



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**CONSIDERACIONES PARA LA REHABILITACIÓN  
PROTÉSICA CON IMPLANTES DE ZIRCONIA.**

**T E S I N A**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

**P R E S E N T A:**

**ANA KAREN MARTÍNEZ LÓPEZ**

**TUTOR: Esp. ISRAEL PARDIÑAS LÓPEZ**



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.

*En primer lugar, quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México, la máxima casa de estudios, por haberme brindado la oportunidad de desarrollarme académicamente.*

*A mi hermosa Facultad de Odontología que a lo largo de estos años fue mi segunda casa, gracias por enseñarme tantas cosas tanto académica como personalmente y la oportunidad de conocer académicos y amigos.*

*A mi Clínica Periférica Azcapotzalco, por haberme dado la mayor experiencia y enseñanza de toda mi etapa profesional, gracias a mis amigos que estuvieron en cada paso cuando los necesitaba, principalmente a Brendita que siempre me apoyo y alentó a salir adelante, dándome los mejores consejos.*

*A la Mtra. María Luisa Cervantes Espinosa coordinadora del Seminario de Prótesis Dental Parcial Fija y Removible por su apoyo y orientación durante esta etapa. Gracias a mis compañeros y amigos de este seminario que sin su compañía y motivación hubiera sido más difícil, a mis amigas Valery y Karen que en tan poco tiempo me han demostrado su cariño.*

*A mi tutor el Esp. Israel Pardiñas López por dedicarme un poco de su tiempo y orientarme con sus conocimientos para la elaboración de mi tesina, por ser un gran profesional y estar a lo largo de la carrera apoyándome para poder crecer profesionalmente, compartiéndome un poco de su experiencia laboral fuera de la facultad.*

***“Por mi raza hablará el espíritu” ORGULLOSAMENTE UNAM***

*A dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi vida, por darme salud y brindarme la fortaleza para lograr todo lo que me propongo.*

*Le doy las gracias a mi madre Ma. Del Rosario López Santiago porque sin su apoyo y ejemplo no hubiera llegado hasta donde estoy, por estar a mi lado día a día y nunca permitir que me venciera, por ser mi apoyo incondicional y siempre creer en mí. Por ser mi más grande superhéroe, te amo mami.*

*A mis padres José Martínez Cabrera y Ricardo Barreto Olvera por su confianza y apoyo a lo largo de mi carrera, por demostrarme que para conseguir las cosas es necesario luchar.*

*A toda mi familia que siempre me ha demostrado su amor.*

*A mis hermanas, Mariana, Joana, Joselyn y Diana porque sé que para ustedes soy un ejemplo y quiero que luchen y logren cada uno de sus sueños, además de no ser por ustedes no lo hubiera logrado.*

*A Luis Armando Alvarez Rodriguez, por ser mi compañero de viajes, aventuras y ser un gran apoyo, por brindarme toda la confianza y aliento a salir adelante, porque siempre encuentras las palabras correctas para hacerme sentir bien, siempre ves el lado bueno a las cosas y juntos somos el mejor equipo.*

*A mis YAFAA'S queridas que han estado durante todo este proceso de maduración y evolución profesional. Seguimos creciendo juntas, las quiero siempre en mi vida, teniendo platicas inmemorables, risas y llanto. Son las mejores amigas por siempre.*

*A mi perrita Aika por ser la mejor compañía.*

*A mis pacientes, mil gracias por toda su confianza depositada en mí, debo a ustedes gran parte de mi formación profesional.*

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVO .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 1 HISTORIA DE LA IMPLANTOLOGÍA .....</b>	<b>9</b>
1.1 Edad antigua .....	9
1.2 Edad media .....	10
1.3 Edad premoderna.....	11
1.4 Edad moderna.....	12
<b>CAPÍTULO 2 GENERALIDADES.....</b>	<b>16</b>
2.1 Definición de implante dental.....	16
2.2 Partes de un implante.....	16
2.3 Componentes protésicos .....	18
2.3.1 Conexión.....	18
2.3.2 Pilar.....	19
2.3.3 Prótesis o corona .....	21
2.3.3.1 Prótesis cementada .....	21
2.3.3.2 Prótesis atornillada .....	22
2.4 Clasificación .....	23
2.4.1 Sitio de localización del implante.....	23
2.4.2 Composición .....	24
2.5 Biocompatibilidad .....	28
2.6 Osteointegración .....	29
2.7 Tejidos periimplantares.....	31

2.7.1 Anatomía del tejido blando .....	31
2.7.1.1 Espesor biológico .....	33
2.7.1.2 Fenotipos periodontales.....	34
2.7.2 Clasificación ósea .....	34
2.7.2.1 Cantidad de hueso por Lekholm & Zarb.....	35
2.7.2.2 Calidad de hueso por Lekholm & Zarb.....	35
2.7.2.3 Clasificación de Mish .....	36
<b>CAPÍTULO 3 ZIRCONIA EN ODONTOLOGÍA.....</b>	<b>37</b>
3.1 Definición.....	38
3.2 Tipos de zirconio .....	39
3.3 Estructura .....	39
3.4 Propiedades .....	42
3.5 Aplicaciones de la zirconia .....	42
<b>CAPÍTULO 4 IMPLANTES DE ZIRCONIA.....</b>	<b>44</b>
4.1 Características de los implantes .....	44
4.2 Ventajas .....	48
4.3 Desventajas.....	49
4.4 Biocompatibilidad .....	49
4.5 Osteointegración .....	49
4.5.1 Tratamiento de superficie del implante .....	50
4.6 Indicaciones .....	52
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>55</b>

