adhesión; es un concepto contemporáneo que brinda mantener el máximo tejido dental posible, ofreciendo longevidad en las restauraciones.

En la actualidad la odontología durante el último siglo ha presentado una evolución en cuanto a materiales dentales con innovación de nanotecnología. Las restauraciones metal cerámicas son la base del modelo actual para la rehabilitación oral; a pesar de su contrastado éxito,

no han cesado los esfuerzos por lograr sistemas totalmente cerámicos, mínimamente invasivos y libres de metal (4).

En la última década ha aumentado el uso de diseño asistido por computadora y elaboración de estas restauraciones por CAD/CAM. Los objetivos de este sistema son realizar restauraciones más precisas, simplificar los pasos del laboratorio al disminuir los procesos manuales intermedios y facilitar el empleo de diversos materiales (5).

G-CAM Grafeno y Vita Enamic son materiales que se encuentra actualmente disponibles para ser utilizados con esta tecnología. El G-CAM Grafeno es un biopolímero reforzado con grapheno que ha atraído la atención debido a sus propiedades y el Vita Enamic una cerámica híbrida dental con matriz dual de cerámica y polímero que combina de forma ideal las ventajas de la cerámica y del composite (6).

En cavidad oral los materiales dentales están sometidos a fuerzas compresivas y de cizallamiento producidas durante el proceso de masticación (7). Por esta razón se busca determinar la resistencia a la fractura del G-CAM Grafeno y Vita Enamic.

La problemática de esta investigación se realiza con ámbito de interés profesional para dar a conocer cual material dental entre el G-CAM Grafeno y Vita Enamic, presenta mejor resistencia ofreciendo un beneficio tanto para el paciente como para los profesionales.

El G-CAM Grafeno actualmente brinda estudios únicamente realizados por la casa comercial, por ende, se busca determinar cuál es la resistencia a la fractura ante fuerzas compresivas, siendo este un tipo de fuerza primordial en el proceso de la masticación para ofrecer y evidenciar al profesional sobre la idoneidad del material.

1. Resistencia a la fractura ante fuerzas compresivas en láminas de G-CAM Grafeno y Vita

Enamic. Comparación *in vitro*

1.1 Planteamiento del problema

La pérdida de la estructura dental se debe a diversos factores tales como traumatismos, caries, iatrogenias generando un desgaste de la estructura dental (1,2). Hoy en día se realizan distintos procedimientos restaurativos para devolverle la estética y funcionalidad al paciente (1,7,8) mediante la aplicación de diversos materiales como: polímeros, cerámicas, cerámicas híbridas como: Vita Enamic, G-CAM Grafeno. (9).

En la actualidad los seres humanos consideran la salud oral como parte fundamental de su autoestima y presentación personal, por ello, buscan constantemente procedimientos que brinden estética, función y que sean duraderos, generando seguridad y confianza (1,2,8). En la búsqueda constante y mejoramiento continuo en el área de la odontología, se proponen diferentes materiales permitiendo al clínico una amplia diversidad de posibilidades de elección al momento de realizar tratamientos odontológicos restaurativos.

El G-CAM Grafeno es una alternativa interesante, novedoso en el área de la odontología, que se presenta como un biopolímero nanoreforzados con grapheno, según su casa comercial cuenta con excelentes propiedades, estéticas, mecánicas, eléctricas y térmicas; adicionalmente presenta características antimicrobianas y de biocompatibilidad (10,11). Tiene una apariencia similar a la de los tejidos del medio oral, mejora la estabilidad dimensional de los polímeros, esto permite que la restauración no varíe su forma con el tiempo (11,12).

Por lo anterior, no se cuenta con evidencia científica y estudios que comprueben lo que la casa comercial indica referente a su comportamiento mecánico, siendo esta propiedad primordial para cualquier tipo de restauración realizada en cavidad oral.

Es importante mencionar que existen materiales como el Vita Enamic que se presenta como referente al momento de realizar un tratamiento restaurativo; dicho material está conformado por la integración de matriz cerámica dominante y la matriz polimérica, que actúa de refuerzo. Gracias a esta matriz, este material compuesto combina de forma ideal las ventajas de la cerámica y del composite. Los ensayos físicos demuestran que Vita Enamic no solo ofrece una enorme capacidad de carga, sino también una extraordinaria elasticidad e incluso una función integrada antifisuras. Esta clase de material es significativamente menos frágil que la cerámica dental no híbrida y presenta un comportamiento de abrasión mejor que los composites tradicionales, de modo que sus características se asemejan a las de un diente natural (6).

Estos materiales ofrecen diversas propiedades que cumplen con características para realizar diferentes y múltiples tipos de restauraciones, con guía de colores que brindan la posibilidad de ser utilizados en zonas estéticas. Por lo mencionado anteriormente surge la pregunta ¿existe diferencia entre la resistencia compresiva a la fractura entre el G-CAM Grafeno y Vita Enamic?

1.2 Justificación

La necesidad de restaurar la pérdida de estructura dental ha llevado a la creación de diversos materiales restauradores, en aras de ofrecer al profesional un amplio y diverso catálogo, de materiales dentales, recientemente han surgido nuevos productos como el G-CAM Grafeno destacado por su tecnología e innovación, completamente libre de metal, indicado como material para restauraciones temporales y permanentes.

Los avances en odontología estética permiten la eliminación de los metales y la implementación de tecnología CAD/CAM (5). Estas tendencias han dado lugar a un mayor uso de los materiales cerámicos. Sin embargo, numerosos estudios han demostrado que estos materiales totalmente cerámicos pueden producir desgaste excesivo en los dientes naturales antagonistas, convirtiéndose en una debilidad cuando estos se encuentran presentes.

El G-CAM Grafeno apuesta por la nanotecnología para el sector dental creando biopolímeros nanoreforzados con grapheno de uso biológico para fresado mediante CAD/CAM. Es un material bidimensional en el que los átomos de carbono se unen mediante enlaces Sp² para formar una lámina plana con estructura semejante a la de un panal de abeja, La unión entre el nanorefuerto y la matriz polimérica es uno de los aspectos críticos que explican el aumento de propiedades mecánicas en este tipo de materiales. Tiene una apariencia similar a la de los tejidos del medio oral, ideal para las zonas donde se requiera estética. Dentro de sus indicaciones están: Coronas individuales, puentes de más de dos pñnticos, incrustaciones, carillas, prótesis completas, rehabilitaciones directas y sobre implantes.

Vita Enamic es la primera cerámica dental híbrida con matriz dual que combina las mejores características de la cerámica y del composite. Los bloques CAD/CAM no solo pueden utilizarse para la confección de inlays, onlays, carillas y para coronas anteriores y posteriores, sino también para restauraciones mínimamente invasivas, tales como carillas sin preparación y restauraciones en zonas con espacio reducido. Presenta una matriz de cerámica de estructura fina dominante (86 % del peso) es reforzada por una matriz de polímero de acrilato, y ambas matrices se inter penetran totalmente, esto permite que se combinen las mejores características de la cerámica y del composite.

En la actualidad el G-CAM Grafeno cuenta con poca literatura, por ende, se busca fundamentar, evidenciar y comprobar su efectividad, respecto a su resistencia a la fractura ya que son pocos los estudios que lo respaldan, únicamente los brindados por la casa comercial y dentro de su aplicabilidad enumera múltiples usos.

En cuanto al costo de los materiales hay diferencia entre estos, menor el costo del G-CAM Grafeno, pero también mayor aplicabilidad, en cuanto a la estética ambos tienen guías que brindan diferentes tonalidades. Debido a cada variable se busca determinar el material idóneo que cuente con la resistencia a la fractura frente fuerzas compresivas adecuadas para dar herramientas a los profesionales en la toma de decisiones clínicas.

