



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

“USO DEL GRAFENO COMO MATERIAL DE
RESTAURACIÓN EN ODONTOLOGÍA”

**TRABAJO TERMINAL ESCRITO DEL PROGRAMA DE
TITULACIÓN POR ALTO PROMEDIO**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANO DENTISTA

P R E S E N T A:

ALEXIS IVAN RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

TUTORA: Mtra. ALMA ROSA RESÉNDIZ JUÁREZ

ASESOR: Mtro. CARLOS ALBERTO MORALES ZAVALA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
CAPÍTULO 1 GENERALIDADES.....	3
1.1 ¿QUÉ ES LA ODONTOLOGÍA RESTAURADORA?	3
1.2 ¿QUÉ ES LA PRÓTESIS EN ODONTOLOGÍA?	5
1.3 BIOMATERIALES DENTALES PARA RESTAURACIÓN DENTAL.....	9
1.4 BIOMIMÉTICA.....	18
1.5 NANOTECNOLOGÍA.....	20
CAPÍTULO 2 GRAFENO.....	22
2.1 ¿QUÉ ES EL GRAFENO?	22
2.2 OBTENCIÓN DEL GRAFENO.....	25
2.2.1 DERIVADOS DEL GRAFENO.....	26
2.2.1.1 ÓXIDO DE GRAFENO.....	26
2.2.1.2 ÓXIDO DE GRAFENO REDUCIDO.....	27
2.3 PROPIEDADES DEL GRAFENO.....	27
2.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS	29
2.3.2 PROPIEDADES QUÍMICAS.....	32
2.3.3 PROPIEDADES MECÁNICAS.....	33
2.3.4 PROPIEDADES BIOLÓGICAS	35
2.4 APLICACIONES DEL GRAFENO EN EL MUNDO.....	36
CAPÍTULO 3 CLASIFICACIÓN DE LAS PORCELANAS DENTALES.....	39
3.1. CLASIFICACIÓN POR LA COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	41
3.1.1 PORCELANA DENTAL FELDESPÁTICA.....	42
3.1.2 PORCELANA DENTAL ALUMINOSA.....	44
3.1.3 PORCELANA DENTAL CIRCONIOSA.....	45
CAPÍTULO 4 EL GRAFENO EN LA ODONTOLOGÍA.....	47
4.1 CEMENTOS DE IONÓMERO DE VIDRIO CON GRAFENO	

FLUORADO.....	47
4.2 COMPARACIÓN DEL GRAFENO CON ANTIGUOS MATERIALES DE RESTAURACIÓN DENTAL.....	49
4.3 COMPARATIVA DE SOLUCIONES DENTALES.....	50
4.4 PROPIEDADES.....	51
4.5 TIEMPO DE TRABAJO.....	52
4.6 ESTÉTICA.....	56
CAPÍTULO 5 CEMENTACIÓN DEL GRAFENO.....	60
CONCLUSIONES.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

INTRODUCCIÓN

Se lleva a cabo una búsqueda sobre artículos, revistas, libros y otras fuentes bibliográficas sobre el Grafeno, así como, sus propiedades, características y usos en los diversos campos, enfocado principalmente en la odontología como un material innovador para utilizarse en restauraciones operatorias o protésicas en las distintas ramas de esta especialidad; con el afán de recopilar los datos más relevantes que nos puedan ayudar a identificar en qué casos se debería utilizar o cuáles son las ventajas que presenta este material en comparación con los materiales más comúnmente utilizados y que llevan más tiempo en el mercado para casos clínicos similares.

De forma que, al buscar información, se pueda acceder a páginas confiables y obtener escritos, artículos, notas, o cualquier texto informativo que permita aportar información valiosa a la investigación.

La recopilación de datos ayuda a simplificar la búsqueda sobre un tema en específico. Los resultados obtenidos nos ayudarán a profundizar en el conocimiento sobre las características del material y sus modos de empleo en el campo odontológico, así como, los casos en los que se puede llegar a ocupar, los materiales a utilizar y las indicaciones que se puedan llegar a dar al paciente que lleve alguna restauración de Grafeno.

Todo esto con el fin de tener un estado del arte acerca de dicho material, debido a su reciente ingreso en el mercado odontológico.

JUSTIFICACIÓN:

Este proyecto se realiza por la necesidad de obtener información sobre este nuevo material que se está introduciendo en la odontología para sustituir a materiales con propiedades menos ventajosas para el uso de una restauración, en el proceso de masticación. Para comparar los materiales ya existentes con el grafeno y resolver las preguntas que un odontólogo se realiza en consulta general cuando se encuentre en duda de cuáles son las opciones para restaurar un diente dañado, ¿Cuándo? o ¿Por qué? deberíamos elegir el grafeno como material de restauración. Realizando de esta manera una recopilación de artículos, informes, libros e investigaciones existentes para reunir los datos que nos ayuden a definir la utilidad del grafeno en el área de la odontología restauradora.

El constante cambio y actualizaciones que presenta el área odontológica nos brinda la necesidad de estar constantemente actualizados conforme a las nuevas técnicas, materiales, instrumentos e insumos que se presentan día con día y que son herramientas que podemos utilizar en nuestra área de trabajo, por lo que el Grafeno, al ser un material que se está introduciendo en el área de restauración y prótesis, es necesario ir conociendo sus propiedades y utilidades en la odontología. Brindándonos el conocimiento de los casos en los que se puede utilizar este material, sus ventajas y desventajas frente a otros materiales como la zirconia o el disilicato de litio, el costo, el tiempo de fabricación y duración de una restauración, entre otros.

En beneficio principal del paciente al poderse colocar una restauración de mejor calidad, de acuerdo a sus necesidades y que el odontólogo obtendrá un mejor conocimiento acerca de este material y brindar un mejor servicio a los pacientes.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1 ¿QUÉ ES LA ODONTOLOGÍA RESTAURADORA?

La Odontología restauradora se puede definir como la especialidad odontológica que estudia y aplica de forma integrada el diagnóstico, el tratamiento y el pronóstico dentales. Los tratamientos preventivos y restauradores deben obtener como resultado el mantenimiento o el restablecimiento de la forma, la función y la estética, así como el de la integridad fisiológica del diente, en relación armónica con la estructura dental remanente, los tejidos blandos y el sistema estomatognático.

La odontología restauradora se ocupa de la reconstrucción de los dientes afectados por enfermedades, traumatismos, defectos congénitos y otros problemas. Aunque en esencia es mucho más compleja, quien se dedique a esta disciplina debe poseer profundos conocimientos de todas aquellas ramas de la odontología que directa o indirectamente, se relacionan con el diente o son responsables de mantener su salud e integridad.



Figura 1. Restauración Dental con resina. ²⁹

La operatoria dental ideal es la preventiva, cuya misión consiste en poner en práctica desde muy temprano, los procedimientos o técnicas que tienden a evitar la iniciación de las lesiones que llevan a la destrucción de un diente. A pesar de los cambios en el campo de la prevención, aún es una utopía

pensar en la posibilidad de evitar los daños que se producen, por lo que el 90% de la operatoria dental es restaurativa.

Es necesario también el conocimiento de los materiales y las técnicas disponibles, los cuales están en constante evolución para seleccionar y aplicar la mejor opción de tratamiento ante la necesidad de restauración de cada paciente y su situación clínica. Otro aspecto fundamental es la necesidad de realizar un mantenimiento periódico preventivo tanto para mantener la salud bucal del paciente como para propiciar un mejor pronóstico en las restauraciones realizadas.

Con la llegada de la técnica del grabado ácido del esmalte por Buonocore en 1955 y el desarrollo de las resinas compuestas recomendadas en 1963 por Bowen, se inició una nueva era en la odontología restauradora. En la década de los 80 se introdujeron las resinas compuestas fotopolimerizables y con ellas, los sistemas adhesivos con los que puede limitarse a la remoción del tejido cariado. Además, el desarrollo de estos sistemas adhesivos origina nuevas técnicas restauradoras como laminados de porcelana, incrustaciones de resina o porcelana, entre otras.

Hoy en día los pacientes desean recibir tratamientos restauradores que comprometan lo menos posible la integridad de sus dientes, tratamientos duraderos y de alta resistencia, además de otra demanda frecuente como la realización de procedimientos restauradores que mejoren su apariencia estética, esto es, con certeza, el reflejo del impacto de los medios de comunicación que asocia en la estética, al estado de salud y al éxito en una sociedad muy competitiva, así como la evolución de los materiales y las técnicas restauradoras disponibles para satisfacer dicha demanda.



Figura 2. Restauración en dientes anteriores altamente estética con resina. ²⁹

1.2 ¿QUÉ ES LA PRÓTESIS EN ODONTOLOGÍA?

Una prótesis dental, es un elemento artificial dedicado a restaurar la anatomía de una o varias piezas dentarias, restituyendo, así, la relación entre los maxilares que, a su vez, devuelve la dimensión vertical. Son aparatos confeccionados en laboratorios dentales, cuya finalidad también es la de sustituir las piezas dentales que se hayan perdido, para recuperar principalmente la función masticatoria, fonética y la estética.

El origen y el uso de las prótesis dentales no es nada reciente. Las enfermedades han aquejado a la humanidad desde sus mismos inicios, en especial el lancinante dolor dentario producido por una caries profunda o un absceso periapical. Técnicas curativas y rehabilitadoras han sido practicadas por muchos médicos a lo largo de la historia.

- Desde las primeras civilizaciones de la humanidad ya se observan usos de prótesis dentales, prácticamente desde los etruscos que en el año 754 A.C. fueron los artesanos más hábiles de la época, producían puentes muy complejos en los que se empleaban bandas de oro soldadas entre sí por pónicos hechos de diferentes piezas dentales de humanos o animales. Este pueblo utilizaba las piezas dentales de

los animales colocándolas en los huecos existentes entre dientes, mediante bandas de oro.

- En el año 600 A.C. se tratan las reliquias de Mayer, se describe una prótesis en la que un par de centrales habían sido reemplazados por un diente de Boj.



Figura 3. Férula hecha por los etruscos: Mandíbula de 500 A.C. con dientes afectados periodontalmente ligados con alambres de oro (fenicios) hallada en 1901 en la ciudad de Sidon (Fenicia) ³¹

- En el año 300 A.C. Se descubre la artesanía romana, se confirma que las coronas ya se usaban en el primer siglo A.C.⁴
- En el año 65 A.C. se mencionó el uso del marfil y de madera para hacer dientes artificiales. El hueso y el marfil eran los principales materiales utilizados en la realización de prótesis. Se escogían estos materiales porque imitaban de una forma muy realista el color natural de los dientes. Es necesario aclarar que eran prótesis funcionales, aunque muy poco estéticas.

- Desde ese entonces hasta Walter Herman Ryff en Alemania donde en 1548 se escribe uno de los primeros libros que abordan la odontología con independencia de la medicina.
- De 1600 a 1840 quedaron establecidos los cimientos de la odontología como ciencia. En Francia, Alemania e Italia se utilizaban dientes de hueso y marfil tallados sujetos a los dientes vecinos con alambres de oro y plata. En 1700 Mattheus Gottfried Purmann es el primer autor que habla del uso de modelos de cera para trabajos protésicos. En 1728 Pierre Fauchard describe en su libro diversas técnicas quirúrgicas y protésicas, Lorenz Heister (1683-1758) fue el primero que empezó a hablar de prótesis removibles. En 1789 se utiliza la porcelana cocida para la fabricación de dientes, en 1778 Nicholas Dubois, tu dentista francés, presentó por primera vez una dentadura completa de porcelana cocida, Pierre Fauchard describió cómo se deben hacer los puentes y las dentaduras completas, propuso usar dientes humanos, marfil, toro o elefante. El Método de Fauchard para sujetar una dentadura superior cuando los dientes naturales inferiores se conservan.
- La introducción de la porcelana en odontología tiene lugar con Alexis Duchâteau (1714-1792), un farmacéutico parisino que, movido por los problemas de sus prótesis de marfil con el olor y las tinciones, intentó hacer una prótesis dentaria de porcelana en la fábrica de porcelanas de Guerhard.
- Nicolás Dubois de Chémant (1753-1824), modifica dos veces la composición de la pasta mineral original para mejorar su color y estabilidad dimensional, y para mejorar la sujeción de los dientes a la base también de porcelana.