## INTRODUCCIÓN

Desde su descubrimiento, la implantología dental se ha convertido en una buena alternativa terapéutica para restaurar órganos dentarios perdidos y es de las disciplinas odontológicas de mayor innovación, gracias a su biocompatibilidad y a la capacidad de osteointegración que poseen los implantes.

La terapia implantar es una forma popular y efectiva de reemplazar los dientes perdidos, estos se asemejan a las raíces de los dientes, por lo tanto, es necesario que sean estables para poder garantizar un resultado funcional y estético que mantenga y recupere la expresión facial, fonética y ayude a una buena deglución.

El titanio ha sido el metal más utilizado en implantes dentales y traumatología por su buena integración ósea sin embargo, se han encontrado algunos casos en donde las características estéticas no son las deseadas y se hace mención a que pueden sensibilizar a personas genéticamente predispuestas e inducir la llamada reacción de hipersensibilidad con base en esto, hay avances de investigación y experimentación que nos presentan otras alternativas de materiales libres de metal que cumplan con ciertas características que nos proporcionen estética, biocompatibilidad y sean capaces de soportar cargas masticatorias para que logren una mejor osteointegración, como por ejemplo el óxido de zirconio.

La zirconia, es un material con unas propiedades mecánicas y de osteointegración similares al titanio pero quizá con un grado de compatibilidad mayor con los tejidos blandos de la boca, tiene alto grado estético debido a su translucidez, favoreciendo la apariencia natural de las restauraciones por otro lado, tiene propiedades químico-físicas en su superficie que inhiben la

adhesión bacteriana en la cavidad oral además, favorecen a la cicatrización resultando menos complicaciones post-operatorias y menos tiempo de trabajo.

Con esta tesina se pretende que el cirujano dentista de practica general esté actualizado en cuanto a innovaciones en los materiales dentales y conozca información más detallada sobre los implantes de zirconia como otra alternativa para la rehabilitación protésica.

## **OBJETIVO**

Describir las características de los implantes de zirconia y valorar las indicaciones para su uso.

## CAPÍTULO 1 HISTORIA DE LA IMPLANTOLOGÍA

A lo largo de la historia, el hombre ha intentado sustituir o reemplazar los dientes perdidos por diferentes factores como lo son la caries, traumatismos o patologías dentales, con fines funcionales y estéticos.

### 1.1 Edad antigua

Existen varios hallazgos arqueológicos en los cuales hablan del reemplazo no sólo en vivos, sino también en muertos, con la finalidad de tener mayor prestigio, el colocarse algo ajeno a ellos los hacia subir en el status social.

En Argelia, se encontró el cráneo de una mujer joven en el cual presentaba un trozo de falange de un dedo introducido en el alveolo de un segundo premolar superior derecho, está fue la primera prótesis de la que se tiene constancia como implantación necrópsica realizada durante el periodo Neolítico.

El arqueólogo Wilson Popenoe en 1931, descubrió en la Playa de los Muertos de Honduras una mandíbula, que data del año 600 d.C. en la cual presentaba tres fragmentos de concha implantadas en los alvéolos de los incisivos, se sospecha que se implantaron en vida ya que, con los estudios radiográficos determinaron que hubo formación de hueso compacto alrededor de dichos implantes (figura 1).<sup>1,2</sup>



*Figura 1 Mandíbula con fragmentos de conchas implantadas en alvéolos de incisivos, encontrada en Honduras data del año 600 d.C.*

## 1.2 Edad media

En la Edad Media la implantología se refería principalmente al trasplante de dientes. El cirujano árabe Abulcasis (936-1013), también conocido como Abul Kasim, describe los procedimientos de trasplante y fabrico los implantes hechos de hueso de buey.<sup>1,3</sup>

En Japón, durante los siglos XV y XVI, surgieron las primeras evidencias de endodoncias con prótesis implanto-soportadas y se diseñaron con madera que cumplían la función de corona-espiga, la cual se insertaba en el conducto radicular de un diente no vital cuya corona faltaba.