2. Marco Teórico

2.1 Fuerzas masticatorias

Las fuerzas oclusales corresponden a la sumatoria de fuerzas que se producen entre los dientes y el sistema de labios, carrillos y lengua. Existen diferentes tipos de fuerzas ejercidas sobre las superficies dentales que encontramos al momento de la masticación: Dos fuerzas opuestas entre sí, que actúan en un material alejándose sobre la misma recta se considera las fuerzas de tracción; cuando dos fuerzas opuestas entre sí, que actúan en un material aproximándose sobre la misma recta Ej.: fenómeno de compresión de la cúspide antagonista, sobre el material de obturación se considera una fuerza de compresión; dos fuerzas opuestas que actúan sobre un material, alejándose sobre diferentes rectas paralelas y muy cercanas entre sí y paralelas a la superficie del material se consideran fuerzas de cizalla; el esfuerzo resultante de aplicar fuerzas perpendicularmente al eje principal del elemento que tienden a doblarlo se consideran las fuerzas de flexión, por último dos

fuerzas que giran en sentido opuesto entre sí, generando deformaciones helicoidales son las fuerzas de torsión (13).

2.2 Fuerza masticatoria máxima funcional

Durante el acto de la masticación el sistema estomatognático genera unos movimientos multidireccionales y cíclicos, los que según su dirección pueden estar dados por fuerzas tensionales (en sentido vertical) y de torsión (giro sobre su eje). Se define por fuerza a la energía natural de las cosas capaces de producir trabajo y se mide en Kg., Newton (N), etc. (14,15).

La fuerza masticatoria máxima funcional (FMMF) ha sido definida como la máxima fuerza que se genera entre los dientes maxilares y mandibulares.

Se realizó un estudio de la FMMF en adultos jóvenes chilenos en el cual “se observaron diferencias significativas de las FMMF entre hombres y mujeres en todas las regiones, concordando con algunos estudios previos. Con relación al sexo masculino, las medias de FMMF obtenidas en el presente estudio en la región molar 698 N. Sin embargo, otros autores describen valores superiores de 777 N, la media de FMMF del sexo femenino en la región molar 466 N (16).

Estas fuerzas van a generar varios tipos de tensión sobre la estructura dentaria, una es la tensión compresiva, que se produce cuando una carga tiende a comprimir un cuerpo y la otra es la tensión por flexión, la cual se presenta en fuerzas tangenciales. Las tensiones por comprensión y flexión que se generan sobre el diente están relacionadas con la angulación vestibulolingual que presentan dichas piezas (14).

Cuando se plantea la necesidad de restaurar la pieza dental con una restauración de cobertura completa es muy importante considerar estas fuerzas oclusales y la tensión que va a recibir el material. El principio de Newton dice que “ante una fuerza existe una reacción en sentido

opuesto, de la misma magnitud y a esta se la denomina tensión”. La corona, entonces, se opondrá a dicha fuerza con una resistencia, igual y en sentido contrario a la fuerza recibida, por lo tanto, habrá tensión, que, al traspasar el módulo de elasticidad, llamado módulo de Young el cual corresponde a una deformación elástica y se traduce la rigidez de un material medido en pascales, se manifestará en fractura (15).

Existen diferentes factores que pueden influir en la FMMF, tales como las condiciones de la dentición, fuerza de los músculos de la masticación, condiciones de la articulación témporo mandibular (ATM) tipo de alimentación. Se ha comprobado que los sujetos con una dieta rica en alimentos de mayor dureza y fibras tienen una mayor FMMF. La edad también se considera un factor influyente en la FMMF, demostrando que a mayor edad menor FMMF (16).

2.3 Resistencia de los materiales

En cuanto a los materiales el grosor de la restauración es un factor que influye en su resistencia a la fractura, la recomendación habitual para el grosor de una restauración en algunos materiales como las cerámicas es de 1.5 a 2.0 mm en la superficie oclusal (17). Estudios in vitro sobre carillas oclusales adheridas fabricadas en Disilicato de Litio E-Max CAD mostraron que las restauraciones con un espesor de 1.2-1.8 mm resistieron fuerzas de hasta 1000 N y espesores de 0.6-1.0 mm resistieron 800 N. Un estudio de Guess et al., investigó la influencia del grosor y la extensión de diferentes coronas parciales premolares hechas de cerámica de Disilicato de litio prensado (18).

Recientemente se han introducido nuevos materiales y técnicas dentales para fabricar restauraciones cerámicas estéticas con una fuerza y una adaptación marginal mejoradas. Esto se vuelve más importante para las áreas posteriores de la boca, donde las fuerzas son mucho mayores

que para la región anterior y pueden alcanzar 522 N en el individuo promedio como el G-CAM Grafeno y el Vita Enamic (19).

2.3.1 Instrumentos de medición

Para realizar la medición de resistencia a la fractura por fuerzas compresivas se utiliza una máquina universal de pruebas la cual permite controlar el tiempo y la fuerza aplicada. Las muestras se ubican verticalmente y se indentan una a una con una punta esférica de acero inoxidable que varía de 0.5 a 7 mm de diámetro sobre la cara oclusal para que simule una cúspide antagonista. La resistencia a la fractura se mide aplicando fuerzas compresivas hasta presentar alguna falla como: línea de fractura en la carilla, fractura de la restauración y fractura de diente y restauración simultáneamente. Los resultados de la fuerza que genera la fractura se midieron en Newton y la resistencia a la fractura del material se expresó en Mega pascales (19).

2.4 Diseño y maquinado asistido por computadora CAD/CAM

El diseño y la fabricación por ordenador es una disciplina que estudia el uso de sistemas informáticos como herramienta de soporte en los procesos que involucre el diseño de este y su fabricación ante cualquier tipo de restauración (20).

La ventaja al realizar procedimientos utilizando tecnología CAD/CAM es que presenta una adaptación marginal más exacta gracias al proceso automatizado de diseño y fresado, ofrece restauraciones con calidad estandarizada en un periodo más corto de tiempo con el potencial de reducir al mínimo las inexactitudes de la técnica y reducir los riesgos de contaminación cruzada.

Permite la aplicación de materiales de alta resistencia con excelente biocompatibilidad precisión de ajuste y longevidad (21). En la actualidad se han buscado alternativas con diferentes tipos de materiales que cumplan con las características similares de la cavidad oral.

Dentro de los materiales dentales disponibles para los sistemas CAD/CAM se pueden dividir en tres grandes grupos en función de su composición:

1) Aquellos materiales que presentan un alto contenido en partículas cerámicas. Los materiales de base cerámica por su composición química se pueden clasificar en:

A) Cerámicas con matriz vítrea que comprenden tres subgrupos: I) las cerámicas feldespáticas; II) las cerámicas sintéticas, donde encontramos a los materiales cerámicos de alta resistencia con leucita, silicato de litio y disilicato de litio y III) las cerámicas de óxido para ser infiltradas con vidrio, que incluyen materiales como: alúmina, alúmina y magnesio y, por último, alúmina y zirconia (22,23).

B) Cerámicas policristalinas no metálicas sin contenido de fase vítrea que incluyen I) alúmina, II) zirconia estabilizada, III) Alúmina reforzada con zirconia y IV) zirconia reforzada con alúmina (24).

2) Un segundo grupo de materiales con base polimérica que presentan diversidad en su composición inorgánica y microestructura, lo que influye notablemente en su comportamiento biomecánico. Estos materiales debido a su proceso de polimerización industrial en alta presión y temperatura se vuelven mucho más homogéneos con fases mutuamente continuas e interpenetradas (25).

3) Finalmente un tercer grupo en esta clasificación de materiales CAD/CAM, Materiales “híbridos”, presentando una matriz de cerámica que a la vez sirve como una red donde se ha infiltrado material polimérico otorgándole propiedades que combinan las características y por ende

las ventajas de los materiales que lo componen (26). Estos nuevos materiales han sido denominados en la literatura como materiales cerámicos resinosos con una matriz interpenetrante (27).