- El siguiente paso fueron los dientes aislados de porcelana, sujetos mediante un clavo con bases elaboradas en oro o plata. Giuseppangelo Fonzi (1768- 1840) es quien presentó sus prótesis llamadas “incorruptibles terrometálicas” en 1808, a una comisión científica del Ateneo de Arte y la Academia de Medicina de París. Fonzi creó modelos en los que construía dientes individuales de porcelana. Antes de cocerlos se introducía un clavo de platino debajo de cada diente y éste, después, se soldaba a la base de plata u oro de la prótesis, realizó prótesis completas hechas de dientes de marfil sujetos a una base esmaltada 1728.
- En 1851 Nelson Goodyear anunció el desarrollo de un método para producir vulcanita o caucho duro, el cual fue el primer sustituto válido para las dentaduras de marfil tallado.
- Los cimientos puestos por los franceses durante la última parte del siglo XVIII se aprovecharon bien por los arquitectos de esta profesión en el siglo XIX.
- Desde 1900 con el nacimiento del siglo XX los diferentes materiales y procesos empleados en odontología restauradora experimentaron numerosas mejoras.
- En 1935 se comienza a usar la resina acrílica polimerizada como base para los dientes artificiales. Y a partir de allí se estudian día a día nuevas formas de mejorar el aspecto con nuevas técnicas.
- A finales del siglo XX se conocían los principios fundamentales en los que se basan procedimientos tales como: obtención de impresiones, construcción de dentaduras removibles y totales.⁵

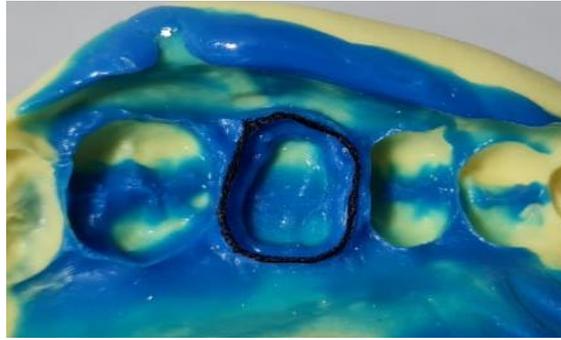


Figura 4. Impresión dental para prótesis fija (FD).

- Con el advenimiento del siglo XXI las nuevas tecnologías ya permiten obtener una dentadura perfecta en un solo día. Sólo hace falta que quede, en lugar de la pieza perdida, un hueso de tamaño y calidad suficientes como para que el especialista pueda trabajar con garantías. ⁴
- En la actualidad, la tecnología CAD-CAM es una de las más eficaces que existen para la realización de prótesis dentales. ¹

1.3 BIOMATERIALES DENTALES PARA RESTAURACIÓN DENTAL

La práctica de la odontología restauradora tradicional se basaba en el diagnóstico y el tratamiento de la caries, casi únicamente en la reparación de la lesión, es decir, en la confección de restauraciones de las cavidades cariosas.

En relación con las alternativas de materiales restauradores, es oportuno hacer una comparación entre aquellos disponibles que se utilizaron durante gran parte del siglo XX cuando predominó la práctica de la odontología restauradora tradicional y los materiales disponibles en la actualidad.

La definición de biomateriales dentales separa el concepto de “biomaterial” como material utilizado en relación con un medio biológico o en una profesión vinculada con las ciencias de la salud. Sin embargo, algunas denominaciones reservan el término “biomaterial” para hacer referencia al que interactúa con un tejido biológico. Y el término material cuyo significado sería “materia con qué se hace una cosa” o bien “materias necesarias para realizar una obra o ejercer una profesión”.

Surge de estas consideraciones que los “biomateriales dentales” son materia y, por consiguiente, para conocerlos, estudiarlos y utilizarlos correctamente se hace necesario partir del conocimiento y estudio de lo que se entiende por “materia”. Hay materia formada por átomos metálicos y, por lo tanto, hay materiales formados por ellos y son los denominados materiales metálicos (plomo, hierro, oro, etc.). Los átomos metálicos tienden a perder electrones (los denominados de valencia) para quedar con una órbita externa completa, con facilidad se transforman en cationes y así en realidad no hay átomos ni iones positivos, y los electrones que han quedado libres circulan entre ellos y son compartidos por todos, lo que permite que se unan formando una nube electrónica.

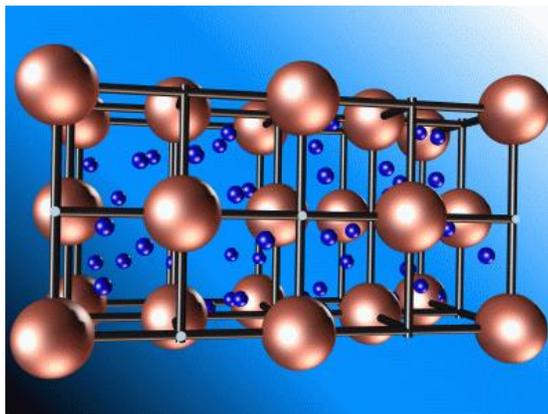


Figura 5. Enlace metálico. ³⁰

Cómo los átomos metálicos pueden combinarse con los no metales (p. ej. las sales), hay materia y materiales constituidos por estos dos tipos de átomos y se denominan materiales cerámicos (yeso, mármol, etc.). Los átomos de estos materiales se unen por un enlace iónico o electrovalencia donde un átomo pierde un electrón para transformarse en catión y otro necesita un electrón para completar su órbita externa para convertirse en anión, y así, las cargas opuestas con que se han quedado ambos hace que se atraigan y se unan.

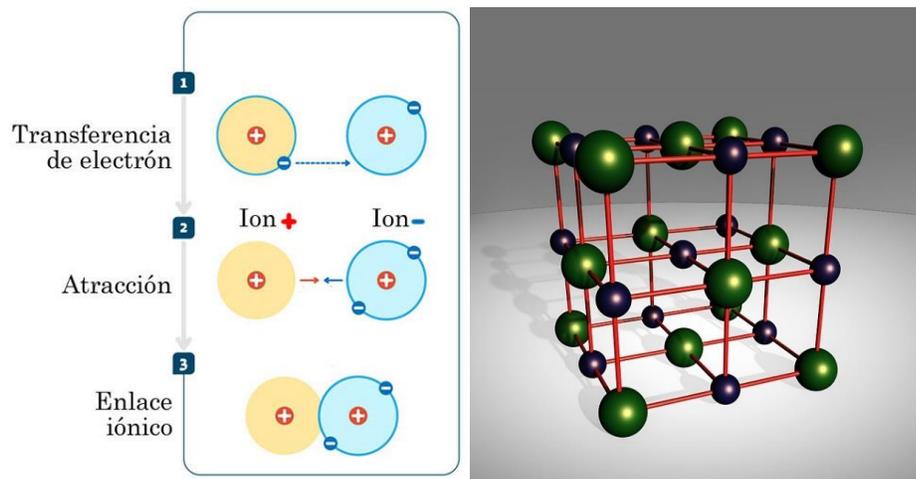


Figura 6. Enlace Iónico. ³¹

Y por último existe materia en la cual los grupos de átomos se unen primeramente entre sí para formar las moléculas y, en segunda instancia, la relación entre esas moléculas da lugar a la materia o material. Son estos los denominados materiales orgánicos, ya que el átomo que con mayor frecuencia contribuye a la formación de esas moléculas es el carbono que constituye la base de la denominada, química orgánica.

Las uniones que condicionan el estado sólido de estos materiales no son por electrovalencia, que para completar su órbita externa antes de ceder o tomar electrones le es más fácil compartirlos. Pero como cada uno de estos átomos puede a su vez compartir con otro y otro, le permite, en definitiva,

configurarse una estructura tridimensional. A este tipo de unión se les llama enlaces covalentes. Un ejemplo claro de este enlace es la molécula del agua (Figura 7).

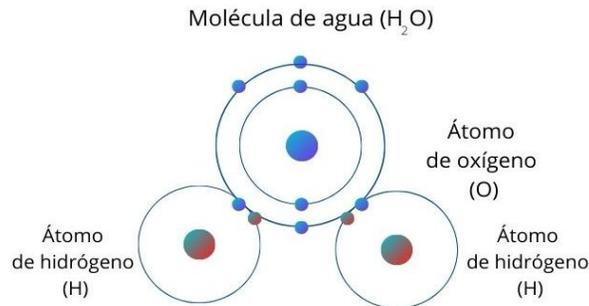


Figura 7. Enlace Covalente de la molécula del agua.⁴⁰

Pueden existir materiales formados estructuralmente por una combinación de materiales cerámicos, poliméricos y metálicos, a estos se les denomina materiales compuestos o composite.

Esta clasificación de los materiales no tiene sólo un fin didáctico. La presencia de átomos distintos en cada uno de ellos, hace que sean diferentes las condiciones y las fuerzas con las que se relacionan para constituir materiales en estado sólido y, por lo tanto, sus características difieren totalmente. Esto puede llevar, como consecuencia, a aplicaciones y usos diversos.

A lo largo del siglo XX el dentista disponía básicamente de la amalgama para los dientes posteriores y del cemento de silicato y de la resina acrílica para los dientes anteriores, como materiales restauradores directos, sin embargo, los materiales para restaurar un diente han evolucionado desde entonces, de acuerdo a la demanda de mejores propiedades y estética.

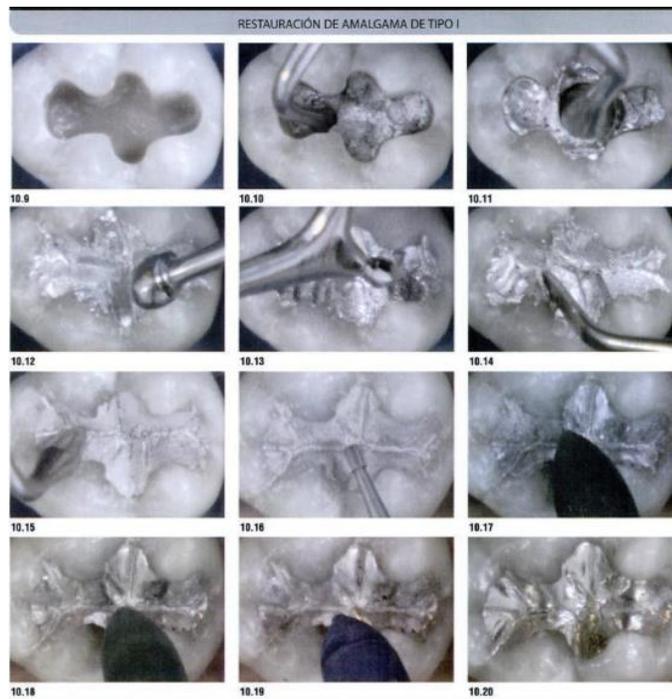


Figura 8. Restauración con amalgama tipo. ³

Las resinas acrílicas están hechas a base de polimetacrilato de metilo y fueron desarrolladas en la década de los 30 y usadas en odontología en los años 40, primero como bases para prótesis totales, después como material de restauración directa para dientes anteriores y luego para la fabricación de dientes anteriores, carillas, cucharillas o portaimpresiones, prótesis provisionales, férulas, guardas nocturnas, aparatos ortodónticos entre otros.

La resina acrílica originalmente es clara e incolora, pero puede teñirse con facilidad, de aquí que sea idónea para que se le den los colores y tonos de la estructura de la boca como dientes o encía. Es un material cuyas propiedades físicas y mecánicas mejoran cuanto mayor es su peso molecular.



Figura 9. Dentadura total de resina acrílica. ⁴¹

Las resinas dentales son materiales compuestos por un material polimérico o fase orgánica y un material cerámico o fase inorgánica. Se usan para restaurar lesiones cariosas, reconstrucciones dentales, incrustaciones tipo inlay, onlay y overlay, sellar el canal de las prótesis fijas colocadas sobre implantes y elaborar provisionales directos e indirectos. Este material se usa en la actualidad más que la amalgama dental. No requiere tallados invasivos y se puede trabajar con técnicas mínimamente invasivas. Es un material altamente estético, en el mercado existen resinas compuestas específicas para el sector anterior por su alto pulido y translucidez, pero también aportan alta resistencia al desgaste y cargas en resinas compuestas específicas para restauraciones en posterior.



Figura 10. Resinas compuestas en sus presentaciones de jeringa y compul. ⁴²

Los metales se utilizan en aleaciones dentales y los porcentajes de los diversos componentes influyen en el comportamiento físico y químico final.

Existen varios metales que aún se utilizan en Odontología. Su función suele ser de estructura interna de las prótesis dentales fijas, estructuras en prótesis removibles o el elemento del cual están confeccionados algunos implantes.