Se puso de moda el trasplante dental en Europa gracias a los cirujanos barberos, que beneficiaban a nobles y militares de alto rango, utilizando como donadores a plebeyos, sirvientes y soldados; dichas prácticas fueron disminuyendo con el paso del tiempo ante los continuos fracasos y la posibilidad de adquirir enfermedades.<sup>3</sup>

Ambroise Paré (S. XVI), Pierre Fauchard (S. XVII-XVIII) y John Hunter (S. XVIII), destacaron por sus aportaciones en la reimplantación dental, además, Paré enfatizó las ventajas del trasplante y reimplante dental aconsejando que si un diente se extraía por equivocación se podía volver a colocar en el alvéolo.<sup>1,3</sup>

Duval al realizar muchas reimplantaciones podría ser considerado como innovador y se distinguió de sus antecesores en que extirpaba la pulpa y la sustituía por plomo u hojas de oro.<sup>1</sup>

Sin embargo, los implantes hechos de marfil, conchas y huesos, o incluso dientes naturales no cumplían con los requisitos para la trasplantación, de hecho, se informó en la década de 1700 que el trasplante de dientes podría provocar contagio de enfermedades e incluso la muerte y a principios del siglo XIX dicho procedimiento disminuyo.<sup>3</sup>

### 1.3 Edad premoderna

A principios del siglo XIX comenzó el auge de la implantología oral endo-ósea, con la colocación de implantes metálicos intraalveolares. El dentista Maggiolo en 1809 inmediatamente después de realizar una extracción insertó un implante de oro en dicho alvéolo.

La documentación de biomateriales implantados durante este periodo también se remota a Harris y Edmunds. Harris informó en el *Dental Cosmos* en 1887 que implantó una corona dental de porcelana en una raíz de platino revestida de plomo en un alvéolo creado artificialmente.

Durante el siglo XX destacó R.E. Payne, quien presentó su técnica de implantación, utilizando para ello una cápsula de plata colocada en el alveolo de una raíz en el tercer Congreso Dental Internacional (1901). Posteriormente, en 1909, Algrave demostró que este metal generaba toxicidad en el hueso promoviendo el fracaso de dicha técnica.<sup>1,3</sup>

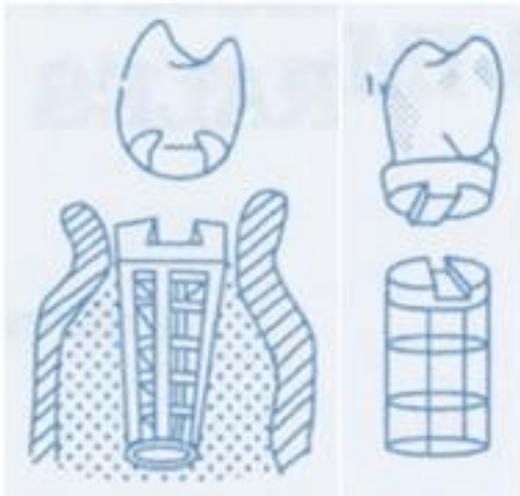


Figura 2 Cesta fabricada de una aleación de alambre compuesta por iridio-platino y oro de 24 quilates por Greenfield.

E.J. Greenfield en 1910, introdujo en un alvéolo una cesta fabricada con una aleación de iridio-platino y oro de 24 quilates (figura 2). En 1915 fue el primer científico en documentar un procedimiento de implantología con fotografías y diagramas en donde menciona las bases de la implantología moderna, haciendo referencia a las normas sanitarias de limpieza y esterilidad, e introduciendo nuevos conceptos en el cuales mencionaba que lo más recomendable

era dejar el implante durante 3 meses sin someterlo a ningún tipo de carga para que el hueso estuviera íntimamente asociado al implante antes de pasar

a rehabilitarlo, describiendo también el concepto de implante sumergido, la curación del tejido bucal y la inmovilidad del implante.<sup>1,3,4</sup>

#### 1.4 Edad moderna

En 1937 Venable y Strock publicaron su estudio en el cual hablaban de fracturas tratadas con prótesis e implantes elaborados con un nuevo material: la aleación de cobalto-cromo-molibdeno conocido como Vitallium. Se aprovechó de esta experiencia y surgieron las dos escuelas clásicas:

- La subperiostica por Dahl
- La intraosea por Strock<sup>1,3</sup>

Adams en el mismo año patentó un tornillo cilíndrico sumergible, con collar gingival y tornillo de cubrimiento, con el cual tomaron ideas para los actuales sistemas osteointegrados.<sup>4</sup>

Formigini es considerado padre de la implantología moderna, en 1947 desarrollo un implante intraóseo helicoidal elaborado de acero inoxidable con tantalio, en el cual ambos extremos fueron soldados para formar un poste a nivel del cuello de dicho implante (figura 3).<sup>4</sup>

Chercheve modificó el diseño de Formigini para mejorar la longitud del cuello del implante con el objetivo de disminuir la reabsorción ósea. De igual manera creo el primer sistema de instrumentación para la colocación de sus implantes.



Figura 3 Implante helicoidal.

En Europa Goldberg y Gershkoff encontraron resultados a mediano plazo con la técnica yuxtaósea o subperióstica utilizando implantes en forma de silla de montar sobre el reborde de los maxilares.

El concepto de la oseointegración comenzó en 1952 con un estudio microscópico in vitro de hueso trabecular de conejo, detallado por Branemark en el cual utilizaba una técnica quirúrgica con un manejo extremadamente delicado, ahí se observó que el trauma quirúrgico interfiere en la cicatrización. Para poder tener un seguimiento a largo plazo se colocaron sistemas ópticos de transiluminación con cámaras de titanio en el hueso del conejo, y posteriormente se dieron cuenta que el titanio se había adherido completamente al hueso, indicando la posibilidad de establecer la verdadera integración entre tejido óseo y el titanio.