Entre estos materiales se encuentran el G-CAM Grafeno: Biopolímero reforzado con Grapheno, con una estructura molecular modificada que mejora sus propiedades y brinda un amplio catálogo cromático. La colorimetría está basada en la guía VITA Clásica, no se limita a colores intermedios, sino que permite obtener más colores mediante maquillajes de superficie fotopolimerizables en laboratorio.

El Vita-Enamic es una cerámica híbrida con matriz dual cerámica y polimérica con una estructura de red dual que combina los materiales cerámicos y compuestos. Se integra cromáticamente en la guía vita system 3d-máster, un sistema de colores dentales que toma en consideración las tres dimensiones del color.

2.5 G-CAM Grafeno

A lo largo de la historia se han utilizado e implementado diferentes tipos materiales para fabricar restauraciones en cavidad oral. Desde huesos de animales, madera, cauchos, metales, cerámicas, zirconios, polímeros.

2.5.1 Composición del material.

G-CAM Grafeno, es un material de uso biológico para fresado mediante CAD/CAM. Es una resina dental de Polimetilmetacrilato (PMMA) enriquecido con grafeno, esta adición en este tipo de resinas dentales mejora las propiedades mecánicas y microbiológicas de los materiales. Las

resinas acrílicas son polímeros duros, frágiles y cristalinos, que se utilizan como materiales termoestables ya que, tras su curado, no se pueden transformar ni moldear.

A diferencia de las resinas acrílicas, las resinas autopolimerizables en base a (PMMA): son materiales muy utilizados, ya que parecen ser una opción adecuada para la rehabilitación oral, debido a que mejoran sus propiedades mecánicas y proporcionan una opción de material definitiva y confiable, Sin embargo, se necesitan más estudios para garantizar un apoyo científico riguroso de estos materiales (28).

El PMMA es un componente termoplástico, altamente transparente: “se obtiene de la polimerización del monómero metilmetacrilato, es duro, resistente, con propiedades ópticas buenas, alto índice de refracción y resistencia ante el envejecimiento” (29).

G-CAM Grafeno es un material bidimensional, “su disposición es nanométrica formado por átomos de carbono siendo este la base de la química orgánica, con la disposición correcta puede reaccionar químicamente con otros materiales mejorando sus propiedades” (29). Es un material nuevo para restauraciones en CAD-CAM, que puede adaptarse al sistema estomatognático y busca mejorar las características y función de los materiales actuales.

2.5.2 Propiedades del G-CAM.

Dentro de sus propiedades mecánicas este material presenta elevado módulo de elasticidad de más de 3.200Mpa, junto con su límite elástico, por consiguiente, esto genera buena resistencia a la deformación y buena resistencia a la abrasión, lo que evitaría la formación de grietas en las restauraciones; cuenta con una elevada resistencia flexural evitando la rotura del material.

Entre sus propiedades químicas se encuentra que la absorción de agua es menor con respecto otros materiales, 15 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ (30). Lo que mejora su durabilidad en la cavidad oral, un

punto importante referente a la pigmentación que puede presentar el material en boca, presenta “mayor estabilidad frente a la degradación hidrolítica, químicamente inerte, insoluble en los tejidos orales” (29). Frente a las propiedades físicas, se destaca su bajo coeficiente de expansión térmica. Como desventajas entre las propiedades ópticas se encuentra la baja fluorescencia que presenta el material.

En sus propiedades biológicas se caracteriza por ser material antialérgico, no tóxico, que según estudios realizados sobre conejos albinos se demostró que la exposición intercutánea en cinco puntos de la piel de los animales, al extracto de la muestra de ensayo disco biopolímero nano reforzado con G-CAM grafeno, no presentó efecto irritante intradérmico, el índice de irritación se calculó a partir de las observaciones de 24, 48 y 72 horas, restando las observaciones obtenidas en los puntos de inoculación del diluyente (31). Adicionalmente contiene productos desinfectantes de liberación prolongada, es bacteriostático y antimicótico (31). El instituto Valenciano de microbiología realizó una prueba siguiendo las directrices de la European Pharmacopoeia, 2.6.8 Pyrogens, y el resultado de dicho análisis mostró que el producto Disco biopolímero nano reforzado con G-CAM grafeno, no mostró la presencia de pirógenos (32).

Este material al tener menor liberación de fragmentos de PMMA brinda buena biocompatibilidad, presentando una significativa reducción en la proliferación de bacterias, como *Streptococcus mutans*, así como en la formación de biofilms (33).

Según estudios realizados de pruebas de termociclado (34). En búsqueda de simular lo que ocurre en cavidad oral con los materiales dentales al ser expuestos al medio, tanto en el tiempo como con los cambios térmicos que allí ocurren, lo que conlleva a alteraciones significativas en los materiales de uso odontológicos.

Este material en estudio realizado por la casa comercial, con rangos de temperatura entre 5 -55 grados C, mostró que no existió diferencia significativa entre los discos no envejecidos y los envejecidos, evaluando la fatiga cíclica del material a 1.200.000 ciclos en un tiempo de 20 años (30).

2.5.3 Presentación e indicaciones del material.

Su presentación se encuentra disponible en discos con grosores de 14, 16, 18, 20, 22, 24 y 26 mm; Se pueden fabricar grosores especiales de hasta 30 mm (30), con diversas indicaciones, disponible en distintas capas cromáticas que pueden aportar aspecto estético, aspecto determinante en el ámbito de la odontología.

Presenta un catálogo cromático, disponible en diferentes colores: BL2, A1, A2, A3, A3'5, B2 y C2, además de transparente y pink. Disponible en tres formatos diferentes:

G-CAM Therapeutical, indicado para restauraciones temporales. G-CAM Monochroma, de un solo color puro. G-CAM Multichroma, que posee una gama cromática única basada en colores naturales con translucidez.

Dentro de sus indicaciones se encuentran: coronas individuales, prótesis de más de dos pósticos, incrustaciones, donde su indicación de grosor del material es: en superficies oclusales: 0.6 m.m, en zona cervical: 0.4m.m, en carillas, prótesis completas y rehabilitación sobre implantes y en rehabilitaciones totales, no requiere de una barra, como en otros sistemas (30).

2.6 Vita Enamic

Otro de los materiales que se utilizan de uso CAD/CAM es el Vita Enamic. VITA Zahnfabrik ha creado algunos materiales cerámicos para uso en los sistemas CAD/CAM de CEREC e inLab de Sirona (35).

Estos materiales tienen una presentación en bloque de cerámica infiltrada con polímeros (PIC) que tienen confiabilidad estructural como resultado del llamado mecanismo de función de detención de grietas, gracias a su estructura especial de doble red. Esto ocurre cuando una grieta que se propaga a través de la red de polímeros se detiene debido a la presencia de la fase cerámica. Publicaciones recientes mostraron que este tipo de material está compuesto por una red cerámica infiltrada con polímeros que contiene dimetacrilato de uretano (UDMA) y polímeros reticulados con dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA) (36).

La cerámica híbrida se compone de una matriz de cerámica porosa. La matriz cerámica dominante se refuerza mediante una matriz polimérica a fin de mejorar las propiedades mecánicas. En este material, la matriz de cerámica es de estructura fina dominante (86 % del peso,) está compuesta por cerámica feldespática y su composición química está dada por óxido de silicio 58-63%, óxido de aluminio 20 -23%, óxido de sodio 6-11%, óxido de calcio 4-6%, óxido de bario 0.5- 2%, óxido de calcio 1%, óxido de titanio 1%, y (14%) es reforzada por una matriz de polímero de acrilato, y ambas matrices se interpenetran totalmente para formar una sola estructura (37).

2.6.1 Ventajas Vita Enamic.

Este material confecciona restauraciones resistentes, esto se logra gracias a la cerámica híbrida que presenta buena capacidad de carga y propiedades de absorción de las fuerzas oclusales. También se pueden diseñar restauraciones delgadas, fieles al detalle y de ajuste preciso, gracias al

material compuesto con elasticidad integrada. El vita Enamic por su rápida confección CAM y acabado mediante pulido sin cocción”, minimiza el tiempo del trabajo para el profesional y el paciente, esto ayuda al profesional en simplicidad y se puede ofrecer tratamientos más rápidos y cortos (35).