Los metales más usados son:

- Oro
- Níquel
- Cobalto
- Cromo
- Estaño
- Aluminio
- Titanio
- Hierro
- Paladio
- Platino
- Cobre
- Plata
- Vanadio
- Mercurio



Figura 11. Metal de una prótesis parcial removible. ⁴³

La porcelana tiene los atributos para igualar la apariencia de los dientes naturales, ha tenido un fuerte impulso en los últimos 30 años. Se procesa mezclando el polvo de cerámica con agua y a esta pasta se le da la forma requerida para después sintetizarla, es decir, someterla a presión y altas temperaturas hasta lograr una estructura rígida. Actualmente se tiene la cerámica dental vaciada, que es una porcelana formulada para usarse con el método de cera perdida y vaciado, y se usa para realizar incrustaciones y

coronas completas. Por otro lado, existen las porcelanas inyectadas bajo presión las cuales tienen un núcleo de cerámica muy resistente y posteriormente se le agrega en masa el cuerpo del diente.



Figura 12. Puente fijo de 3 unidades elaborado con porcelana (FD).

En la actualidad las porcelanas más utilizadas son las feldespáticas, las reforzadas con disilicato de litio, las de óxido de alúmina, las de óxido de zirconio y cerámicas vítreas.

La aparición de la zirconia como un biomaterial data de finales de los años 60, cuando Helmer y Driskell publicaron el primer artículo con referencia a las aplicaciones médicas de la zirconia. Según la tabla periódica de los elementos, este material está más cerca de ser un metal. Es de color blanco, es muy resistente a la corrosión y tiene una dureza similar a la del acero; por estas propiedades se utiliza en la actualidad en la Odontología para la confección de resinas compuestas, ataches, prótesis fijas de coronas de una y más unidades, pernos, brackets de ortodoncia, pilares de implantes e implantes. No ofrece ningún tipo de reacción al contacto directo con tejidos, es bioinerte y biocompatible con las estructuras bucales.



FIGURA 13. Prótesis fija de tres unidades elaborado sobre implantes de titanio. ⁴⁴

El disilicato de litio dentro de las cerámicas reforzadas, son los materiales con las mejores propiedades mecánicas, debido a la incorporación de las partículas de carga; tenemos a esta cerámica (IPS e.max Press), que se presenta como una excelente opción de tratamiento para las restauraciones de dientes anteriores y posteriores. Esta cerámica presenta alta resistencia mecánica (360-400 MPa) y estética, debido a sus cristales más pequeños y homogéneos y sus preparaciones son más conservadoras, favoreciendo su éxito a largo plazo. El disilicato de litio, es un material particularmente utilizado en casos de erosión, abrasión o atrición donde es necesario restaurar el tejido dentario perdido, también en casos protésicos donde se requiera la corrección de una malposición dentaria. ⁹

Con la fibra de vidrio, cuando a un diente se le realiza un tratamiento de Endodoncia, la remoción del tejido carioso y la preparación del conducto puede generar fragilidad del tejido dentario remanente. El surgimiento de pernos intrarradiculares de fibra de vidrio tiene como finalidad disminuir el riesgo de fractura del remanente dentario y favorecer la retención del material restaurador.

La fibra de carbono es un material sumamente ligero, resistente, flexible y biocompatible. El uso de la fibra de carbono en Odontología no es nuevo: su utilización como postes intrarradiculares postendodoncia se remonta a más de 15 años, pero se dejó de utilizar con este fin por no ser estético. Actualmente se ha retomado su uso para las rehabilitaciones orales, tanto dentosoportadas como implantosoportadas. Existe una variedad de tipos de material para prótesis dentales. Cada material presenta una aplicación protésica con propiedades físicas y mecánicas diferentes entre ellas.

La introducción del mundo digital o la manera de procesar y elaborar las prótesis dentales, seguramente generará cambios y surgimiento de nuevos materiales. Es importante que cada paciente sea evaluado por un grupo de especialistas en Odontología para elegir el material que mejor se adapte a las necesidades del mismo.

1.4 BIOMIMÉTICA

La corriente biomimética se describe como la búsqueda de soluciones tecnológicas, y hasta culturales, emulando lo que ya hace la naturaleza. El dogma por el que se rige esta filosofía es “la naturaleza lo hizo primero y lo hizo mejor”. Los resultados se enfocan en aprovechar la naturaleza desde un punto de vista funcional donde se busca resolver los problemas como la naturaleza lo haría. Se explota el “conocimiento” en organismos, sistemas y materiales.¹⁰

La creciente demanda de los pacientes por restauraciones estéticas o sin metal, junto con el interés permanente de la profesión por materiales que preserven los tejidos, ha derivado en el desarrollo real de restauraciones adhesivas, estableciendo claramente que es posible un nuevo enfoque biomimético para la odontología restauradora mediante el uso ordenado de materiales “parecidos a los dientes” (resinas compuestas y cerámicas) y la

generación de adhesivos a los tejidos duros (esmalte y dentina). Los estudios científicos y la experiencia clínica han validado el uso de estas restauraciones estéticas adheridas, y podemos haber entrado en la denominada "era post-amalgama"¹.

La odontología biomimética o de bio-emulación ha permitido la asociación de dos parámetros fundamentales en los tratamientos terapéuticos actuales: la preservación del tejido y la adhesión. Este concepto contemporáneo hace que sea posible el mantenimiento de la integridad de la máxima cantidad de tejido dental posible, al tiempo que ofrece la longevidad clínica excepcional, y los máximos resultados estéticos, accediendo a la conservación del medio biológico-estético, biomecánico y las propiedades funcionales del esmalte y la dentina, es decir, que es claramente posible el desarrollo de preparaciones que permitan la conservación de los tejidos duros, con el fin de unir o adherir restauraciones parciales, en los sectores anterior y posterior.

Los objetivos de la odontología biomimética son:

1. Criterios de mínima invasión al eliminar la infección en la dentina, a través del diagnóstico y la eliminación adecuada de la caries.
2. Evitar las fisuras o grietas en la dentina a través del análisis y el tratamiento de compromisos estructurales, previniendo tensiones internas.
3. Crear una fuerte adhesión entre los tejidos.
4. Resistir el desgaste y la erosión a través de la preparación conservadora y adecuada del diente, así como del diseño de la restauración.
5. Funcionar correctamente dentro de la relación oclusal, durante los movimientos de la masticación. ¹¹

1.5 NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA

Nanociencia es el estudio de los fenómenos y la manipulación de materiales a escala nanométrica. Nanotecnología, por su parte, es el diseño, caracterización y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas complejos mediante el control de la forma, el tamaño y las propiedades de la materia a escala nanométrica. Puesto que el término “nanotecnología” abarca un amplio rango de herramientas, técnicas y potenciales aplicaciones, algunos científicos encuentran más apropiado llamarlas nanotecnologías, y entre las disciplinas que convergen en ellas se encuentran la química, la física, la biología, la medicina y la ingeniería, entre otras.

Imaginemos lo que se podría hacer si se pudiera construir objetos a la manera que trabaja la naturaleza, átomo por átomo y molécula a molécula. Solamente vislumbrar la posibilidad resulta fascinante. Actualmente, la investigación en ciencia de materiales nano-estructurados o nanotecnologías es un vasto y activo campo de investigación, tanto en ciencia básica como aplicada, con un alto grado de competencia académica y tecnológica.

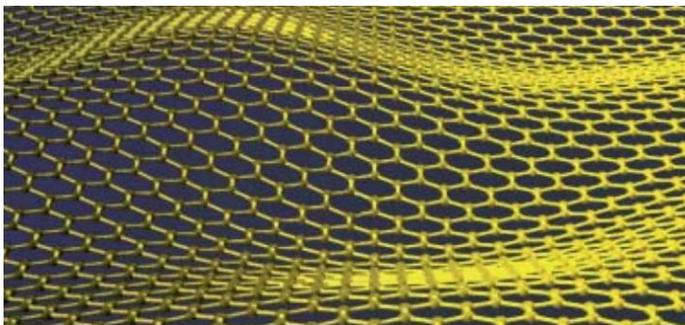


Figura 14. Representación gráfica de una lámina de grafeno. ⁸

La aplicación de la nanotecnología en el ámbito odontológico, se ha hecho evidente tanto en procedimientos de práctica general, como en diversas

especialidades. El odontólogo de hoy ya trabaja con nanomateriales en su clínica privada y basta con mencionar que diversas compañías han empezado a vender sus productos como resinas nano-híbridas, nanorellenos y/o nano-adhesivos, que al ser manipulados a escalas «nano» incrementan las propiedades mecánicas, físicas y químicas cuando se comparan con los materiales convencionales utilizados en la práctica clínica. Las nanopartículas han empezado a jugar un papel importante tanto en la medicina, como en odontología. Lo maravilloso de estas nanopartículas son las nuevas propiedades de antidesgaste, antibacterianas y antifúngicas que presentan en su química superficial. ¹⁴

La nanotecnología en odontología, o nano-odontología, promete el mantenimiento de la salud oral integral mediante el empleo de nanomateriales, incluyendo la ingeniería de tejidos, y la nanorobótica dental (Jhaveri & Balaji; Freitas, 2000). La nueva oportunidad de tratamiento potencial en odontología puede incluir el diagnóstico de cáncer, el uso de nuevos anestésicos locales, la renaturalización de la dentición, el tratamiento permanente de la hipersensibilidad dentaria y hasta el mantenimiento continuo de la salud oral utilizando dentifrobots (dentífrico nanorobot) (Freitas, 2009). ¹³

2.- GRAFENO

2.1 ¿QUÉ ES EL GRAFENO?

El grafeno se descubrió por primera vez como una estructura de láminas, que es, mecánicamente exfoliado de un bloque de grafito, pero en los últimos años se han ampliado las investigaciones sobre esta nanoestructura dimensional de carbono. Varias aplicaciones de los materiales basados en grafeno incluyen electrónica, fotónica, optoelectrónica, sensores y sistemas de administración de fármacos.

Estas capas de carbono de un solo átomo tienen el potencial de ser formadas en diferentes morfologías, por ejemplo, puntos cuánticos, nano hojas y nanopartículas, que se pueden adaptar para lograr nuevas innovaciones revolucionarias.

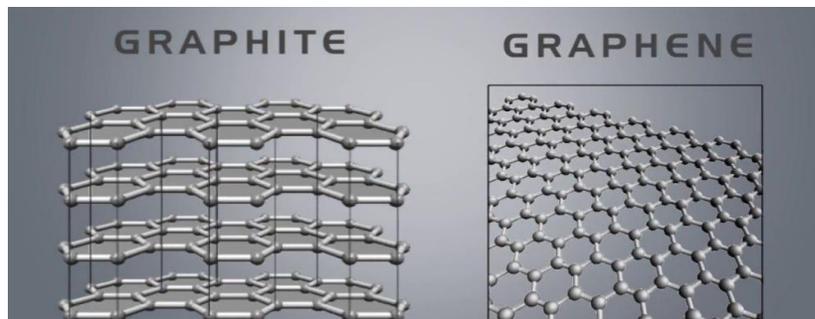


Figura 15. El grafito tiene múltiples capas de carbono mientras que el grafeno es una estructura comprimida a un átomo de espesor. ³⁴

Hace décadas, la idea de una lámina molecular como estructura bidimensional de un solo átomo de espesor habría parecido un sueño imposible. En 2004, apareció el primer artículo sobre un material asombroso, pero la historia comenzó el año anterior cuando Geim y Novoselov aplicaron un poco de cinta adhesiva a un bloque de grafito, produciendo así el material

que resultó en el Premio Nobel para la física en 2010. El material era más fuerte que el diamante, más conductor que el cobre y un millón de veces más delgado que el papel. Este asombroso material nuevo se llamó grafeno y consta solo de átomos de carbono unidos en una sola capa con una disposición de panal.

En términos simples, una capa ultrafina de grafito, se llama grafeno. En términos de química, el grafeno es un alótropo monocapa de sp^2 átomos de carbono hibridados con una longitud de enlace de 0,142 nm. Como se muestra en la Figura 16, donde la estructura molecular puede tomar varias morfologías: (verde) cuando se envuelve en una estructura 0D forma esférica moléculas llamadas fullerenos; (rosa) cuando se convierte en un 1D estructura forma nanotubos de carbono; (morado) cuando forma una sola hoja atómica 2D es grafeno; y (azul) cuando se apila en una estructura a granel 3D se le llama grafito.

En la estructura de grafito, los átomos de carbono están unidos entre sí con un fuerte sp^2 , enlaces covalentes, que junto con enlaces débiles de Van der Waals mantiene las hojas juntas, haciendo del grafito un material blando, opuesto al diamante que es muy duro con todos los enlaces covalentes sp^3 .