Su implante tenía forma de rosca y utilizó titanio puro, además de elementos de precisión para su inserción. La superficie del implante debería ser esterilizada y así mismo cuando se realizará la cirugía se tendría que tener un protocolo adecuado en cuanto a la asepsia.<sup>4</sup>

En 1967, Shanhaus desarrolló los implantes cerámicos roscados y en este mismo año Leonard Linkow, aportó el implante Ventplant, cuyo tornillo era autorroscable y un año más tarde el de hoja, que predominó hasta los años ochenta.<sup>1,3,4</sup>

Roberts y Roberts diseñaron en 1970 el implante endoóseo *ramus blade* (lámina de rama).

Después del titanio surgieron materiales diferentes a los metales y tuvieron en parte éxito como el óxido cerámico de aluminio que presentaba una gran ventaja estética por su color blanco cremoso.

Durante la década de los setentas, se incrementó el desarrollo de una instrumentación adecuada y un mejor manejo quirúrgico de los tejidos, en el cual se implementaron los implantes sumergidos para permitir una adecuada cicatrización y posteriormente ser conectados y cargados funcionalmente. Sin embargo, aparece el sistema ITI (Internacional Team for Oral Implantology) en

el cual se optó por una sola pieza implantada no sumergible de forma cilíndrica con tornillo hueco desarrollado por los suizos en el instituto Straumann.

En Alemania aparece el sistema IMZ (Intra-Movil-Zylinder) que consistía en implantes cilíndricos no roscados con tratamiento de superficie a base de plasma de titanio incluyéndole un dispositivo de rompedor de fuerzas sobre la base del implante, para disminuir la resiliencia a falta del ligamento periodontal.

En 1979 se comercializa el tornillo de cristal de zafiro, conocido como Bioceram no sumergible, incoloros y transparentes utilizado en Japón, conseguían un resultado estético mejor, además de una excelente biocompatibilidad en la unión con el hueso y con el tejido gingival.

Los implantes empiezan a ser recubiertos por hidroxiapatita, los cuales demandaban propiedades osteoinductivas, pero se han demostrado deficiencias entre la unión titanio-hidroxiapatita.

El éxito inicial del zirconio como biomaterial se presentó con la elaboración de cóndilos para la prótesis de rodilla o de prótesis de interposición para las articulaciones de metacarpo, el uso de la zirconia se dio principalmente en la ortopedia. En 1990 se reportaron resultados obtenidos en la fabricación de los implantes dentales de zirconia que mejoran la visibilidad en las radiografías, además tienen propiedades mecánicas que permiten la reducción de los elementos de conexión respecto a los materiales cerámicos previamente usados en las prótesis.<sup>5</sup>

El titanio comercialmente puro y algunas de sus aleaciones han sido el material de elección en implantología y ortopedia. Sin embargo, el color gris del titanio perjudica los resultados estéticos, particularmente en presencia de biotipo mucoso delgado. En los últimos años, los implantes de zirconia han surgido como una alternativa a los implantes de titanio y proporcionan mejores resultados estéticos. La zirconia tetragonal estabilizada con itrio es una

estructura bioinerte bien estudiada que proporciona alta resistencia, resistencia a la fractura, estética y biocompatibilidad.<sup>6</sup>

Los implantes hoy en día se pueden considerar el área más innovadora y son en la actualidad un factor determinante en la odontología, gracias a todos los estudios del pasado tenemos más herramientas y nueva tecnología la cual ha ido evolucionando aportando mejoras en las técnicas de implantación, además de que se tiene mayor conocimiento en cuanto a los materiales.

## CAPÍTULO 2 GENERALIDADES

Los dientes son estructuras anatómicas que se componen de una corona, cuello y raíz utilizadas principalmente en la masticación además de proveer una buena estética, por lo tanto, cuando hay ausencia de dichos órganos recurrimos a la colocación de implantes dentales siendo la alternativa con mayor similitud en cuanto a función y estética.

### 2.1 Definición de implante dental

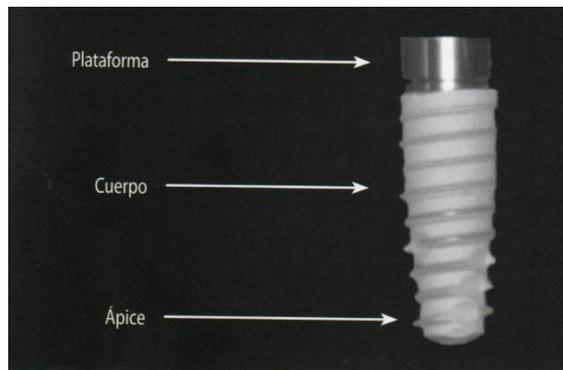
Un implante dental puede definirse como un dispositivo médico inerte totalmente biocompatible, que sustituye la raíz de un diente ausente, se elabora en uno o más materiales aloplásticos, que se inserta de manera intencional en el cuerpo colocado quirúrgicamente por debajo de la mucosa en el interior del reborde óseo residual y debe cumplir con ciertas características fisicoquímicas que favorezcan la integración en el hueso dando mayor retención y soporte a una prótesis dental fija o removible.<sup>2,7,8</sup>