Este material híbrido ofrece una buena elasticidad, presenta adecuada adaptación a la corona posterior, buen ajuste y precisión, estas ventajas permiten la reducción del grosor de la pared para restauraciones mínimamente invasivas. En sus características ópticas presenta para el mercado un juego natural de colores gracias a su conductividad de la luz (38).

2.6.2 Clasificación de Vita Enamic.

Este material se encuentra en presentación: VITA ENAMIC, VITA ENAMIC multiColor, VITA ENAMIC IS “Está disponible en una opción de HT (alta translucidez) y T (translúcido). Se puede conseguir en los cinco tonos VITA SYSTEM 3D-MASTER OM1, IM1, 1M2, 2M2 y 3M2” (38).

Vita enamic: Piezas CAD/CAM monocromáticas en tres grados de translucidez están indicadas para:

- Reconstrucciones conservadoras de la sustancia dental con grosores de pared reducidos
- Coronas posteriores altamente resistentes en condiciones de espacio limitadas
- Tratamiento preciso de pequeños defectos (obturaciones cervicales indirectas)
- Reconstrucción no invasiva/mínimamente invasiva de superficies oclusales o table-tops

Vita enamic multicolor: Piezas CAD/CAM multicromáticas con transición cromática integrada, para reconstrucciones estéticas, sus indicaciones son:

- Coronas estéticas con juego cromático y lumínico expresivo
- Carillas (sin preparación) delgadas para reconstrucciones cosméticas

Vita enamic is: Piezas CAD/CAM con interfase integrada con una base adhesiva/de titanio, este material está indicado para: Coronas sobre pilar y mesoestructuras implantosoportadas.

2.6.3 Características Vita Enamic.

Una de las características principales, es la fuerza que obtiene este material después de unirse a la estructura dental restante y presenta adecuada distribución de las fuerzas masticatorias. La red de polímeros ofrece buena absorción de la fuerza de carga intraoral.

Con este material se logra restauraciones precisas después del proceso de fresado, muestra una óptima estabilidad de los bordes, particularmente en el caso de márgenes de restauración delgados, y permite una morfología precisa y un resultado final que ofrece un ajuste adecuado. Las buenas propiedades de fresado de VITA Enamic permiten que las restauraciones se puedan fabricar más rápidamente y se minimice el desgaste de las herramientas de fresado (38).

2.6.4 Propiedades Vita Enamic.

Dentro de sus propiedades físicas este material presenta resistencia a la flexión (ISO 6872) 150–160 MPa, una tenacidad de rotura de 1.5 MPa√m, también un módulo de elasticidad de 30 GPa, ofrece un módulo de Weibull de 20 y una dureza de 2.5 GPa, VITA ENAMIC es un material

biomimético que destaca por sus propiedades naturales, entre ellas, una elasticidad similar a la de la dentina.

Esta cerámica presenta: buena resistencia, fiabilidad y calidad como material restaurador muy natural.

Su adecuada precisión y eficiencia económica se documentaron sobre la base de extensas pruebas técnicas y científicas que incluyen:

- Las pruebas de carga de fractura estática demostraron la carga de fractura más alta de aprox. 2890 N y la desviación estándar más baja.
- Las pruebas dinámicas de carga de fractura revelaron que la tasa de supervivencia de las coronas VITA Enamic con paredes de espesor normal y reducido es del 100% p.

La buena fiabilidad y la función de detención de grietas integrada se probaron con VITA Enamic con un módulo Weibull de 20. El módulo de elasticidad y las pruebas de comportamiento a la abrasión demostraron una elasticidad de 30 GPa, colocando a VITA Enamic en el mismo rango que la dentina humana. Las pruebas de maquinabilidad y estabilidad de los bordes demostraron que las carillas sin preparación con un espesor de pared de aproximadamente 0.2 mm solo se pueden fresar completamente con VITA Enamic (38).

Este material se caracteriza por tener un elevado módulo de elasticidad con respecto a la cerámica dental y aunque son menos resistentes al desgaste, causan menos desgaste a la dentición opuesta. Además, estos materiales son menos susceptibles a fracturas y astillas (mejor maquinabilidad) debido a que sus módulos Young están cerca de los de la dentina. Son más fáciles de reparar y pulir que la cerámica de vidrio. Varios estudios han afirmado que un módulo de

elasticidad más bajo puede resultar en una mejor maquinabilidad y una adaptación más precisa, estableciendo así la correlación entre las propiedades mecánicas y el ajuste interno (39).

3. Hipótesis

Hipótesis nula: El comportamiento de la resistencia compresiva a la fractura de los materiales G-CAM Grafeno y Vita Enamic, no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Hipótesis alterna: Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la resistencia compresiva a la fractura de G-CAM Grafeno y Vita Enamic.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Evaluar la resistencia compresiva a la fractura en láminas de G-CAM Grafeno y Vita Enamic.

4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia a la fractura para soportar cargas oclusales del G-CAM Grafeno y Vita Enamic.
- Describir el tiempo de ocurrencia de la fractura ante cargas oclusales, de acuerdo con el material estudiado.
- Comparar la resistencia y el tiempo a la fractura entre los grupos de G-CAM Grafeno y Vita Enamic.

5. Métodos

5.1 Tipo de estudio

Experimental in vitro: se realizó una prueba in vitro, donde se tuvo más de un grupo de comparación, caracterizado por la intervención en el grupo 0 y en el grupo 1 (medir resistencia entre los dos materiales). Denominado in vitro ya que fue controlado en un ambiente fuera de un organismo vivo (40).

5.2 Muestra

40 láminas en total, se tomaron 20 láminas en el grupo 0 de G-CAM Grafeno en disco y 20 láminas en el grupo 1 de Vita Enamic en bloque (41).

Prueba piloto: 6 láminas para realizar prueba piloto.

5.3 Criterios de selección

5.3.1 Criterios de exclusión.

- Láminas con poros
- Láminas con fractura
- Láminas con líneas de fractura

5.4 Variables

Se evaluaron variables de naturaleza cualitativa y cuantitativa como son: material, resistencia, tiempo y fractura.

5.4.1 Variable Dependiente.

Tabla 1. Operacionalización de variables dependientes

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Naturaleza	Escala de medición	Valores que asume
Material	Se denomina material a aquellos usados en la práctica odontológica para la realización de todas las acciones terapéuticas.	El material utilizado para la elaboración de laminas Dos tipos de materiales con tecnología Cad - Cam: G-CAM Grafeno y Vita Enamic	Cualitativa	Nominal	A: G-CAM Grafeno B: Vita Enamic

Nota: variable dependiente: material.

5.4.2 Variables Independientes.

Tabla 2. Operacionalización de variables independientes

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Naturaleza	Escala de medición	Valores que asume
Tiempo	Período determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento.	Valor arrojado por el equipo para ensayos (Instrom Shimadzu) desde el inicio del stress hasta la fractura total de la lámina.	Cuantitativa	Razón	Segundos
Resistencia	Capacidad física que tiene un cuerpo de aguantar una fuerza de oposición por un tiempo determinado, sea esta fuerza cualquier agente externo al cuerpo que intente impedir la finalización de esta labor.	Valor dado por el equipo (Instrom Shimadzu) en Newtons al momento de la fractura del material.	Cuantitativa	Razón	Newtons

Nota: variables independientes: tiempo y resistencia.

5.5 Procedimiento

Se realizó primero la elaboración de las láminas para cada material, con medidas correspondientes a 12mm*14mm*1mm de grosor.

Para el G-CAM Grafeno, se realizó las láminas en el Laboratorio Adental – barranquilla en la Fresadora inLab MCX5.