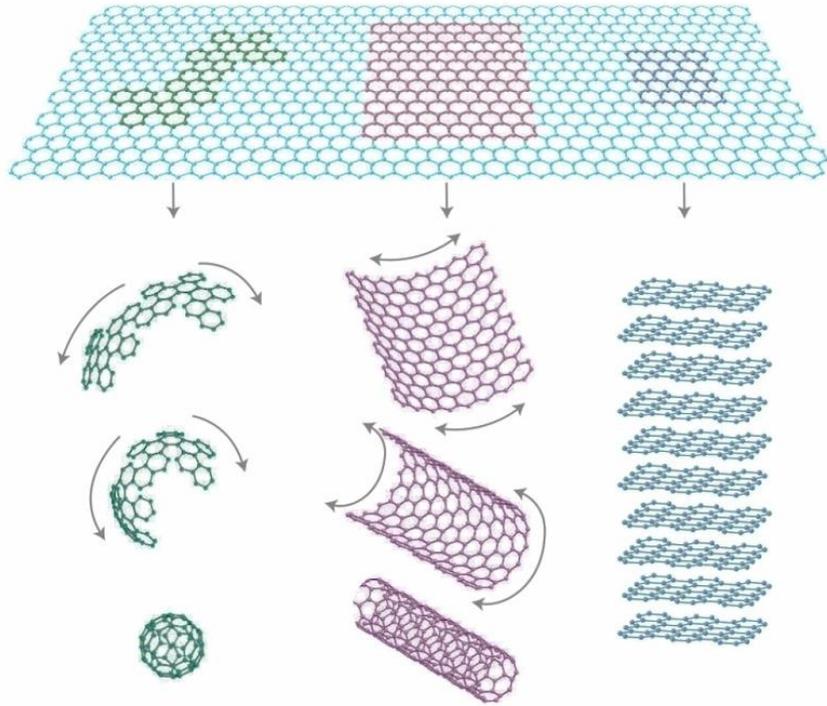


Figura 16. Fullerenos, Nanotubos y Grafito representados gráficamente por láminas de grafeno. ⁸

Las propiedades que posee el grafeno hacen de él un material con un gran potencial para la fabricación de otros materiales compuestos. Entre sus principales propiedades se encuentran su alta conductividad térmica y eléctrica, su alta resistencia a la tracción, su baja densidad y su bajo coeficiente de expansión térmica. Además, al ser carbono el grafeno es ecológico y reciclable.

2.2 OBTENCIÓN DEL GRAFENO

El grafeno en estado libre fue obtenido por primera vez en 2004, mediante exfoliación micromecánica.

Lo que se refiere a la separación de la capa más externa de un sólido en laminillas, hojuelas o escamas. Esta técnica consiste en que, a la superficie limpia, nueva, tersa, de un cristal de grafito se le somete a un raspado fino, mediante el empleo de cualquier objeto de superficie sólida, o bien, al descascaramiento repetido utilizando cinta adhesiva, con el propósito de extraer hojuelas extremadamente delgadas y unidas a estos objetos.

La mayoría de esas capas son hojuelas tridimensionales, es decir, grafito, sin embargo, entre estas haya también bidimensionales o sea grafeno. Para identificar a las últimas se utiliza microscopía óptica, aprovechando la característica de que los cristales bidimensionales se vuelven visibles en la parte superior de una hoja delgada de óxido de silicio. Para su identificación definitiva se seleccionan hojuelas de un grosor aparente de aproximadamente la distancia intercapa en los correspondientes cristales tridimensionales y se les analiza utilizando microscopía de fuerza atómica y microscopía electrónica de barrido.

La base del éxito de la anterior técnica se basa en seleccionar cuidadosamente el material gráfico inicial, usar superficies limpias y un raspado fresco del grafito, además de medir con exactitud el grosor del óxido de silicio (SiO_2) de esta manera con la técnica también se pueden estudiar otros cristales bidimensionales en busca de nuevos fenómenos y aplicaciones.

Primeramente, existió la técnica de exfoliación química, que consiste en insertar, intercalando las moléculas o átomos en la masa del grafito, de tal

manera que los planos de grafeno pueden ser separados en capas unidos a las moléculas o átomos insertados. Generalmente se obtiene grafito, pero si la molécula provoca una separación mayor, los compuestos resultantes son capas de grafeno, aunque la probabilidad de éxito de que así ocurra es baja.⁸ Después, mediante una reacción química se separan los átomos que se insertaron obteniendo un sedimento de residuos y hojas de grafeno enrolladas. Sin embargo, no se ha podido aislar grafeno en estado libre debido a que las monocapas sólo existen en estado transitorio e implican separación sobre regiones microscópicas. Este método, por no permitir un control riguroso del sedimento grafitico, ha atraído mínimamente la atención.

Aunque el método de exfoliación micromecánica provee grandes cristales de grafeno (hasta de 100 nm) de alta calidad con el que se cubren las necesidades del laboratorio, aún se encuentran perfeccionando métodos para la escala de producción industrial, en los que pueden citarse la exfoliación de compuestos gráficos intercalados y la sublimación de *Si* a partir de sustratos de *SiC*, ya probados en etapa de laboratorio.

2.2.1 DERIVADOS DEL GRAFENO

El grafeno y sus derivados son materiales prometedores, de los que se hablara a continuación debido a sus múltiples aplicaciones biomédicas.

2.2.1.1 ÓXIDO DE GRAFENO (GO)

Es una forma oxidada e hidrofílica del grafeno. está estructurado como una única capa de átomos con grupos funcionales tales como carboxilo, epoxilo e hidroxilo. La capa más superficial de GO y su capacidad de ser una molécula anfifílica, Permite la adsorción de proteínas y medicamentos insolubles en agua.

2.2.1.2 ÓXIDO DE GRAFENO REDUCIDO (rGO)

Como ya fue mencionado, el rGO se produce al reducir el GO a través de procesos de exposición química, térmica o ultravioleta.

En el GO están presentes gran número de grupos funcionales y defectos, por ejemplo, la conductividad eléctrica se ve afectada por la alteración que dichos grupos producen en la Hibridación sp^2 de las láminas, haciendo que el GO sea eléctricamente aislante. Pero mediante el proceso de reducción, pueden eliminarse parte de estos grupos funcionales y mejorar la conductividad eléctrica. Además, bajo determinadas condiciones, las láminas de rGO son estables.

2.3 PROPIEDADES DEL GRAFENO

El grafeno como elemento estructural componente del grafito es el material más conductor y resistente que existe en la actualidad.

Las propiedades más destacadas del grafeno son:

- A. Alta conductividad térmica y gran conductividad eléctrica.
- B. Alta elasticidad, gran dureza y una resistencia mecánica mayor que el acero.
- C. Químicamente, el grafeno reacciona con otras sustancias para formar compuestos con diversas propiedades. transformando al grafeno como un material de gran potencial Electrotecnológico.
- D. Presenta alta resistencia a la ionización.

Teóricamente, en el grafeno los electrones se comportan como cuasipartículas o sea como partículas cargadas eléctricamente, pero con una masa igual a cero.

En la actualidad la fabricación de dispositivos flexibles se basa en la utilización de óxido de estaño e indio que son materiales frágiles y costosos. La sustitución por el grafeno impreso es una nueva tecnología más eficiente y barata. ¹⁵

La incorporación del grafeno en las resinas acrílicas constituye una estrategia novedosa para mejorar sus propiedades mecánicas, aumentando simultáneamente tanto el módulo elástico como la tenacidad, reduciendo la aparición de grietas y la propagación de las mismas, así como disminuyendo el grado de contracción durante la polimerización.



FIGURA 17. Dentadura total Implantosoportada realizada de resinas acrílicas reforzada con grafeno. ¹⁸

El grafeno es el candidato ideal para mejorar las presentaciones de resinas acrílicas autopolimerizables para uso dental por su resistencia a la tracción, bajo coeficiente de expansión térmica, gran capacidad de absorción y de lubricación, flexibilidad y elevada superficie específica, además de su gran relación resistencia-peso.¹⁷

Dado que el grafeno es un buen conductor térmico y que el proceso de polimerización de la resina acrílica necesita un aporte de calor para completarse, la adición de grafeno permite una mayor conversión de polimerización.

Comparados con los materiales poliméricos convencionales, los polímeros reforzados con grafeno poseen un mayor módulo y resistencia específica gracias a la distribución de tensiones entre las estructuras, De modo que estas últimas son capaces de soportar las tensiones sin sufrir prácticamente deformación. La unión entre el Nanorefuerzo y la matriz polimérica es uno de los aspectos críticos que explican el aumento de propiedades mecánicas en este tipo de materiales compuestos.¹⁷

2.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS

La estructura del grafeno está compuesta por electrones π libres, que son capaces de interactuar con los orbitales moleculares de frontera (FMO) de otras moléculas orgánicas adyacentes mediante reacciones electrofílicas.

En consecuencia, estas reacciones pueden generar defectos topológicos, tales como heptágonos, pentágonos y su combinación, impurezas absorbidas, bordes, huecos y grietas. Los anillos aromáticos tienen una mayor reactividad en las áreas geométricamente deformadas como bordes,

con formato zigzag o sillón, mientras que los bordes en zigzag son más reactivos que los bordes del sillón.

La hidrofobicidad es una característica destacada del grafeno con una estimación aproximada del ángulo de contacto con el agua que va desde 95°-100°. Para preparar una suspensión de grafeno prístino, el uso de tensioactivos u otros tipos de agentes estabilizantes es obligatorio, comparado con el grafeno, GO es menos hidrofóbico y tiene agua.

En el ámbito odontológico los discos utilizados para CAD-CAM tienen ciertas características que lo hacen un excelente material de restauración, por ejemplo:

- Tiene una apariencia similar a la de los tejidos del medio oral, ideal para las zonas que sean más estéticas. El disco G-CAM dispone de una amplia gama cromática incluso en una misma pieza resultando extremadamente natural.
- Tiene una temperatura de transición vítrea (T_g) que evita su ablandamiento y distorsión durante su uso y limpieza. Hay que tener en cuenta que, si bien la temperatura normal en la boca es 32- 37 °C, el consumo de bebidas calientes (que puede estar a 70 °C o más), así como la limpieza de la prótesis con agua caliente o hirviendo, someten a estos materiales a temperaturas mayores.
- El grafeno mejora la estabilidad dimensional de los polímeros para uso dental, lo cual permite que la prótesis dental no varíe su forma con el tiempo. En esto influyen no sólo los mecanismos de ablandamiento térmico, sino también la libertad de tensiones internas, la polimerización incompleta del material o la absorción de agua.

- Gracias al grafeno, G-CAM mejora su resistencia con respecto a su peso. La densidad del material es baja para que la prótesis sea ligera.
- El material posee, además, una elevada conductividad eléctrica para mantener una mucosa oral saludable y responder normalmente a estímulos de calor o frío.
- Tiene capacidad radiopaca. Permite realizar diagnósticos radiográficos, útiles en pacientes involucrados en accidentes en los que pueden haber ingerido o inhalado partes de la prótesis.



Figura 18. Dentadura implantosoportada hecha de grafeno con resina y posteriormente colocado en boca, realizando un rebase con PMMA convencional. ³⁶

- Es un material translúcido que permite una alta transparencia para imitar la estética natural del diente, pero también nos permite obtener colores opacos para evitar transparencias de muñones necrosados o pernos metálicos.

- Es un material totalmente estanco y estable que no permite la acumulación de sarro, además de cerrar todos los poros para que no haya acumulación de suciedad ni tinción de colores
- No requiere de proceso de maquillaje en la pieza dental. Peligros de roturas ni de Chip y pues el esmalte de la pieza es resistente a los micros fuerzas

2.3.2 PROPIEDADES QUÍMICAS

Desde el punto de vista de la química, se puede decir que los átomos de carbono en el grafeno están conectados entre sí covalentemente por tres enlaces σ en el plano y los restantes fuera del plano π orbita que contribuiría en la red de electrones deslocalizados.

Es digno de mención que, a partir de la investigación con microscopía de barrido de electrones (SEM) se ha demostrado que el grafeno tiene bordes de cristal en zigzag, la química detrás de este fenómeno valdría la pena investigar. Debido al apilamiento $\pi - \pi$, su superficie puede interactuar fácilmente con muchas otras moléculas, y la superficie puede ser activada en mayor medida como resultado de funcionalización química.³⁷

En vista de las funcionalidades del oxígeno, el GO puede estar disperso en agua, diversas matrices sólidas y en disolventes orgánicos. El GO además, se puede fusionar con matrices de polímero o cerámica para formar compuestos y mejorar los componentes eléctricos y sus propiedades mecánicas.