### 2.2 Partes de un implante

Un implante se compone principalmente de:

**Cuerpo:** Porción del implante que está diseñado para poderlo introducir al hueso con el fin de anclar los componentes protésicos, generalmente tienen un diseño en rosca, aunque existen otros tipos. El cuerpo se compone de tres partes (figura 4):<sup>7,9</sup>

- Plataforma o módulo de cresta: Es la porción más superior.
- Cuerpo: Es la porción intermedia.
- Ápice: Es la punta o extremo final, la primera que comienza a introducirse durante el acto quirúrgico.



*Figura 4 Partes que componen el cuerpo del implante.*

**Tornillo de cobertura:** Es una tapa que se coloca durante la etapa quirúrgica sobre la plataforma o módulo de cresta cuando el implante se deja sumergido con el fin de evitar el crecimiento de tejidos blandos y duros en el interior del implante.

**Tornillo de cicatrización:** Después de producirse la osteointegración tiene lugar una segunda etapa quirúrgica, en la que se retira el tornillo de cobertura y se coloca el pilar de cicatrización, su principal función es prolongar el cuerpo del implante sobre los tejidos blandos, y permitir la unión de la mucosa gingival al módulo de la cresta, dando así lugar al sellado gingival (figura 5).<sup>7,9</sup>



*Figura 5 Tornillo de cicatrización.*

## 2.3 Componentes protésicos

Se han aumentado las posibilidades de tratamiento gracias a el desarrollo de los componentes protésicos en implantología, exigiendo a los mismos no solo función sino estética. Para obtener estos resultados es muy importante la función de los pilares que pasaron de ser una simple conexión entre el implante y la prótesis, a ser un determinante fundamental en el logro final estético y funcional del tratamiento rehabilitador.

Los componentes se dividen en:

- Conexión
- Pilar
- Prótesis o corona

### 2.3.1 Conexión

Es la zona a través de la cual se conecta el implante al pilar. El implante y el pilar van a presentar el mismo formato de forma complementaria, es decir, conexión del estilo macho-hembra.

Las conexiones protésicas se clasifican en:

- a) **Conexión a hexágono externo:** En la cual la conexión del implante por fuera, es decir, la figura geométrica de hexágono se encuentra por encima de la plataforma del implante por lo tanto los pilares asientan sobre los implantes.
- b) **Conexión a hexágono interno:** En la cual la conexión del implante está por dentro, es decir, los pilares asientan dentro de la depresión hexagonal del implante.<sup>10</sup> Figura 6

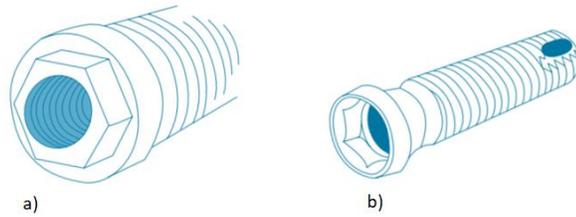


Figura 6 Conexiones protésicas. a) Conexión a hexágono externo. b) Conexión a hexágono interno.<sup>11</sup>

### 2.3.2 Pilar

Es el componente que, unido al implante, sostiene la prótesis. Podemos encontrar diferentes tipos de pilares para prótesis cementada y atornillada (tabla 1).<sup>12</sup>

Cementado	Atornillado
UCLA <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plástico</li> <li>• Con base metálica</li> <li>• Oro</li> </ul>	UCLA <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plástico</li> <li>• Con base metálica</li> <li>• Oro</li> </ul>
Cerámico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recto</li> <li>• Angulado</li> </ul>	Pilar cónico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recto</li> <li>• Angulado</li> </ul>
Pilar de titanio <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recto</li> <li>• Angulado</li> </ul>	Pilar cónico bajo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recto</li> <li>• Angulado</li> </ul>

Tabla 1 Comparación entre los pilares utilizados para prótesis cementada y atornillada.

#### Pilar UCLA

En la Universidad de California, en los Ángeles, se creó el UCLA (Universal Castable Large Abutment), es un pilar totalmente personalizado, versátil y práctico, que es utilizado ya que permite modificaciones en su forma. Existen los de plástico totalmente calcinable, con base metálica y aleación de oro.<sup>12,13</sup>

La desventaja de los totalmente calcinables es el proceso de fundición, debido a que puede comprometer la precisión de la adaptación ya que la conexión se

obtiene también después del colado, es por eso que con la base metálica garantizamos que no hay distorsiones y creamos un buen sellado, pues al realizarse la sobrefundición la parte de la conexión permanece inalterada, mejorando su adaptación con el implante.<sup>12</sup>

Está indicado para prótesis atornillada o cementada en casos en los cuales los componentes prefabricados presentan limitaciones, especialmente donde los implantes tengan inclinaciones excesivas o cuando la plataforma del implante se encuentre muy cerca del margen gingival.<sup>10,13</sup>

### **Pilar cerámico**

Son pilares fabricados en cerámica reforzada con zirconia o alúmina, lo que les da una característica en cuanto a su color muy cercana a la del diente natural. Es un material con excelente biocompatibilidad con el tejido gingival y buena resistencia para soportar las fuerzas masticatorias.