El Vita Enamic se cortaron las láminas en Fundación Universitaria CIEO de Bogotá en una cortadora de presión, aparato de corte micrométrico ISOMET.

Se tomaron 2 grupos; grupo 0 y grupo 1, los cuales estuvieron conformados de la siguiente manera para el grupo 0: láminas de G-CAM Grafeno y grupo 1 láminas de Vita-Enamic.

Inicialmente la prueba piloto tuvo un total de 6 láminas, 3 para el grupo 0 y 3 para el grupo 1, posteriormente la prueba final se realizó con un total de 40 láminas, 20 para el grupo 0: G-CAM Grafeno y 20 para el grupo 1: Vita Enamic.

Se realizó como se mencionó anteriormente 20 muestras para cada material que fueron comparando uno frente al otro en la máquina de ensayos Instron, proporcionado por la Universidad Santo Tomas , seccional Bucaramanga donde se midió la resistencia a la fractura frente a fuerzas compresivas de cada uno de estos materiales y el tiempo en que ocurrió el fallo total de material.

Esta máquina Instron (Equipo para ensayos Instron Shimadzu Corporation, Kioto, Japón), cuenta con una mordaza inferior fija, donde se aloja la lámina y una mordaza superior móvil que baja y comprime la muestra , en esta mordaza es donde se fijó la punta para que realizó la compresión, el diámetro de la punta fue de 4.0 mm en acero, ubicada en el centro del eje vertical de la lámina, se realizó presión constante con una velocidad de 1 mm/min hasta que ocurrió la fractura, se determina fractura: como la ruptura total del material, el equipo muestra una curva y en el momento de cualquier pérdida de la estructura se observara una caída en la gráfica del aumento constante de la intensidad de la carga, momento en el cual se para el aumento de la carga.

5.6 Análisis estadístico

Se digitaron los datos en una base diseñada para tal fin en el software Excel® y se analizaron en Stata 14®.

Se realizó un análisis descriptivo de las variables, mediante proporciones, medidas de frecuencia, tendencia central y dispersión, según correspondió. Se evaluó la distribución de los datos utilizando la prueba de Shapiro Wilk W.

5.7 Consideraciones éticas

Según la resolución No. 008430 del 4 de octubre de 1993; por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, se tuvo en cuenta los artículos artículo 11 esta investigación la cual se catalogó “sin riesgo” ya que en esta investigación se buscó evaluar in vitro la resistencia compresiva de láminas elaboradas con G-CAM Grafeno y Vita Enamic.

Los autores de este estudio no presentan ningún tipo de conflicto de intereses con las casas comerciales donde se producen los materiales evaluados y los resultados obtenidos se dieron a conocer sin ser alterados o modificados.

6. Resultados

Se realizó el análisis descriptivo de los datos de la medición in vitro de la resistencia a la fractura ante fuerzas compresivas, de láminas de 12mmx 14mmx 1mm de espesor, entre G-CAM Grapheno y Vita Enamic. Para tal fin, se llevó a cabo la comparación entre estos dos materiales debido a que la base de la química es la misma. Si bien no tienen la misma composición en su estructura, el Vita Enamic es también un Polimetilmetacrilato (PMMA). La diferencia con el G-CAM Grapheno es que estas partículas de Polimetilmetacrilato han sido modificadas agregando átomos de Grapheno, encargados de envolver la molécula e ingresar a la parte más atómica en su estructura, que a diferencia del Vita Enamic la modificación no es un refuerzo con otro material,

el Grapheno se interconecta y modifica la base de la molécula del metacrilato existiendo una unión atómica, por medio de la nanotecnología, creando un dopaje al PMMA.

Las muestras evidenciaron valores de resistencia a la fractura, dados en Newtons (Nw) y Megapascuales (MPa), y un tiempo de ocurrencia de fractura en Minutos (Min) o Segundos (Seg) de los materiales anteriormente mencionados.

Tabla 3. Resultados de variables en cada una de las muestras para los materiales (G-CAM Grafeno # 01-020 y Vita Enamic # 110-1200

# de Prueba	ID	Fuerza NW	Fuerza MPa	Tiempo MIN	Tiempo SEG
1	01	1,52	9,07	1,87	112,38
2	02	1,14	6,82	1,42	85,20
3	03	1,78	10,60	1,55	93,3
4	04	1,83	10,91	1,37	82,2
5	05	2,28	13,57	2,70	162,3
6	06	2,64	15,75	2,44	146,46
7	07	1,92	11,47	1,80	108,06
8	08	1,70	10,11	0,95	57,06
9	09	0,95	5,71	0,91	54,72
10	010	1,53	9,15	1,10	66,12
11	011	1,08	6,43	1,04	62,7
12	012	1,89	11,27	0,86	51,78
13	013	1,78	10,62	0,88	52,8
14	014	1,45	8,66	1,02	61,44
15	015	0,99	5,89	0,86	51,6
16	016	1,71	10,21	1,06	63,66
17	017	1,76	10,50	1,05	63,54
18	018	1,65	9,84	1,08	65,22
19	019	1,84	10,97	1,19	71,46
20	020	1,90	11,33	0,66	39,66
21	110	1,20	7,19	0,72	43,56
22	120	0,75	4,48	0,39	23,94
23	130	0,92	5,52	0,75	45,42
24	140	0,85	5,07	0,66	39,96
25	150	1,15	6,90	0,83	49,92
26	160	1,17	7,01	0,49	29,88
27	170	0,77	4,59	0,76	46,08
28	180	0,71	4,27	0,72	43,68
29	190	0,72	4,33	0,72	43,56
30	1100	1,31	7,84	0,59	35,94
31	111	1,01	6,02	0,91	54,96
32	112	0,68	4,09	1,08	64,98
33	113	1,36	8,11	0,79	47,7
34	114	0,76	4,55	0,76	45,84
35	115	0,89	5,30	0,89	53,76
36	116	0,10	0,59	0,04	2,82
37	117	0,73	4,35	0,66	39,9
38	118	0,65	3,86	1,09	65,76

# de Prueba	ID	Fuerza NW	Fuerza MPa	Tiempo MIN	Tiempo SEG
39	119	0,97	5,82	0,71	42,6
40	1200	0,40	2,38	1,06	63,9

Nota: resultados detallados para cada lámina.

Es importante mencionar que dentro de las muestras evaluadas del Gcam Grafeno se observó un valor mínimo de resistencia de 0,95 Nw (5,71 MPa), con un tiempo de ocurrencia de 0,91 Minutos (54,72 Seg), y un valor de máxima resistencia 2,64 Nw (15,75 MPa), con un tiempo de ocurrencia de fractura de 2,44 Minutos (146,46 Seg).

En cuanto a los percentiles el 25% de las muestras de Gcam Grafeno presentó una resistencia a la fractura de 1,49 Nw (8,87 MPa), con un tiempo de ocurrencia de fractura de 0,93 Minutos (55,89 Seg), entre el 50 y 75 % del material presentó una resistencia de la fractura que varió entre 1,74 y 1,86 Nw (10,36 y 11,12 MPa), con un tiempo de ocurrencia de 1,07 y 1,48 Minutos (64,44 y 89,25 Seg).

Tabla 4. Datos de resultados mínimos y máximos en (Nw), (MPa), (Min) y (Seg) para el material = G-CAM Grafeno

Percentiles	Fuerza NW	Fuerza MPa	Tiempo MIN	Tiempo SEG
1%	0,95	5,71	0,66	39,66
5%	0,97	5,80	0,76	45,63
10%	1,03	6,16	0,86	51,69
25%	1,49	8,87	0,93	55,89
50%	1,74	10,36	1,07	64,44
75%	1,86	11,12	1,48	89,25
90%	2,10	12,52	2,15	129,42
95%	2,46	14,66	2,57	154,38
99%	2,64	15,75	2,70	162,3

Nota: percentiles presentados por el G-Cam Grafeno.