Conforme a odontología se refiere, sus ventajas químicas son las siguientes:

- El disco G-CAM es químicamente inerte
- Es insoluble en los fluidos orales

- No absorbe agua, ni saliva, por lo que las propiedades mecánicas del material no se ven alteradas y es totalmente higiénico.

2.3.3 PROPIEDADES MECÁNICAS

El grafeno prístino se compone de láminas planas 2D que constan de átomos Sp^2 de carbono con enlaces covalentes casi indestructibles, dispuestos en patrones hexagonales. Además de poseer un comportamiento elástico no lineal, el grafeno es bastante frágil.

El grafeno se considera un material resistente para aplicaciones estructurales. Además, la capacidad de doblarse es otra propiedad potencialmente útil del grafeno. La resistencia media a la fractura y módulo elástico medio de papel de óxido de grafeno son 80 MPa y 32 GPa, respectivamente.

Todas estas cualidades mecánicas son muy importantes a la hora de colocar una restauración de material de grafeno.

- Presenta un elevado módulo elástico en el polímero para asegurar que las tensiones generadas durante la mordida y la masticación no generen deformaciones permanentes, de esta manera una combinación de ambos permite elaborar prótesis de secciones más pequeñas.
- La fractura de la prótesis también ocurre a menudo por mecanismos de fatiga, en los que la acumulación de pequeñas tensiones de flexión lleva, tras un periodo de tiempo, a la formación de pequeñas grietas que se propagan dando lugar a la fractura. Con la resina con grafeno

esto no sucede, pues posee una elevada resistencia a la deformación y límite de fatiga, evitando la formación de grietas.

- El grafeno aporta a su vez una elevada resistencia al impacto, útil en el caso de las prótesis removibles en las que cabe la posibilidad de daño o rotura accidental, si al caerse chocan contra una superficie dura.
- El disco G-CAM posee una gran resistencia a la abrasión que evita el excesivo desgaste debido a la limpieza de la prótesis y la ingesta de alimentos; los valores de dureza Vickers de las resinas acrílicas son relativamente bajos, especialmente si se comparan con las aleaciones usadas en odontología, lo que las predispone a ser desgastadas por la abrasión de ciertos alimentos, productos, limpiadores, etc.,
- El sistema estomatognático además de ser flexible, sufre varios cambios volumétricos con el paso del tiempo. La flexibilidad de G-Cam y la incapacidad de adición mediante materiales fotopolimerizables hacen de este producto la mejor opción para que su entrenamiento sea duradero.
- La versatilidad de los productos permite la utilización de los mismos en la gran mayoría de tratamientos odontológicos, minimizando los márgenes de error y asegurando la durabilidad del tratamiento.¹⁸

2.3.4 PROPIEDADES BIOLÓGICAS

La biocompatibilidad del grafeno se considera superior al de muchos otros tipos de nanomateriales. En los últimos años, aplicaciones biológicas de GO y láminas de grafeno (GS) han sido ampliamente investigadas, en gran parte debido a su potencial para mediar la terapia fototérmica, antibacteriana y los efectos antimicrobianos, y como vehículos para la administración de fármacos. GS y GO son reconocidos como candidatos prometedores para fármacos y entrega de genes, debido a varias propiedades ventajosas, incluyendo; gran superficie, capacidad de cargarse de forma no covalente con moléculas de fármaco que contienen anillos aromáticos, sus propiedades ópticas intrínsecas, y su costo relativamente bajo. El grafeno puede interactuar con cadenas de ARN y ADN, por lo que son prometedores para la entrega de genes. GO exhibe interacción preferencial con ADN monocatenario en comparación con ADN de doble hebra y es capaz de proteger los ácidos nucleicos del ataque enzimático de varias nucleasas.

En boca, el grafeno tiene múltiples beneficios, que eviten afectar el medio bucal y la acumulación de bacterias:

- El material curado no es irritante, ni tóxico para el paciente. El disco G-CAM ha superado las pruebas de citotoxicidad y genética realizadas por la Universidad de Alcalá y por el Instituto Valenciano de Microbiología (IVAMI).
- No es un material alergeno.
- El grafeno no permite el crecimiento de bacterias u hongos. Se llega a utilizar una capa de grafeno sobre implantes para evitar infecciones.

- G-CAM incorpora, mediante un proceso de plasma, productos desinfectantes de liberación prolongada en el tiempo.

2.4 APLICACIONES DEL GRAFENO EN EL MUNDO

Todas las características y ventajas anteriores hacen que el grafeno sea un elemento recomendable para muchos usos diferentes, desde la medicina hasta usos tecnológicos como mejores baterías, robótica o chips.

- Recientes investigaciones determinan que el grafeno podrá emplearse para mejorar los tratamientos contra el cáncer. El tratamiento de esta enfermedad tiene como objetivo, de manera general, la destrucción de las células enfermas, procurando afectar lo menos posible a las células sanas.³⁷

La búsqueda incesante de un método que permita dirigir el tratamiento contra una zona concreta del organismo sin afectar a las demás podría encontrar respuesta en el grafeno, ya que diversos estudios han puesto de manifiesto que, combinando este material con diversos fármacos, es posible aumentar la carga de medicación que llega a las células cancerígenas, incrementando así, las posibilidades de éxito del tratamiento.

- Otra de sus aplicaciones en el ámbito de la biomedicina podría ser la creación de implantes neuronales que sustituyan a los tejidos orgánicos dañados, ya que las células nerviosas funcionan básicamente por medio de una corriente eléctrica. Las propiedades del grafeno lo hacen un candidato idóneo para la creación de este tipo de implantes, pudiendo ser un reemplazo para circuitos nerviosos lesionados o incluso creando implantes de retina que contribuyan a devolver la vista a los pacientes que la han perdido.

- Pero su uso no solo se limita a la regeneración del tejido nervioso, sino que ya se especula la posibilidad de crear implantes musculares y de huesos a partir de este material, cuyas propiedades superan las de los materiales actuales.



Figura 19. Usos del grafeno como recubrimiento en prótesis para facilitar la movilidad. ¹⁹

- El grafeno también es un material muy elástico, duro e incluso, 200 veces más resistente que el acero. Sólo con mencionar estas características ya nos podemos hacer una idea de que puede convertirse en el elemento básico de la confección de férulas, en los que la ortopedia de hoy en día aplica el aluminio, el acero y el titanio, para conseguir la dureza y resistencia necesarias. Y esto no es todo, el grafeno también es un material tan ligero como la fibra de carbono, con lo que resulta muy interesante para aplicarlo en los elementos ortopédicos cuyo peso se convierte en un problema para que sus usuarios puedan manejarlos. Tan sólo es cuestión de tiempo y de que los investigadores en materias ortopédicas sigan evolucionando en

sus estudios para que se consiga saber hasta dónde pueden llegar las aplicaciones del grafeno como material ortoprotésico.

- Mike McAlpine, ingeniero investigador de la Universidad de Princeton ha desarrollado un nuevo tipo de sensor hecho de grafeno que va como un tatuaje dental y es capaz de determinar cuándo se sufre una enfermedad bacteriológica, e incluso, determinar la clase de la patología que nos enferma, gracias a las bacterias presentes en el aliento. Mediante la implantación de péptidos cuidadosamente contruidos (una secuencia corta de aminoácidos) sobre la superficie de grafeno, McAlpine y su grupo han demostrado que los sensores pueden detectar las bacterias de forma individual, recogándose como si fuera un velcro. Incluso pueden detectar bacterias a nivel de células individuales.

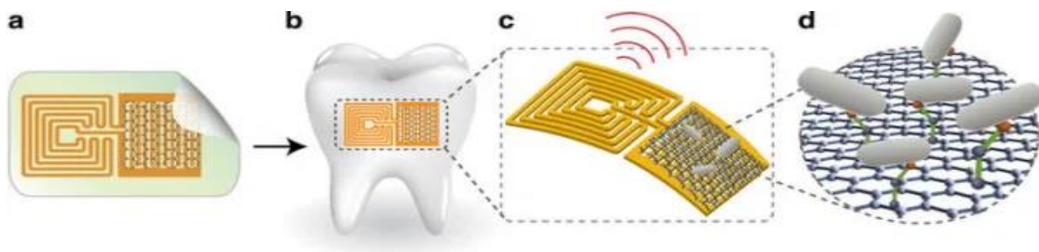


Figura 20. Ilustración de un sensor dental para identificar patologías. ¹⁹

- La naturaleza quirral del grafeno bicapa o monocapa, de gran importancia para la transmisión de electrones por túnel a través de Barreras Potenciales (por razón de su posición, en contraposición al movimiento), ofrece la posibilidad de construir dispositivos tales como transistores de carbono.¹⁵

3. CLASIFICACIÓN DE LAS PORCELANAS DENTALES

A lo largo de los años los materiales dentales han ido evolucionando de manera notable, buscando tener una mayor resistencia, durabilidad y lucir lo más parecidos a los tejidos naturales. Las porcelanas dentales, no han sido la excepción y hoy en día nos ofrecen muchas ventajas. A pesar de la gran variedad que podemos encontrar en el mercado, todas las cerámicas dentales están compuestas por los mismos elementos primarios, los cuales son: el feldespato, la sílice y el caolín, a su vez van a tener una fase vítrea o amorfa, encargada de dar la estética, y una fase cristalina, encargada de aportar la resistencia. Como se mencionó anteriormente las cerámicas dentales tienen excelentes propiedades, como las ópticas, por la estética que ofrecen; térmicas, porque los cambios dimensionales son muy parecidos a los tejidos dentarios; biológicas, por la biocompatibilidad; químicas, ya que permanecen inalterables en el medio bucal y mecánicas, por la resistencia que tienen. Se clasifican según su temperatura de cocción, su naturaleza química, su técnica de aplicación de la cerámica, tratamiento antes del cementado, resistencia mecánica y según su procesado. En el año 2015 se propuso una nueva clasificación, donde se dividían las cerámicas dentales por su fase o fases químicas, por lo cual se obtuvieron: cerámicas de matriz vítrea, donde encontraremos las de baja resistencia como las feldespáticas y las de mediana resistencia como el disilicato de litio; las cerámicas policristalinas, que son las más resistentes debido a que no presentan matriz vítrea, como el óxido de zirconio; y las cerámicas de matriz resinosa.



Figura 21. Carillas de Disilicato de litio altamente estéticas. ⁴⁵

En la actualidad, contamos con tres principales sistemas cerámicos: el sistema In-Ceram, el sistema Empress y el sistema Procera. De manera general, tenemos las restauraciones metal cerámica, que tienen ventajas como la gran resistencia que ofrecen y desventajas como la estética y biocompatibilidad, están indicadas cuando se trata de restauraciones muy extensas, cuando hay casos combinados de prótesis fija con prótesis removible, cuando la exigencia mecánica es prioridad antes que la estética, entre otras. Las restauraciones libres de metal están indicadas cuando la estética es prioridad, cuando no se requiere de una alta resistencia mecánica, tenemos una oclusión estable, etc. Para la elección de una restauración libre de metal debemos evaluar dos aspectos principales: la estética, depende de qué pieza estemos tratando y de las exigencias de cada paciente; y la resistencia mecánica, donde podremos escoger materiales de baja, mediana y alta resistencia. ²¹

Las cerámicas dentales se han utilizado en diversas aplicaciones restauradoras como incrustaciones, onlays, coronas y puentes y se pueden utilizar para reemplazar porcelana fundida a sistemas de metal (PFM) con sistemas de cerámica sin metal. Las cerámicas dentales son principalmente de vidrio, cerámicas reforzadas con mica, feldespato, leucita, disilicato de litio, alúmina o cristales de espinela o policristales de alúmina y zirconia.

Debido a los notables avances en sus propiedades mecánicas y métodos de fabricación, la cerámica dental ahora se puede fabricar rápidamente y utilizar para reemplazar dientes faltantes o estructuras dentales dañadas en clínicas dentales que utilizan el Computer Aid Design-Computer Aid Machining (CAD/CAM).

Aunque estas cerámicas son resistentes al desgaste y son estéticamente atractivas, son propensas a fracturas al concentrar tensión. Como materiales restaurativos, la cerámica dental tiene desventajas principalmente debido a su incapacidad para soportar fuerzas cíclicas funcionales en ambientes orales.²³

3.1. CLASIFICACIÓN POR LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

Antes de entrar en materia, conviene recordar algunos conceptos básicos sobre la composición química de las porcelanas dentales. Se consideran materiales cerámicos aquellos productos de naturaleza inorgánica, formados mayoritariamente por elementos no metálicos, que se obtienen por la acción del calor y cuya estructura final es parcial o totalmente cristalina.