Estos pueden ser rectos con una angulación de 0° con respecto al eje axial del implante, solo varia la altura gingival o angulados que se utilizan en aquellos casos en los que es necesario una corrección de la angulación, de manera que los tornillos de acceso no queden en posición desfavorable.

Indicados en sitios de alta estética con encía fina o cuando la plataforma del implante este localizada muy cerca del margen gingival.<sup>13</sup>

### **Pilar metálico**

Son pilares fabricados de titanio y aleaciones, lo que genera buena biocompatibilidad, pero no buena estética dependiendo la zona de colocación de los implantes.

Los pilares prefabricados rectos pueden aceptar cierto grado de modificación con fresas, de esta forma hace posible corregir pequeños errores de orientación de los implantes o limitaciones en cuanto al espacio interoclusal, aunque los pilares angulados permiten correcciones mayores en cuanto a la orientación de los implantes.<sup>13</sup>

### **2.3.3 Prótesis o corona**

La prótesis fija sobre implantes es también conocida como coronas, las cuales tienen el objetivo de recuperar función y estética, pueden ser cementadas o atornilladas, según con el tipo de pilar utilizado.<sup>12</sup>

#### **2.3.3.1 Prótesis cementada**

La prótesis cementada es aquella en la cual su fijación es a base de algún cemento sobre un pilar prefabricado.

Ventajas:

- Estética
- Mantenimiento de la integridad de las caras oclusales
- Mejor distribución de los contactos oclusales

Desventajas:

- Difícil reversibilidad
- Poca retención en casos de corona clínica corta
- Problemas inherentes al cementado
- Posible aflojamiento o fractura de los tornillos de los pilares de conexión

### 2.3.3.2 Prótesis atornillada

La prótesis atornillada funciona mediante un tornillo para la unión firme de sus componentes.<sup>12-14</sup> Figura 7

Ventajas:

- Reversibilidad
- Facilidad de revisión
- Buen mantenimiento
- Reparaciones eventuales
- Mayor retención protésica

Desventajas:

- Interferencia de la anatomía oclusal
- Mayor costo
- Alto índice de fractura del material de la corona
- Los tornillos emergen sobre las superficies oclusales



*Figura 7 Comparación de una prótesis cementada vs prótesis atornillada.<sup>15</sup>*

## 2.4 Clasificación

Los diferentes tipos de implantes se pueden clasificar de acuerdo a:

- Sitio de localización del implante
- Composición del implante

### 2.4.1 Sitio de localización del implante

**Endoóseos:** Son aquellos implantes colocados a través de la encía en el hueso y sirven como pilares artificiales.<sup>4,16</sup> Figura 8

Existen diferentes formas:

- Tipo hoja
- Alfileres
- Cilíndricos
- Tipo disco
- Forma de tornillo



*Figura 8 Implantes endoóseos.<sup>17</sup>*

**Subperiósticos o yuxtaóseos:** Este tipo de implantes se realizaban posterior a una impresión de los maxilares y se elaboraba una estructura de metal que se pondría sobre el reborde óseo y se le colocaban pilares transmucosos soldados a la estructura metálica que ayudan al soporte de la prótesis.<sup>4,16,18</sup>

Figura 9

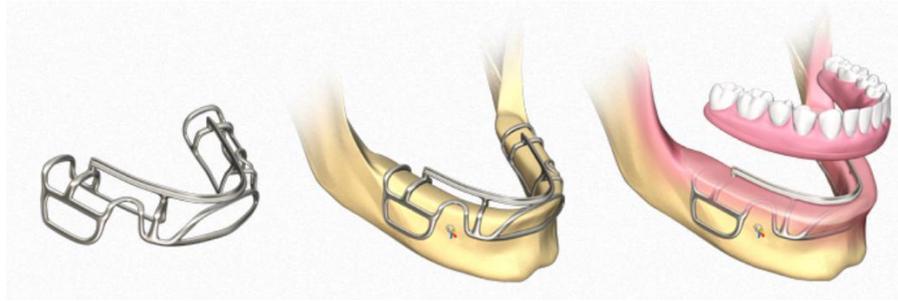


Figura 9 Implante dental subperióstico.<sup>17</sup>

**Transmandibulares:** Se desarrollaron para retener las dentaduras en la mandíbula inferior desdentada. Existían 2 modelos disponibles, el primero llamado implante “Staple-Bone” desarrollado por Small consistía en una férula adaptada al borde inferior de la mandíbula que se fijaba por medio de alfileres estabilizantes y se colocaban dos tornillos transmandibulares en sentido transgingival hacia la boca. El segundo modelo, introducido por Bosker, tenía dos férulas metálicas, una debajo del borde inferior de la mandíbula y el otro por dentro de la boca para conectar los cuatro postes perforando a través de los tejidos blandos.<sup>14,16</sup> Figura 10