Para el Vita Enamic el valor de resistencia mínimo fue 0,40Nw (2,38 MPa), con un tiempo de ocurrencia de 1,06 Minutos (63,9 Seg), y el valor de máxima resistencia 1,36 Nw (8,11 MPa), con un tiempo de ocurrencia de fractura de 0,79 Minutos (47,7 Seg).

En cuanto a los percentiles el 25% de las muestras de Vita Enamic presentó una resistencia a la fractura de 0,72 Nw (4,30 MPa) con un tiempo de ocurrencia de fractura de 0,66 Minutos

(39,93 Seg), entre el 50 y 75 % del material presentó una resistencia de la fractura que varió entre 0,81 y 1,08 Nw (4,83 y 6,46 MPa), con un tiempo de ocurrencia de 0,74 y 0,86 Minutos (44,55 y 51,84 Seg).

Tabla 5. Datos de resultados mínimos y máximos en (Nw), (MPa), (Min) y (Seg) para el material = Vita Enamic

Percentiles	Fuerza NW	Fuerza MPa	Tiempo MIN	Tiempo SEG
1%	0,10	0,59	0,04	2,82
5%	0,25	1,48	0,22	13,38
10%	0,52	3,12	0,44	26,91
25%	0,72	4,30	0,66	39,93
50%	0,81	4,83	0,74	44,55
75%	1,08	6,46	0,86	51,84
90%	1,26	7,52	1,07	64,44
95%	1,34	7,97	1,08	65,37
99%	1,36	8,11	1,09	65,76

Nota: percentiles presentados por el Vita Enamic.

Tabla 6. Variables fuerza en Nw- fuerza en MPa – Tiempo en Minutos – Tiempo en Segundos, resultado global - resultado de G-CAM Grapheno – resultados de Vita Enamic, Valor P

Variable	Global X (de)	Grafeno X(de)	Vita X(de)	Valor p
Fuerza Nw	1,26(±0,54)	1,67(±0,41)	0,85(±0,30)	< 0,001
Fuerza MPa	7,53(±3,25)	9,95(±2,46)	5,11(±1,81)	< 0,001
Tiempo Min	1,01(±0,49)	1,2(±0,53)	0,73(±0,24)	0,0001
Tiempo Seg	61,0(±29,9)	77,58(±32,37)	44,20(±14,47)	0,0001

Nota: resultado global e individual de cada material.

Los resultados mostraron un promedio global de los dos grupos comparados de 1,26[±0,54] Nw (7,53[±3,25] MPa), con un promedio de tiempo global de ocurrencia de la fractura 1,01[±0,49] en Minutos (61,0[±29,9] Seg).

Para el G-CAM Grapheno la resistencia máxima a la fractura fue de 1,67[±0,41] Nw (9,95[±2,46] MPa), con un tiempo de ocurrencia de 1,2[±0,53] en Minutos (77,58[±32,37] Seg).

Para el Vita Enamic el valor registrado en resistencia máxima a la fractura fue de 0,85[±0,30] Nw (5,11[±1,81] MPa), con un tiempo de ocurrencia de 0,73[±0,24] en Minutos (44,20[±14,47] Seg).

Es necesario resaltar que en los resultados anteriormente mencionados se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas con un valor de $P < 0,001$ con respecto a la resistencia a la fractura y el tiempo de ocurrencia del evento evaluado entre estos dos materiales (ver Tabla 6).

7. Discusión

La odontología es una disciplina sanitaria que requiere el uso de una gran variedad de biomateriales, donde el profesional debe tener un conocimiento completo sobre la composición, las propiedades mecánicas, físicas, biológicas, el manejo y las indicaciones de los materiales, para un correcto tratamiento. Un biomaterial dental está creado para estar en contacto con tejidos vivos durante un período de tiempo, por esta razón se requiere conocer y comprobar su capacidad y efectividad, con la finalidad de mejorar su funcionamiento.

Por esta razón, la presente investigación comparó la resistencia a la fractura ante fuerzas compresivas, entre el G-CAM grapheno y Vita Enamic in vitro, en la actualidad es importante destacar que existe evidencia científica limitada para confrontar la resistencia a la fractura del G-CAM Grapheno por ser un material nuevo en el ámbito de la odontología, que cuenta con estudios únicamente realizados por la casa comercial.

Dentro de las características de los materiales de uso odontológico debe ser evaluada una propiedad mecánica como es la resistencia a la fractura ante fuerzas compresivas, propiedad fundamental para un material que va a estar presente en cavidad oral. Para la presente investigación se determinó la resistencia a la fractura ante fuerzas compresivas, del G-CAM Grapheno y Vita Enamic, con la finalidad de evidenciar dicha propiedad mecánica en los dos materiales, se

utilizaron láminas que fueron cortadas bajo las mismas medidas 12mm x 14mm x 1mm, con el objetivo de disminuir el sesgo y homogenizar la muestra.

Se han realizado una serie de estudios para determinar la fuerza masticatoria, reportando que clínicamente los materiales restauradores están sometidos a fuerzas cíclicas de 60 a 250 Nw durante la función, sin embargo, este rango varía notablemente de acuerdo con la ubicación en boca. Phillips et al. reportan que en zona de premolares varía entre 133 a 334 Nw y en la región molar de 400 a 890 Nw. En el presente estudio se evidenció que el G-CAM Grapheno ofrece una alta resistencia compresiva debido a que supera las fuerzas de oclusión con un valor de $1,67 [\pm 0.41]$ Nw, frente $0,84[\pm 0.30]$ Nw, para el Vita Enamic, presentado diferencias estadísticamente significativas entre los dos materiales.

Según Ziting Zheng et al. Con respecto al análisis de Weibull, diferentes materiales podrían proporcionar suficiente resistencia a la fractura bajo cargas oclusales normales, con una probabilidad de falla del 1,93%. Sin embargo, en sus resultados muestran que el Vita Enamic, presenta una resistencia más baja y un módulo de Weibull más alto, con poca acumulación de tensión bajo cargas oclusales normales, por lo que presentó un mayor riesgo de falla bajo cargas de 700 a 900 Nw, situación que parece coincidir con los resultados de la presente investigación donde el Vita Enamic, presentó una resistencia a la fractura máxima de 1,36 Nw (42).

Soares et al. afirman que, en cuanto a la resistencia a la fractura, el factor de mayor importancia es la composición del material restaurador, sin embargo, influye también la capacidad del diente para soportar las cargas masticatorias con una adecuada distribución del estrés sobre los tejidos de soporte; esto parece ser decisivo cuando el objetivo es obtener una restauración con alta resistencia a la fractura (43).

Lo anterior, se podría explicar dado que el Vita Enamic consta de dos estructuras de red interpenetrantes tridimensionales: la red cerámica de feldespatos de estructura fina predominante (75% en volumen o 86% en peso) que está reforzada por una red de polímero de metacrilato (14% en peso o 25% en volumen) (Coldea, 2014). Es así como el mayor contenido de cerámica debilita la estructura al disminuir la resistencia a la propagación de grietas (Alla, 2013; Sakaguchi y poderes, 2007) (44). Zitingy Zheng et al., determinaron que las fuerzas de fractura bajas para el Vita Enamic, están asociadas a la existencia de una matriz cerámica que aumenta la susceptibilidad del material a fracturarse bajo tensiones de tracción según Griffith's teoría del comportamiento (14,42).

Alexis Goujat et al, indican que las propiedades mecánicas parecen depender más de la composición estructural del material que de su composición química. La tenacidad a la fractura se midió en bloques en forma de barra de ($18 \times 3 \times 3$ mm) de Vita Enamic, con un resultado de 1,4 MPa (45). Es necesario resaltar que, en la presente investigación, solo el 5 % de la muestra presentó valores similares 1,48 MPa.