La gran mayoría de las porcelanas dentales, salvo excepciones, tienen una estructura mixta, es decir, son materiales compuestos formados por una matriz vítrea (cuyos átomos están desordenados) en la que se encuentran inmersas partículas, más o menos grandes de minerales cristalizados (cuyos átomos si que están dispuestos uniformemente). Es importante señalar que la fase vítrea es la responsable de la estética de la porcelana mientras que la fase cristalina es la responsable de la resistencia. Por lo tanto, la microestructura de la cerámica tiene una gran importancia clínica ya que el comportamiento estético y mecánico de un sistema depende directamente de su composición.

Químicamente, las porcelanas dentales se pueden agrupar en tres grandes familias: feldespáticas, aluminosas y circoniosas.

3.1.1 PORCELANA DENTAL FELDESPÁTICA

Las primeras porcelanas de uso dental tenían la misma composición que las porcelanas utilizadas en la elaboración de piezas artísticas. Contenían exclusivamente los tres elementos básicos de la cerámica: feldespato, cuarzo y caolín.

Con el paso del tiempo, la composición de estas porcelanas dentales se fue modificando hasta llegar a las actuales porcelanas feldespáticas, que constan de un magma de feldespato en el que están dispersas partículas de cuarzo y, en mucha menor medida, caolín. El feldespato, al descomponerse en vidrio, es el responsable de la translucidez de la porcelana.

El cuarzo constituye la fase cristalina. El caolín confiere plasticidad y facilita el manejo de la cerámica cuando todavía no está cocida. Además, para disminuir la temperatura de sinterización de la mezcla siempre se incorporan «fundentes». Conjuntamente, se añaden pigmentos para obtener distintas tonalidades. Al tratarse básicamente de vidrios poseen unas excelentes propiedades ópticas que nos permiten conseguir unos buenos resultados estéticos; pero al mismo tiempo son frágiles y, por lo tanto, no se pueden usar en prótesis fija si no se tiene como base una estructura metálica que le brinde mayor resistencia a la fractura. Por este motivo, estas porcelanas se utilizan principalmente para el recubrimiento de estructuras metálicas o cerámicas.

Como ya señalamos, debido a la demanda de una mayor estética en las restauraciones, se fue modificando la composición de las porcelanas dentales hasta encontrar nuevos materiales que tuvieran una tenacidad adecuada para confeccionar restauraciones totalmente cerámicas. En este contexto surgieron las porcelanas feldespáticas de alta resistencia. Estas

tienen una composición muy similar a la anteriormente descrita. Poseen un alto contenido de feldespatos, pero se caracterizan porque incorporan a la masa cerámica determinados elementos que aumentan su resistencia mecánica (100-300 MPa). Entre ellas encontramos: Optec-HSP® (Jeneric), Fortress® (Myron Int), Finesse® AllCeramic (Dentsply) e IPS Empress® I (Ivoclar): deben su resistencia a una dispersión de microcristales de leucita, repartidos de forma uniforme en la matriz vítrea. La leucita refuerza la porcelana dental porque sus partículas al enfriarse sufren una reducción volumétrica porcentual mayor que el vidrio circundante. Esta diferencia de volumen entre los cristales y la masa amorfa genera unas tensiones residuales que son las responsables de contrarrestar la propagación de grietas.



Figura 22. Con motivo de darle mayor resistencia a la fractura, la prótesis se realiza con una estructura metálica recubierta de porcelana (FD).

3.1.2 PORCELANA DENTAL ALUMINOSA

En 1965, McLean y Hughes abrieron una nueva vía de investigación en el mundo de las cerámicas sin metal. Ambos autores incorporaron a la porcelana feldespática cantidades importantes de óxido de aluminio reduciendo la proporción de cuarzo. El resultado fue un material con una microestructura mixta en la que la alúmina, al tener una temperatura de fusión elevada, permanecía en suspensión en la matriz.

Estos cristales mejoraron extraordinariamente las propiedades mecánicas de la cerámica. Esa mejora en la tenacidad de la porcelana, animó a realizar coronas totalmente cerámicas. Sin embargo, pronto observaron que el incremento de óxido de aluminio provocaba en la porcelana una reducción importante de la translucidez, que obligaba a realizar tallados agresivos para alcanzar una buena estética. Cuando la proporción de alúmina supera el 50% se produce un aumento significativo de la opacidad. Por este motivo, en la actualidad las porcelanas dentales de alto contenido en óxido de aluminio se reservan únicamente para la confección de estructuras internas, siendo necesario recubrirlas con porcelanas de menor cantidad de alúmina para lograr un buen mimetismo con el diente natural.

Los sistemas más representativos son:

- In-Ceram® Alumina (Vita)
- In-Ceram® Spinell (Vita)
- In-Ceram® Zirconia (Vita)
- Procera® AllCeram (Nobel Biocare)



Figura 23. Prótesis fija de 3 piezas elaborado con VITA In-Ceram ALUMINA.³⁸

3.1.3 PORCELANA DENTAL CIRCONIOSA

Este grupo es el más novedoso. Las porcelanas dentales de última generación están compuestas por óxido de circonio altamente sinterizado (95%), estabilizado parcialmente con óxido de itrio (5%).

El óxido de circonio (ZrO_2) también se conoce químicamente con el nombre de circonia o circona. La principal característica del material es su elevada tenacidad debido a que su microestructura es totalmente cristalina y además posee un mecanismo de refuerzo denominado «transformación resistente». Este fenómeno fue descubierto por Garvie & Cols en 1975 y consiste en que la circonia parcialmente estabilizada ante una zona de alto estrés mecánico como es la punta de una grieta sufre una transformación de fase cristalina, pasa de forma tetragonal a monoclinica, adquiriendo un volumen mayor.

De este modo, se aumenta localmente la resistencia y se evita la propagación de la fractura. Esa propiedad les confiere a estas cerámicas una resistencia a la flexión entre 1000 y 1500 MPa, superando con un amplio margen al resto de porcelanas. Por ello, a la zirconia se le considera el «acero cerámico». Sus excelentes características físicas han convertido a

estos sistemas en los candidatos idóneos para elaborar prótesis cerámicas en zonas de alto compromiso mecánico. A su grupo pertenecen las cerámicas dentales de última generación: DC-Zircon® (DCS), Cercon® (Dentsply), In-Ceram® YZ (Vita), Procera® Zirconia (Nobel Biocare), Lava® (3M Espe), IPS e.max® ZirCAD (Ivoclar), etc.



Figura 24. Prueba clínica de núcleo de zirconio, que posteriormente fue recubierto con una cerámica feldespática para mayor estética, naturalidad y un buen sellado marginal. ³⁹

Al igual que las aluminosas de alta resistencia, estas cerámicas son muy opacas (no tienen fase vítrea) y por ello se emplean únicamente para fabricar el núcleo de la restauración, es decir, deben recubrirse con porcelanas convencionales para lograr una buena estética.

4. EL GRAFENO EN LA ODONTOLOGÍA

El polímero de resina acrílica con grafeno cumple con todos los requisitos necesarios para convertirse en el material idóneo para trabajos protésicos con la tecnología CAD/CAM.

Gracias al grafeno, las prótesis dentales obtienen mejor resistencia, estabilidad estructural y flexibilidad, además de ser más ligeras y dúctiles. Esto significa que pueden resistir mejor a la deformación sin llegar a la rotura, a la vez que mejoran significativamente sus características estéticas. Además, el grafeno es un buen conductor térmico y eléctrico, lo cual permite la absorción de las cargas masticatorias y evita el bimetalismo, sin dejar de ser un material biocompatible.

Actualmente la distribución de grafeno en el área dental se hace mediante empresas del grupo grafeno. En México el distribuidor oficial de G-CAM Discos estabilizados con grafeno CAD-CAM, se hace mediante GF Dentalab S.A de C.V. y NANOMEX.

4.1 CEMENTOS DE IONÓMERO DE VIDRIO CON GRAFENO FLUORADO

Los cementos de ionómero de vidrio tienen un amplio uso en la odontología como material restaurador debido a su adhesión química directa a la estructura dental y a los metales. Tiene un coeficiente favorable de expansión térmica, libera iones de flúor y su citotoxicidad es baja. Sus aplicaciones clínicas incluyen la restauración de dientes deciduos, de dientes anteriores clase 3 y 5 de Black, cementación de prótesis fija, coronas de acero cromo y aparatos de ortodoncia, entre otros.

Sin embargo, presenta algunas desventajas que limitan en ocasiones su aplicación clínica en la odontología, sobre todo en áreas de dientes posteriores debido a su alta fragilidad y su baja resistencia al desgaste.

El GRAFENO FLUORADO (GF) es un derivado del grafeno de una molécula de espesor, las propiedades del GF son más bajas que las del grafeno prístino, pero aún más altas que las de otros materiales como el acero estructural.

El GF puede ser beneficioso para reforzar los cementos de ionómero de vidrio y mejorar su uso como material dental.

En un estudio de “Li Sun” se analizaron las propiedades mecánicas, antibacterianas y la resistencia al desgaste del ionómero de vidrio adicionado con grafeno fluorado en distintos porcentajes (0.5% o 1% o 2% y 4%).²⁴

Esta mezcla provocó un aumento en la dureza de Vickers, en la resistencia a la compresión y disminuyó el coeficiente de fricción, en comparación con ionómeros no reforzados con grafeno fluorado, todo esto sin modificar las propiedades del cemento, incluyendo el color. Al mismo tiempo se observa una disminución en el número de colonias de *streptococcus aureus* y *estreptococos mutans*.²⁶

4.2 COMPARACIÓN DEL GRAFENO CON ANTIGUOS MATERIALES DE RESTAURACIÓN DENTAL

Los materiales restauradores reforzados con grafeno aumentan su resistencia. Se considera a la porcelana dental como uno de los mejores materiales útiles en las restauraciones indirectas, como coronas individuales o prótesis fija de 3 o más unidades, pero su uso es limitado debido a su baja tenacidad a la fractura y su fragilidad por la presencia de impurezas, poros y grietas. Los nano-rellenos de grafeno en las cerámicas pueden mejorar la resistencia a la fractura y otras propiedades mecánicas de este material.

Dentro de las cerámicas han trascendido el uso de zirconia y disilicato de litio, con estratificación para brindar mayor naturalidad como se comentó en el tema anterior.



(A)

(B)

(C)

**Figura 25. Prótesis parcial fija de
(A) zirconia, (B) disilicato de litio, (C) porcelana ⁴⁶**

4.3 COMPARATIVA DE SOLUCIONES DENTALES.

De acuerdo a sus características, en la siguiente tabla se muestran los materiales que más convienen utilizar de acuerdo al tipo de prótesis o restauración dental que se requiera en cada caso.

TABLA COMPARATIVA DE SOLUCIONES DENTALES ¹⁷					
Tipos de Prótesis	PMMA	METAL	CIRCONIO	DISILICATO DE LITIO	RESINA + GRAFENO
Coronas individuales	✓	✓	✓	✓	✓
Puentes de hasta 3 piezas	✗	✓	✓	✗	✓
Puentes de más de dos puntitos	✗	✓	✗	✗	✓
Incrustaciones	✓	✗	✗	✓	✓
Carillas	✗	✗	✓	✓	✓
Prótesis completas	✓	✗	✗	✗	✓
Rehabilitaciones directas e implantes	✗	✓	✗	✗	✓

4.4 PROPIEDADES

Las propiedades mecánicas de los materiales, determinan el comportamiento de los mismos, bajo la acción de fuerzas externas continuas o discontinuas, estáticas, dinámicas o cíclicas que se ejercen sobre ellos. ²⁵

La incorporación del grafeno a las resinas acrílicas brinda mejoras en sus propiedades mecánicas, aumentando el módulo de elasticidad, la tenacidad, reduciendo la aparición de grietas y la propagación de las mismas, así como disminuyendo la contracción de la polimerización.

En las resinas compuestas las mejoras no sólo van en su elevada resistencia a cargas mecánicas, sino también en la elevada resistencia a la tracción, bajo coeficiente de expansión térmica, la gran capacidad de absorción y de lubricación, su flexibilidad y elevada superficie específica; haciendo que tengan mayor durabilidad y resistan mejor las fuerzas de masticación.