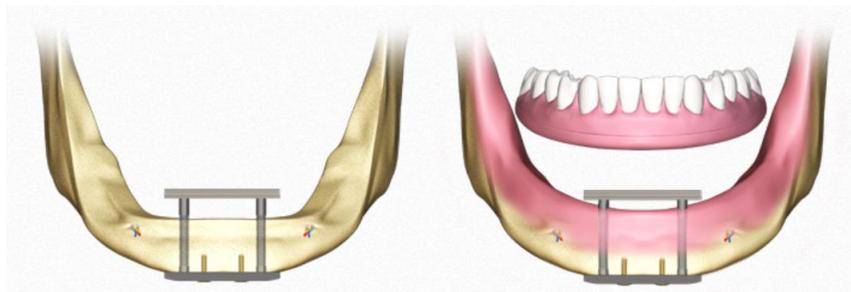


Figura 10 Implante transmandibular.<sup>17</sup>

### 2.4.2 Composición

Podemos encontrar otra manera de clasificar a los implantes dentales por medio de su composición:

**Cerámicos:** Estos tipos de implante son quebradizos, poseen una escasa resistencia a la flexión y mínima al impacto. Incluyen:

- Óxido de aluminio
- Hidroxiapatita
- Fosfato tricálcico
- Aluminatos de calcio
- Zirconia

**Carbón:** También son quebradizos y no son deformables frente a esfuerzos mecánicos que pueden ser pirolítico o vítreo.

**Polímeros:** Tienen una sobre resistencia la abrasión, se oxidan y pueden sufrir degradación hidrolítica tales como:

- Polimetilmetacrilato
- Politetrafluoretileno
- Polietileno
- Caucho de silicona
- Polisulfuro
- Fibras de carbón

**Metales:** Es el material más utilizado en la actualidad, tienen las siguientes características inerte, no corrosivo, no biodegradable y biocompatible. Entre los más comunes están:

- Titanio puro
- Aleación del titanio
- Cromo-cobalto-molibdeno<sup>4,14</sup>

El titanio comercialmente puro (cpTi) y las aleaciones de titanio son los materiales de primera elección para los implantes dentales debido a que, proporcionan una alta estabilidad química, buenas propiedades de biocompatibilidad, adecuada oseointegración, resistencia a la corrosión y resistencia mecánica. Su dureza le permite soportar cargas masticatorias y su módulo elástico es muy parecido al del hueso.<sup>13,14</sup>

En las últimas dos décadas, la topografía de la superficie de los implantes de cpTi, se ha investigado a fondo y se ha mejorado notablemente. Hoy en día, los estos implantes los someten a diferentes técnicas, tales como arenado y/o grabado ácido, dominan el mercado y se consideran el "estándar de oro" para los implantes dentales debido a su resistencia a la corrosión y biocompatibilidad para generar una superficie con micro rugosidades.<sup>19</sup>

- **Técnica de arenado.** En esta técnica la superficie del implante es bombardeada con un chorro de aire y agentes abrasivos, arena, a una presión controlada, aumentando de esta manera la superficie de contacto.
- **Técnica del grabado ácido y arenado.** En esta técnica, la superficie del implante es bombardeada con gruesas partículas de entre 250-500 nm. Dichas partículas son generalmente de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Posteriormente, se graba con ácido clorhídrico y con ácido sulfúrico. Este tipo de tratamiento de la superficie parece ser que es en la que se producen mejores resultados de osteointegración.
- **Técnica del grabado ácido.** En este proceso se utilizan soluciones ácidas para tratar las superficies de los implantes a través de erosiones químicas.<sup>20</sup>

Sin embargo, a pesar de estos excelentes resultados, se producen complicaciones técnicas, biológicas y estéticas. Una de las complicaciones observadas fue la fractura por fatiga de los implantes de diámetro estrecho, generalmente después de varios años de funcionamiento del implante. Por lo

tanto, la investigación se centró en superar estos inconvenientes mejorando las propiedades mecánicas de los materiales para implantes.

Se desarrollaron nuevas aleaciones de titanio para mejorar las propiedades mecánicas de los implantes, no solo para minimizar el riesgo de fractura, sino también para ampliar las indicaciones para implantes de diámetro estrecho en sitios con volumen óseo limitado por lo tanto, se crearon aleaciones de titanio como titanio-aluminio-vanadio que al unirse mejoraban la capacidad de resistencia y aunque tenían buena biocompatibilidad, la respuesta ósea era menos favorable en comparación al cpTi, de igual manera tenían menor resistencia a la corrosión. Recientemente se desarrolló una aleación de titanio-zirconia (TiZr) que consiste en aleación de Ti con 13% -15% de Zr mostrando similares características en cuanto osteointegración y una mejor resistencia a la tracción y a la fatiga que el cpTi. Se necesitan más investigaciones a largo plazo sobre las tasas de supervivencia y éxito de los implantes de diámetro estrecho, analizando el riesgo de complicaciones biomecánicas y otras posibles complicaciones (tabla 2).<sup>19</sup>