Brian T. W. Leung et al indican que la formación de grietas en los materiales generalmente comienza desde los defectos y / o huecos en una superficie o internamente y luego penetra hasta la interfaz de los granos o las fases más débiles del material. En materiales mecanizables, se podrían generar defectos superficiales durante el proceso de fresado o durante el proceso de grabado con ácido fluorhídrico. En particular, Vita Enamic contiene fases heterogéneas de resina y cerámica que pueden dislocarse (separación de fases) durante cualquier desafío mecánico, por ejemplo, compresión y flexión (46). Lo que podría explicar los valores inferiores para este material en la presente investigación.

Algunas de las propiedades más significativas del grafeno son: su ligereza (una lámina de un metro cuadrado pesa 0,77 miligramos), su alta conductividad eléctrica y térmica. Además, tiene una enorme dureza, es aproximadamente 200 veces más duro que el acero y, por consiguiente, es mucho más resistente al desgaste, a la compresión y a la tensión (120 GPa antes de romperse) (47). Lo que se evidencia en la presente investigación, con valores elevados en resistencia a la fractura hasta de 15,75 MPa.

Para el G-CAM Grapheno de acuerdo con la casa comercial dentro de sus propiedades se reporta: un módulo elástico >3200 MPa - Resistencia a la flexión >140 MPa - Dureza superficial 88 Shore - Absorción de agua 4 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ - Monómero residual <0,004%. En la presente investigación se pudo determinar que presentó una resistencia a la fractura de 9,95[$\pm 2,46$] MPa, superando en el 100% al Vita Enamic.

El instituto de biomecánica de Valencia, realiza pruebas para determinar las propiedades mecánicas del material “G-CAM”, para ello realizaron ensayos estáticos de compresión, flexión y de fatiga a la flexión, para determinar las fuerzas a la compresión se realizó un bloque de 5 x 5 x 12 mm, cada una de las probetas se intercalo entre dos platos de compresión, y se aplicaron las cargas hasta el fracaso de la muestra, arrojando un resultado de $156,654 \pm 0,573$ MPa, siendo superior al requisito requerido por la norma ISO 5833:2002 de ≥ 70 MPa. Procedimiento realizado similar a la presente investigación donde la lámina se ubicó entre las dos mordazas aplicando las cargas de compresión hasta la fractura del material, con láminas de 14x12x1mm de grosor, el percentil sobre el 90% da como resultado 12,52 MPa, mostrando ser proporcional al realizado por el instituto de biomecánica, teniendo en cuenta el grosor de las muestras (48). Diversos autores han demostrado que el grosor en este tipo de estudios no es el factor principal. Por esta razón no altero los resultados.

Siendo ambos materiales en su base de la química PMMA, entre las bondades del Vita Enamic se destaca que presenta una fragilidad significativamente más reducida que la cerámica pura y mejor comportamiento de abrasión que el composite, aun así, el G-CAM Grapheno presentó superior resistencia a la fractura ante fuerzas compresivas, el dopaje del grapheno le permite superar a este material en esta propiedad mecánica.

La hipótesis alterna fue confirmada ya que los materiales evaluados mostraron diferencias estadísticamente significativas ante la resistencia a la fractura entre el G-CAM grapheno y el VITA Enamic.

La limitación metodológica más relevante que se presentó en el estudio fue la falta de evidencia científica, del G-CAM, quien no cuenta con estudios previos y la información obtenida del material fue brindada por la casa comercial. En cuanto a las fortalezas de este estudio se contó con equipos altamente calificados y calibrados para realizar esta investigación, lo que permite certeza en la información. Con respecto al material G-CAM Grafeno se resalta su resistencia a la fractura comparado con el Vita Enamic superando su resistencia.

Se sugiere continuar una línea de investigación de este material que permita valorar su resistencia en el tiempo, y su uso clínico en coronas, inlay, onlays, overlays, prótesis fija, prótesis sobre implantes y demás indicaciones que describe la casa comercial.

Por último, la aplicabilidad clínica de este estudio se basó en la importancia de dar a conocer al clínico evidencia del valor de la resistencia compresiva de este material ampliando la gama de posibilidades a la hora de restaurar, determinando que el G-CAM Grapheno se presenta como una excelente opción dentro de la gama de materiales restauradores.

8. Conclusiones

La resistencia compresiva a la fractura entre las láminas de G-CAM Grafeno y Vita Enamic, evidenciaron diferencias estadísticamente significativas, siendo superior el G-CAM Grafeno con un valor de $1,67[\pm 0,41]$ Nw ($9,95[\pm 2,46]$ MPa), frente $0,85[\pm 0,30]$ Nw ($5,11[\pm 1,81]$ MPa), para el Vita Enamic.

El tiempo de ocurrencia de la fractura ante fuerzas compresivas para el G-CAM Grapheno fue de 0,66 Min (39,66 Seg) el mínimo y 2,70 Min (162,3 Seg) el máximo y para el Vita Enamic de 0,04 min (2,82 Seg) el mínimo y 1,09 Min (65,76 Seg) el máximo.

La resistencia máxima para el G-CAM Grapheno fue de 2,64 Nw (15,75 MPa) en un tiempo de 2,70 Min (162,3 Seg), y para el Vita Enamic de 1,36 Nw (8,11 MPa) en un tiempo de 1,09 min (65,76 Seg).

Referencias

- (1) Lynch CD, Opdam NJ, Hickel R, Brunton PA, Gurgan S, Kakaboura A, Shearer AC, Vanherle G, Wilson NH. Guidance on posterior resin composites: Academy of Operative Dentistry - European Section. Journal Of Dentistry 2014;42(4):377-83. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24462699/>
- (2) Wilson N, Lynch C. The teaching of posterior resin composites: Planning for the future based on 25 years of research. Journal Of Dentistry. 2014;42(5):503-16. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24582692/>
- (3) Ruiz Osorio AE, Rondón Lampe LC. Propiedades estéticas en rehabilitaciones protésicas con disilicato de litio. Bárbula: Universidad de Carabobo; 2013. Disponible en: <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/handle/123456789/2889>
- (4) Martínez Rus F, Pradíes Ramiro G, Suárez García MJ, Rivera Gómez B, Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección. RCOE. 2007;12(4):253-263. Disponible en: <https://bibliografia.co/normas-vancouver/bibliografia-vancouver/>
- (5) Caparroso Pérez C, Duque Vargas JA. Cerámicas y sistemas para restauraciones CAD_CAM: una revisión. Rev Fac Odontol Univ Antioq. 2010;22(1):88-108. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-246X2010000200011
- (6) VITA. VITA-ENAMIC. Disponible en: <https://www.vita-zahnfabrik.com/es/VITA-ENAMIC> [Internet]. VITA
- (7) Macchi L. Materiales dentales. 4a ed. Editorial Médica Panamericana; 2007

- (8) Noort RV. Introduction to dental materials. 4a ed. Mosby Ltd. 2013;32-34
- (9) Roulet JF. Benefits and disadvantages of tooth-coloured alternatives to amalgam. J. Dent. 1997;25(6):459-473. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9604577/>
- (10) Di Carlo S, Brauner E, Di Carlo F, Visca A, Piccoli L, De Angelis F. Graphene Applications in Dentistry. Journal of International Dental and Medical Research 2019;12(2):748-754. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2284458807?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>.
- (11) Graphenano Dental. Catálogo. info@graphenano.com Adental.
- (12) Xie H, Cao T, Rodríguez-Lozano FJ, Luong-Van EK, Rosa V. Graphene for the development of the next-generation of biocomposites for dental and medical applications. Dental Materials 2017;33(7):765-774. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0109564116305504>
- (13) Anusavice K.J. Phillips. Ciencia de los Materiales Dentales. 11a ed. Elsevier. 2004.
- (14) Quintana del Solar M, Castilla Camacho M, Matta Morales C. Resistencia a la fractura frente a carga estática transversal en piezas dentarias restauradas con espigo-muñón colado, postes de fibra de carbono y de aleación de titanio. Revista Estomatológica Herediana. 2005;15(1):24-29. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=421539343005>
- (15) Sánchez R, Roly W. Resistencia a la fractura de piezas dentarias restauradas con espigos prefabricados sometidos a fuerzas verticales in vitro. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2003. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/2830>
- (16) Curiqueo A, Salamanca C, Borie E, Navarro P, Fuentes R. Evaluación de la fuerza masticatoria máxima funcional en adultos jóvenes chilenos. Int. J. Odontostomat. 2015;9(3):443-

447. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2015000300014

(17) Magne P, Schlichting LH, Pires Maia H, Baratieri LN. In vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2010;104(3):149-157. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20813228/>

(18) Sasse M, Krummel A, Klosa K, Kern M. Influence of restoration thickness and dental bonding surface on the fracture resistance of full-coverage occlusal veneers made from lithium disilicate ceramic. *Dental Materials* 2015;31(8):907-915.