GRAFENO	<ul style="list-style-type: none">● Módulo elástico > 3.200 MPa.● Resistencia a la flexión: >140 MPa.● Dureza superficial: 88 Shore.● Absorción de agua: 4 µg/mm³.● Monómero residual: <0,004 %
ZIRCONIA	<ul style="list-style-type: none">● Módulo de Elasticidad de 900-1500 MPa.● Resistencia a la fractura 6-10 MPa. m^{1/2}● Baja Conductividad térmica 2-2.7 W/(m•°k).● Elevada dureza: 1200 Vickers.● Muy Refractario.

DISILICATO DE LITIO	<ul style="list-style-type: none"> ● Flexión de 300 y 400 MPa. ● Resistencia a la fractura 2.8-3.5 ½ ● Alta estética. ● Manipulación de grosores desde 1 mm. ● CET de 10,2x 10,6. ● Alta estética.
PORCELANA	<ul style="list-style-type: none"> ● Resistencia a la flexión: 70 MPa. ● Resistencia a la compresión: 4.11 a 1114 MPa. ● Resistencia tangencial: Muy Baja. ● Módulo de fractura: P.Alumin Fundida; 519.3 MPa. ● Coeficiente de expansión térmica: 6.4 a 7.8 x 10-6 x °C. ● (Cercano al valor del diente humano).

4.5 TIEMPO DE TRABAJO

Al realizar una rehabilitación habitual en laboratorio puede llevar más de 20 horas de trabajo. La manipulación del grafeno rentabiliza el tiempo de trabajo, ya que, una vez fresado, no hay que sinterizarlo ni vitrificado. Simplemente se maquilla con tinciones fotopolimerizables y está listo en media hora.

En cambio, los productos cerámicos conllevan más tiempo de trabajo, una vez que han sido fresados son manufacturados, compactando polvos o partículas en matrices que son posteriormente calentados a enormes temperaturas para enlazar las partículas entre sí.

Las etapas básicas para el proceso de cerámica de aglomeración de partículas son:

- Preparación del material
- Moldeado o fundido
- Tratamiento térmico por secado
- Horneado por calentamiento de la pieza de cerámica a temperaturas suficientemente altas para mantener las partículas enlazadas

En las restauraciones cerámicas condensadas y sinterizadas, o a pincel, se utiliza principalmente la porcelana feldespática, con mayor predominancia de cerámica vítrea, utilizadas principalmente como cerámicas de recubrimiento o blindaje, tradicionalmente para hacer las restauraciones conocidas como metal-cerámicas, ya que se elaboran sobre una estructura metálica, aunque también pueden ser utilizadas sobre estructuras completamente cerámicas con un coeficiente de expansión compatible. Comercialmente el feldespato y los demás componentes se presentan en polvos con características especiales y con una función específica para generar mejores características ópticas en el material. Una vez combinada con agua o una mezcla de agua y glicerina forma una masa que permite por medio de un pincel ser moldeada por condensación la anatomía dental deseada. Las partículas de porcelana se unen durante la condensación mediante la acción capilar. Cuando la masa se calienta a altas temperaturas, las partículas se unen mediante sinterización y forman la restauración.

La sinterización es el proceso al cual es sometida la porcelana dental para que sus partículas alcancen el mayor grado de cohesión y con ello obtengan una estructura química ordenada y con propiedades físicas y mecánicas adecuadas, que le permita ser utilizada como restauración dental. Esto se logra gracias al calor. Los bloques utilizados para maquinado se encuentran disponibles en dos modalidades, presinterizados que son bloques que se sometieron al calor, pero no con el tiempo y la temperatura suficiente y

bloques completamente sinterizados los cuales ya tienen las características deseadas.

Todo este procedimiento lleva mucho más tiempo que la producción de una restauración elaborada con CAD/CAM.

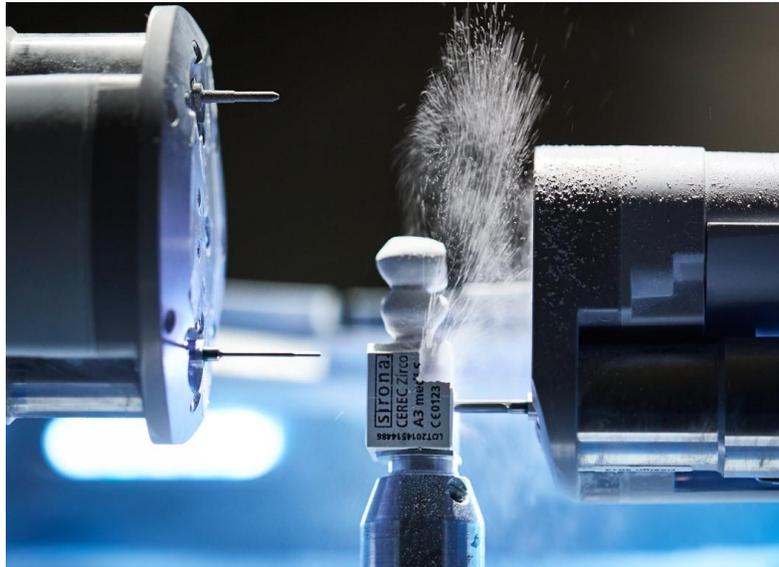


Figura 26. Fresadora utilizada en CAD-CAM, tallando una prótesis de 3 unidades. ⁴⁰

Las restauraciones CAD-CAM o asistidas por computador, denominadas así por sus iniciales en inglés (Computer-Aided Design y Computer- Aided Manufacturing), fueron introducidas hace más de 50 años. Hoy, gracias a los sofisticados programas de diseño, al avance de la robótica y la investigación en biomateriales, es posible lograr restauraciones cerámicas parciales o completas diseñadas y procesadas por computador. Todos estos sistemas controlados por computador constan de tres fases: La digitalización, el diseño y el maquinado.²⁷

El tipo de restauraciones determina el procedimiento y protocolo de su fabricación. En odontología existen tres modalidades:

1. Consultorio

Todos los componentes del sistema se ubican en el consultorio y la producción de la restauración es posible en el mismo lugar de atención del paciente, sin la intervención del laboratorio. El instrumento de digitalización es una cámara intraoral, que por medio de un registro digital reemplaza la impresión convencional. Este tipo de procedimiento se traduce en ahorro de tiempo y ofrece al paciente restauraciones indirectas en un corto tiempo.

2. Laboratorio

Se requiere obtener una impresión convencional de la preparación dentaria que se envía al laboratorio para realizar un vaciado y obtener así un modelo maestro del cual el escáner obtiene la información tridimensional de la preparación dental y del registro oclusal. Los datos digitalizados se envían a un robot que maquina y produce la restauración diseñada. Finalmente, el ajuste de la estructura es evaluado y modificado de ser necesario sobre el modelo maestro.

3. Centro de producción

Con esta modalidad es posible conectar un escáner con un centro de producción vía Internet. La digitalización de la estructura dental y diseño está a cargo del laboratorista o del odontólogo. Los datos procesados en el laboratorio son enviados a través de la red al centro de producción para elaborar la restauración. Finalmente, el centro de producción envía la restauración al laboratorio para ser terminada y este al odontólogo.

4.6 ESTÉTICA

La demanda estética en odontología va en aumento, una de sus bases es la correcta selección del color de las restauraciones. El color es una cualidad que se ve modulada por una serie de factores ambientales e individuales que el clínico debe conocer. La valoración ocular del color, puede inducir a error de apreciación si no se sigue un protocolo correcto de iluminación, y técnica de observación, los autores lo revisan, simplificándolo con un enfoque práctico.



Figura 27. Coronas hechas en un disco de biopolímero nano reforzado con grafeno G-CAM. ⁸

El primer problema con que nos enfrentamos a la hora de comunicar el color de un diente al laboratorio para que lo pueda reproducir, es conseguir una descripción clara y concreta del color, comprensible y reproducible por nuestro técnico, y comprobable en la restauración resultante, y esto pasa necesariamente por un proceso de medida, que debe ser exacto, reproducible y comunicable.

Dicho problema no se presenta sólo en odontología, sino que es común con muchos otros terrenos, tanto de la industria como de la medicina. Generalmente se aceptan tres dimensiones del color:

- Hue, tonalidad: señala la característica que normalmente se conoce como color, directamente relacionada con la longitud de onda de la radiación lumínica observada (p.e. rojo, verde, azul, amarillo).
- Value, valor, luminosidad: expresa la cantidad de luz que compone el color estudiado, sería como la imagen en blanco y negro del objeto observado, y se corresponde a las tonalidades de gris comprendidas entre un valor máximo, el blanco, y otro mínimo, el negro.
- Chroma, saturación: refiere la cantidad de tinte que contiene el color y la viveza cromática que observamos, esta dimensión hace referencia a las diversas diluciones del color base del que partimos.

A estas tres dimensiones, y dentro del terreno dental, se añade una cuarta, que en realidad hace referencia a todas las características cromáticas que personalizan al diente al margen del color promedio del mismo, y que son fundamentales a la hora de la reproducción del color de un diente.

La técnica habitual de estimación cromática consiste en comparar el color del diente con una guía artificial y comprobar cuál de las muestras de la guía utilizada se asemeja más al diente estudiado.

El principal problema viene en este caso dado por el hecho de que existen tantas guías de color como fabricantes, que a su vez se organizan de diversas maneras, así las guías clásicas más usadas Vita classical y Chromascop, vienen ordenadas por grupos de tonalidades (hue en inglés) agrupadas en grupos A, B, C, D para Vita y 100, 200, 300, 400, 500 en el caso de Chromascop; las dimensiones relativas a luminosidad y saturación (Chroma y value en textos anglófonos), se anotan de 1 a 4 en la guía Vita y de 10 a 40 en la Chromascop. ²⁹



Figura 28. Colorimetro vita classical (FD).

Las características en cuanto a color, forma y textura de los dientes en pacientes jóvenes son distintas a los dientes de los pacientes adultos, es por ello que se debe tener presente estas características para así poder dar una mayor naturalidad a la restauración.

Pacientes jóvenes

- Menor saturación
- Menor valor
- Mayor translucidez incisal
- Lóbulos marcados, textura más marcada
- Superficie irregular
- Ángulos incisales más redondos

Pacientes adultos

- Menor saturación
- Mayor valor, menor translucidez incisal e incluso bordes incisales sin translucidez
- Lóbulos menos marcados
- Superficie lisa y pulida ángulos incisales más rectos

En cuanto a la colorimetría que se maneja en las resinas acrílicas nano reforzadas con grafeno, se encuentran basadas en la guía Vita Classical, G-CAM presenta 9 colores principales: A1, A2, A3, A3.5, B2, C2, BL2, transparente y rosa, lo cual permite la obtención de más colores mediante la caracterización con maquillajes fotopolimerizables en laboratorio.

El disco G-CAM puede encontrarse en 3 formatos diferentes:

- G-CAM Therapeutical, indicado para restauraciones temporales (en desarrollo).
- G-CAM Monochroma, de un solo color puro.
- G-CAM Multichroma, que posee una gama cromática única basada en colores naturales con alta translucidez.
- El grosor del disco G-CAM puede ser de 16 mm o 22 mm.



Figura 29. Discos de G-CAM en sus diferentes tonalidades de acuerdo a las exigencias de color y translucidez. ⁸

Hay que tener presente que el éxito de la guía de color depende de las condiciones del observador, de la fuente de luz con la que se va a valorar y de las condiciones del entorno.

Es conveniente no mirar la lengüeta de color y un diente por más de 5 segundos seguidos para evitar un efecto de imagen persistente negativa, los receptores se van saturando y así vamos perdiendo la capacidad de identificar el tono.

5. CEMENTACIÓN

Proceso de cementación de una corona de grafeno.

El proceso de cementación de una corona o restauración de grafeno se divide en dos grandes procesos, el realizado en el laboratorio y el que realiza el odontólogo en la clínica. En el laboratorio se tiene que llevar a cabo el proceso de limpieza que incluye el arenado con óxido de aluminio, posteriormente limpiar la corona con vapor de agua y secar con aire a presión. (Figura 30)



Figura 30. ¹⁷

El proceso en la clínica es relativamente parecido a la cementación de coronas de otros materiales cerámicos.

1. Primeramente, se tiene que arenar la corona.
2. Eliminar el exceso.
3. Limpiar con alcohol etílico y dejar secar 60 segundos. (Figura 31)



Figura 31. ¹⁷

4. Limpiar y aislar el diente con un dique de goma.
5. Aplicar el gel grabador (al 37% de ácido fosfórico).
6. Enjuagar bien con agua y aspirar.
7. Aplicar el silano y dejar 30 segundos secando. (Figura 32)



Figura 32. ¹⁷

Posteriormente para la cementación en sí, se aplica el cemento dual dentro de la corona.