(19) Pérez P, Benítez D, Vergel J. Efecto del espesor de dos materiales cerámicos en la resistencia a la fractura para la fabricación de carillas oclusales. Universidad Pontificia Javeriana. 2019. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/43146>

(20) Johnson AC, Versluis A, Tantbirojn D, Ahuja S. Fracture strength of CAD/CAM composite and composite-ceramic occlusal veneers. *J Prosthodont Res.* 2014;58(2):10714

(21) Mantri SS, Bhasin A. CAD/CAM in Dental Restorations: An Overview. *Annals and Essences of Dentistry* 2010;3(3):123-128. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/228931572_CadCam_In_Dental_Restorations_An_Overview

(22) Magne P, Knezevic A. Simulated fatigue resistance of composite resin versus porcelain CAD/CAM overlay restorations on endodontically treated molars. *Quintessence Int* 2009;40(2):125-133.

(23) Li RW, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res* 2014;58(4):208-216.

- (24) Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont* 2015;28(3):227-235.
- (25) Lim K, Yap AU, Agarwalla SV, Tan KB, Rosa V. Reliability, failure probability, and strength of resin-based materials for CAD/CAM restorations. *J Appl Oral Sci* 2016;24(5):447-452
- (26) He LH, Swain M. A novel polymer infiltrated ceramic dental material. *Dent Mater* 2011;27(6):527-534.
- (27) Swain MV, Coldea A, Bilkhair A, Guess PC. Interpenetrating network ceramic-resin composite dental restorative materials. *Dent Mater* 2016;32(1):34-42.
- (28) Azevedo L, Antonaya-Martin JL, Molinero-Mourelle P, del Río-Highsmith J. Improving PMMA resin using graphene oxide for a definitive prosthodontic rehabilitation - A clinical report. *J Clin Exp Dent* 2019;11(7):e670-e674. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31516667/>
- (29) Consejo General de Protésicos Dentales de España. Grafeno un material del futuro en prótesis dentales. Editorial MIC. 2019;(204).
- (30) Catálogo, Graphenano Dental, G_CAM Grapheno, info@graphenanodental.com
- (31) Instituto Valenciano de microbiología. Prueba de irritación intracutánea aguda con el producto, Disco biopolímero nano reforzado con grafeno G-CAM, 2019.
- (32) Instituto Valenciano de microbiología, Prueba de detección de pirógenos en dispositivos médicos con el producto Disco biopolímero nano reforzado con grafeno G-CAM. (European Pharmacopoeia, apartado 2.6.8).
- (33) Salesa B, Martí M, Frígols B, Serrano-Aroca Á. Carbon Nanofibers in Pure Form and in Calcium Alginate Composites Films: New Cost-Effective Antibacterial Biomaterials against the

Life-Threatening Multidrug-Resistant *Staphylococcus epidermidis*. *Polymers (Basel)* 2019;11(3):453. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6473926/>

(34) Grimaneza Molina C, García Merino IR, Aldas Ramírez JE, Falconí Borja G, Armas Vega AC. Evaluation of microleakage in composite restorations after several aging periods. *Rev Fac Odontol Univ Antioq* 2015;27(1):76-85. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-246X2015000200076

(35) Australasian Dental Practice. Vita hybrid ceramic provides a new definition of strength and aesthetics. *Spectrum* 2013;24. Disponible en: <https://www.dentalpractice.com.au/news/vita-hybrid-ceramic-provides-a-new-definition-of-strength-and-aesthetics/b0ca6a1f-dc98-34c9-6c8f-50c488946f12>

(36) Ramos N de C, Campos TM, Paz IS, Machado JP, Bottino MA, Cesar PF, Melo RM. Microstructure characterization and SCG of newly engineered dental ceramics. *Dent Mater*. 2016;32(7):870-8. Disponible en: doi:10.1016/j.dental.2016.03.018

(37) VITA. Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co.KG Spitalgasse 3 · D-79713 Bad Säckingen Germany www.vita-zahnfabrik.com · info@vita-zahnfabrik.com

(38) VITA. Hybrid ceramic provides a new definition of strength and aesthetics, Australasian Dental Practice January/February 2013

(39) Goujat A, Abouelleil H, Colon P, Jeannin C, Pradelle N, Seux D, Grosogeat B. Mechanical properties and internal fit of 4 CAD/CAM block materials. *J Prosthet Dent*. 2018;119(3):384-389. Disponible en: doi:10.1016/j.prosdent.2017.03.001

(40) Sorrentino R, Triulzio C, Tricarico MG, Bonadeo G, Gherlone EF, Ferrari M. In vitro analysis of the fracture resistance of CAD/CAM monolithic zirconia molar crowns with different

occlusal thickness. J Mech Behav Biomed Mater 2016;61:328-333. Disponible en: [doi:10.1016/j.jmbbm.2016.04.014](https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2016.04.014)

(41) Egberta JS, Johnsonb AC, Tantbirojnc D, Versluis D. Fracture strength of ultrathin occlusal veneer restorations made from CAD/CAM composite or hybrid ceramic materials. Oral Science International 2015;12(2):53-58. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1348864315000178>

(42) Zheng Z, He Y, Ruan W, Ling Z, Zheng C, Gai Y, Yan W. Biomechanical behavior of endocrown restorations with different CAD/CAM materials: A 3D finite element and in vitro analysis. J Prosthet Dent. 2021;125(6):890-899. Disponible en: [doi:10.1016/j.prosdent.2020.03.009](https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.03.009)

(43) Gorrón Quintero MA, Mesa Bogotá C, Palacio Ceballos JG, Torres Durán E. Comparación de la resistencia a la fractura de tres materiales CAD/CAM para incrustaciones: VITA ENAMIC®, CERASMART™ GC E IPS E.MAX® CAD. Estudio In-Vitro. Bogotá: Fundación Universitaria CIEO 2018.

(44) Mohammed Saleh AR, Al-Ani M, ALRawi T, Al-Edressi G. An in-vitro comparison of fracture resistance of three CAD/CAM Ceramic materials for fabricating Veneer. The Saudi Dental Journal 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2020.03.013>.

(45) Goujat A, Abouelleil H, Colon P, Jeannin C, Pradelle N, Seux D, Grosogeat B. Mechanical properties and internal fit of 4 CAD/CAM block materials. J Prosthet Dent. 2018;119(3):384-389. Disponible en: [doi:10.1016/j.prosdent.2017.03.001](https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.03.001)

(46) Leung BT, Tsoi JK, Matinlinna JP, Pow EH. Comparison of mechanical properties of three machinable ceramics with an experimental fluorophlogopite glass ceramic. J Prosthet Dent. 2015;114(3):440-6. Disponible en: [doi:10.1016/j.prosdent.2015.02.024](https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.02.024)

- (47) Mora K, Boquete A, Martinez J. La nanotecnología del grafeno aplicada a la odontología, nuevos materiales bioinspirados en la naturaleza. El dentista moderno 2020.
- (48) Instituto de Biomecánica de Valencia. Estudio del material G-Cam, biopolímero nanoreforzado con grafeno. 2020. Código 200005 – PV20/023.