- Se coloca la corona en el diente tallado y se presiona con firmeza.
- Posteriormente eliminar el exceso de cemento.
- Para finalizar polimerizar 30 segundos y eliminar los restos de cemento con un instrumento y/o hilo dental.



Figura 33. Prótesis anterior y coronas de molares altamente estéticas (FD).

6. CONCLUSIONES

Como todos los profesionales de la salud, los odontólogos también debemos actualizarnos y estar a la vanguardia con los nuevos avances que se dan en nuestro campo de trabajo, para de esta manera, ofrecer los mejores tratamientos y soluciones a los pacientes, conociendo las bases, ventajas, desventajas e indicaciones que cada material o procedimiento lleva consigo.

Los materiales con los que se restaura un diente han ido evolucionando con el paso del tiempo con la finalidad de conseguir resultados cada vez más duraderos, estéticos y funcionales, ampliando así, la variedad de materiales a elegir de acuerdo a un tratamiento en específico y el caso individual de cada paciente.

Hoy día podemos encontrar materiales altamente estéticos que imitan casi a la perfección el color, la translucidez y la textura de un diente natural. Así llegamos al grafeno, un material innovador derivado del carbono que por sus características ha encontrado un lugar entre las restauraciones de mejor calidad, mejorando la resistencia, la dureza, la estética y la biocompatibilidad al ser un material que debido a su estructura no permite el crecimiento de bacterias, tanto que se ha llegado a usar como sustituto del titanio en los implantes dentales y/o de membrana.

El grafeno tiene propiedades que no solamente son útiles en el campo odontológico, sino también en muchas disciplinas como la biomedicina, la física médica, informática, ingeniería, entre otras.

Al ser un material relativamente nuevo, aún se siguen realizando estudios para conocer mejor todas sus características y usos en todo el mundo, el costo no es tan elevado y en México hay laboratorios que ya manejan este material con la tecnología CAD-CAM, así como distribuidores.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Breve historia de las prótesis dentales [Internet]. Estudiosydesarrollosdeprotesis.es; 2017 [Consultado 16 abril 2021]. Disponible en: <https://www.estudiosydesarrollosdeprotesis.es/breve-historia-de-las-protesis-dentales/>
2. Barrancos Mooney J. Operatoria Dental: Integración Clínica. 4a ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2006.
3. Nocchi Conceição E. Odontología restauradora, salud y estética. 2a ed. Brasil: Artmed editora S.A.; 2007.
4. Guarat Casamayor LR, Izquierdo Hernández D, Mondelo López D, et al. Prótesis dental: Apuntes sobre su historia. Rev Inf Cient [Internet] 2012 [Consultado 16 Abr 2021]; 76(4): [aprox. 0 p.]. Disponible en: <http://www.revinfcientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/1175>
5. Blacio Chávez ML. Tipos de prótesis para pacientes edéntulos parciales y totales [Internet]. Guayaquil: Universidad de Guayaquil Facultad Piloto de Odontología; 2013 [Consultado 16 abril 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/3335>
6. Macchi Ricardo L. Materiales dentales. 4a ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2007.
7. Vilarrubí A, Pebé P, Rodríguez A. Prótesis fija convencional libre de metal: tecnología CAD CAM-Zirconia, descripción de un caso clínico. Odontoestomatología [Internet] 2011 [Consultado 16 abril 2021]; 13(18): 16-28. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-93392011000200003&lng=es.
8. González CR, Kharissova OV. Propiedades y aplicaciones del grafeno. Uanl.mx [Internet] 2008 [Consultado 16 abril 2021]; 11(38). Disponible en: http://eprints.uanl.mx/10375/1/38_propiedades.pdf

9. Argüello Ortega R. Tipos de materiales en Prótesis Dental [Internet]. CDMX: Ortodental; 2020 [Consultado 16 abril 2021]. Disponible en: <https://ortodentalmx.com/blog/tipos-de-materiales-en-pr%C3%B3tesis-dental>
10. Bonilla Flórez L, Guzmán Sánchez L, Nafi Nafi D, et al. Comparación de la resistencia compresiva de coronas en dos materiales de cerámica vítrea: disilicato y silicato. Revista Colombiana de Investigación en Odontología [Internet] 2016 [Consultado 16 abril 2021]; 6(16): 8-15. Disponible en: <https://doi.org/10.25063/21457735.195>
11. Cuitláhuac Gutiérrez N, Espinosa Guzmán F. Biomimetismo: principios naturales para la construcción sustentable. En: Cortés Lara M. Aportes a la Sustentabilidad. Jalisco: ITESO; 2016. p. 179-194. Disponible en: <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/5520/9786079473853-REI.pdf?sequence=2#page=180>
12. Calatrava Oramas L. Biomimética: una vía para romper paradigmas. Acta Odontológica Venezolana [Internet] 2016 [Consultado 19 abril 2021]; 54(1). Disponible en: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2016/1/art-15/>
13. Mendoza Uribe G, Rodríguez López J. La nanociencia y la nanotecnología: una revolución en curso. Perfiles latinoamericanos [Internet] 2007 [Consultado 19 abril 2021]; 14(29): 161-186. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-76532007000100006&lng=es
14. Cantín M, Vilos C, Suazo I. Nanodontología: el Futuro de la Odontología Basada en Sistemas Nanotecnológicos. Int. J. Odontostomat [Internet] 2010 [Consultado 20 abril 2021]; 4(2): 127-132. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2010000200005&lng=es.

15. Farjadian F, Abbaspour S, Sadatlu MA, et al. Recent Developments in Graphene and Graphene Oxide: Properties, Synthesis, and Modifications: A Review. ChemistrySelect [Internet] 2020 [Consultado 19 abril 2021]; 5(33): 10200-10219. Disponible en:
<https://doi.org/10.1002/slct.202002501>
16. Torres H, López J. Aspectos quirales del grafeno. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería [Internet] 2011 [Consultado 19 abril 2021]; 19(1): 67-75. Disponible en:
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052011000100008>
17. Propiedades G-CAM [Internet]. España: Graphenano Dental; 2017 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en:
<https://www.graphenanodental.com/propiedades-gcam/>
18. Moran R. El grafeno en la medicina [Internet]. GrafenoSinFronteras; 2013 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en:
<https://elgrafenodevizcaya.wordpress.com/el-grafeno-en-la-medicina-2/>
19. Los 10 Usos y Aplicaciones del Grafeno [Internet]. Info Grafeno [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en:
<https://www.infografeno.com/aplicaciones-del-grafeno>
20. Propiedades y Aplicaciones del Grafeno [Internet]. Ingemecánica; 2021 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en:
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn119.html>
21. Schiantarelli L. Sistemas cerámicos, cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección, indicaciones [Internet]. Lima: Universidad Inca Garcilaso de la Vega; 2017 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en:
<http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/1315>
22. Martínez F, Pradíes G, Suárez MJ, et al. Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección. RCOE [Internet] 2007 [Consultado 21 abril 2021]; 12(4): 253-263. Disponible en:
[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2007000300003&lng=es.](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2007000300003&lng=es)

23. Yin R. Ceramics in restorative dentistry. En: *Advances in Ceramic Matrix Composites*. James Cook University [Internet] 2014 [Consultado 21 abril 2021]; 624-655. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857091208500265>
24. Sun L, Yan Z, Duan Y, et al. Improvement of the mechanical, tribological and antibacterial properties of glass ionomer cements by fluorinated graphene. *Dent Mater* [Internet] 2018 [Consultado 21 abril 2021]; 34(6): 115-127. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.02.006>
25. *Propiedades Mecánicas y Magnéticas de Materiales* [Internet]. CDMX: Instituto de Física UNAM; [Actualizado 12 de febrero de 2020; Consultado 21 abril 2021]. Disponible en:
https://www.fisica.unam.mx/es/areas_investigacion/propiedades_mecanicas_magneticas_materiales.php
26. Stefano DC. Graphene Applications in Dentistry. *Journal of International Dental and Medical Research* [Internet] 2019 [Consultado 20 abril 2021]; 12(2): 748-754. Disponible en:
<https://www.proquest.com/openview/b94e33e072023fb605cac2c91ebb9f1b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1036416>
27. Caparroso C, Duque J. Cerámicas y sistemas para restauraciones CAD-CAM: una revisión. *Rev Fac Odontol Univ Antioq* [Internet] 2010 [Consultado 20 abril 2021]; 22(1): 88-108. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-246X2010000200011&lng=en.
28. Pascual A, Camps I. Odontología estética: Apreciación cromática en la clínica y el laboratorio. *Med. oral patol. oral cir.bucal* [Internet] 2006 [Consultado 21 abril 2021]; 11(4): 363-368. Disponible en:
http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-69462006000400015&lng=es.

29. Castellanos J. Operatoria Dental [Internet]. Lima: Clinique; 2016 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en: <http://www.cliniquedental.com/tratamientos/operatoria-dental/>
30. Moscoso RC. Enlace Metálico [Internet]. Serendiphia.es; 2016 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en: <https://serendiphia.es/2016/12/28/enlace-metalico/>
31. Themes UFO: Dental Ceramics [Internet]. Pocketdentistry.com; 2015 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en: <https://pocketdentistry.com/18-dental-ceramics/>
32. Mejía J. Puentes de porcelana y Zirconia Tijuana [Internet]. Tijuana: LacasadelaSonrisas.com; 2016 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en: <https://lacasadelaSonrisas.com/puentes-de-porcelana-y-zirconia/>
33. Basirun W, Baradaran S, Nasiri-Tabrizi B. Hydroxyapatite-Graphene as Advanced Bioceramic Composites for Orthopedic Applications. WILEY-Scrivener [Internet] 2016 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9781119242635.ch12>
34. Cerero P. Una revolución tecnológica sin precedentes ¿el GRAFENO como el material del futuro? [Internet]. España: Leyton; 2020 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en: <https://leyton.com/es/2020/11/11/una-revolucion-tecnologica-sin-precedentes-el-grafeno-como-el-material-del-futuro/>
35. Rodríguez A, Curto M, Sario F, et al. El grafeno en la rehabilitación bucal y su comportamiento biológico: Caso clínico [Internet] 2020 [Consultado 21 abril 2021]; 63(2): 18-22. Disponible en: <https://www.ateneo-odontologia.org.ar/articulos/lxiii02/articulo3.pdf>
36. El grafeno en la medicina [Internet]. México: Alquimex; 2018 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en: <https://www.alquimex.com/2018/03/15/el-grafeno-en-la-medicina/>

37. In-Ceram V. VITA cerámica sin metal [Internet]. Alemania: VITA In-Ceram for inLab [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en: https://www.dt-shop.com/fileadmin/media/ga/0930_ga_esp.pdf
38. Fernández E, Bessone LM, Cabanillas G. Restauraciones estéticas de porcelana pura: Sistema Cercon. Av Odontoestomatol [Internet] 2011 [Consultado 15 abril 2021]; 27(5): 231-240. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852011000500002&lng=es.
39. Innovación al servicio de la odontología: más información sobre el sistema CAD/CAM [Internet]. Madrid: Dentaltix.com; 2019 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en: <https://www.dentaltix.com/es/blog/innovacion-al-servicio-la-odontologia-mas-informacion-el-sistema-cad-cam>
40. Enlace covalente [Internet]. Madrid: Significados.com; 2020 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en: <https://www.significados.com/enlace-covalente/>
41. Calderero J, Calderero S. Prótesis completa. Madrid: Editorial Síntesis; 2017 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en: <https://www.sintesis.com/data/indices/9788490774854.pdf>
42. Tipos de composites dentales [Internet]. TienDental; 2019 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en: <https://www.tiendental.com/guia-de-productos-odontologia/2019/07/02/tipos-de-composites-dentales/>
43. Ernest D, Ernest C. Prótesis parcial removible y sobredentadura. Madrid: Editorial Elsevier; 2004.
44. Gambrills dentist discusses the advantages of replacing a missing tooth with an implant and dental Crown. [Internet]. Estados Unidos: Prosthodontics; 2019 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en: <https://www.bldentistry.com/blog/implant-crowns-gambrills/>

45. Masson M, Armas A. Rehabilitación del sector anterior con carillas de porcelana lentes de contacto, guiado por planificación digital. Informe de un caso [Internet]. 2019 [Consultado 21 abril 2021]; 1(30): 82. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/odov/n30/1659-0775-odov-30-79.pdf>
46. Zahnfabrik H. VITA In-Ceram for inLab [Internet]. Alemania: GmbH & Co.KG; 2006 [Consultado 21 abril 2021]. Disponible en: https://www.dt-shop.com/fileadmin/media/ga/0930_ga_esp.pdf