	Titanio comercialmente puro Grado 4	Ti-6 Al-4 V	TiZr	Zirconia (3Y-TZP)
Composición (%)	N ≤ 0.05 C ≤ 0.08 H ≤ 0.015 Fe ≤ 0.5 O ≤ 0.4 Ti = equilibrar	N ≤ 0.05 C ≤ 0.08 H ≤ 0.012 Fe ≤ 0.25 O ≤ 0.13 Al 5.5 - 6.5 V 3.5 - 4.5 Ti = equilibrar	13% Zr Ti = equilibrar	ZrO <sub>2</sub> +HfO <sub>2</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ≥ 99.0 Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ≥ 4.5 HfO <sub>2</sub> ≤ 5.0 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ≤ 0.3 Otros óxidos < 0.5
Elasticidad (Gpa)	102	114	98	200-220
Resistencia (Mpa)	860	1,000	990	1,500

Tabla 2 Nuevos materiales de implantes con propiedades mecánicas optimizadas en comparación con titanio comercialmente puro grado 4.

Otros autores resaltan que los implantes dentales de titanio demuestran excelentes características y ofrecen numerosas posibilidades de tratamiento para mejorar la calidad de vida de los pacientes. Sin embargo, en los últimos años han surgido preguntas sobre la sensibilidad al titanio. Un estudio indicó que la prevalencia de alergia al titanio se estimó en 0.6%. Además, se demostró un proceso de corrosión cuando se puso titanio en contacto con fluoruro o aleaciones metálicas en la saliva. Por otro lado, menciona que su color gris es inconveniente más del titanio en cuanto a estética debido a que, si este se coloca en áreas estéticas con un biotipo gingival delgado, la sombra oscura de titanio puede verse a través de los tejidos periimplantarios, lo que perjudica el resultado estético.<sup>21,22</sup>

## **2.5 Biocompatibilidad**

La biocompatibilidad la podemos definir como la capacidad de un biomaterial para actuar de manera adecuada ante una aplicación específica, sin producir efectos indeseables locales o sistémicos, generando una respuesta apropiada. Esta puede verse afectada por el material utilizado, así como el diseño y forma del implante.

Un biomaterial es un material no vital con la finalidad de interactuar con un determinado sistema biológico.

Existen diversos biomateriales utilizados y estos deben ser:

- Biotolerados: Cuando entre hueso e implante no interviene tejido fibroso.
- Bioinertes: Cuando entre hueso e implante existe contacto directo.
- Bioactivos: Cuando entre hueso e implante se encuentra presente una conexión mediada por enlaces químico-físicos.<sup>14</sup>

Un biomaterial debe cumplir con los siguientes requisitos

- Ser biocompatible, es decir, debe ser aceptado por el organismo, no provocar que éste desarrolle sistemas de rechazo ante la presencia del biomaterial.
- No ser tóxico, ni carcinógeno.
- Ser químicamente estable (no presentar degradación en el tiempo) e inerte.
- Ofrece una resistencia mecánica adecuada.
- Tener un tiempo de fatiga adecuado.
- Tener densidad y peso adecuados.
- Diseño de ingeniería: el tamaño y la forma del implante deben ser los adecuados.
- Accesible económicamente, reproducible y fácil de fabricar y procesar para su producción en gran escala.<sup>23</sup>

## **2.6 Osteointegración**

La respuesta biológica del organismo ante los implantes dentales depende de muchos factores con respecto a la superficie de estos, así como a la técnica quirúrgica, aspectos propios del huésped o las cargas mecánicas y algunas propiedades físico-químicas. Cuando todo este proceso tiene éxito lo podemos definir como osteointegración.

El éxito del proceso depende previamente de la función de dos procesos:

- Osteoinducción: Transformación de células precursoras en células osteogénicas.
- Osteoconducción: Formación de hueso sobre la superficie del implante.<sup>8</sup>

Branemark fue quien llevo a cabo su descubrimiento gracias a su arduo trabajo en donde colocaba el titanio comercialmente puro, en una preparación

adecuada en el hueso y podía permanecer fijo en su lugar debido a la estrecha unión entre dos materiales.<sup>14</sup>

La osteointegración es una conexión íntima, directa, estructural y funcional entre el tejido óseo vivo, sano y la superficie del implante dental a nivel microscópico, sometido a cargas masticatorias. También llamada fusión ósea o anquilosis, el implante debe tener fijación inicial adecuada en donde hablamos de estabilidad primaria.<sup>7,13</sup>

La estabilidad primaria se define como la resistencia y rigidez de la relación de contacto o fricción que se establece entre el hueso mineralizado, el sitio receptor y el dispositivo metálico. Se considera una necesidad mecánica para evitar el movimiento inicial en la interfase hueso-implante. Se basa de tres factores:

- Diseño del implante
- Densidad de hueso
- Dureza del hueso

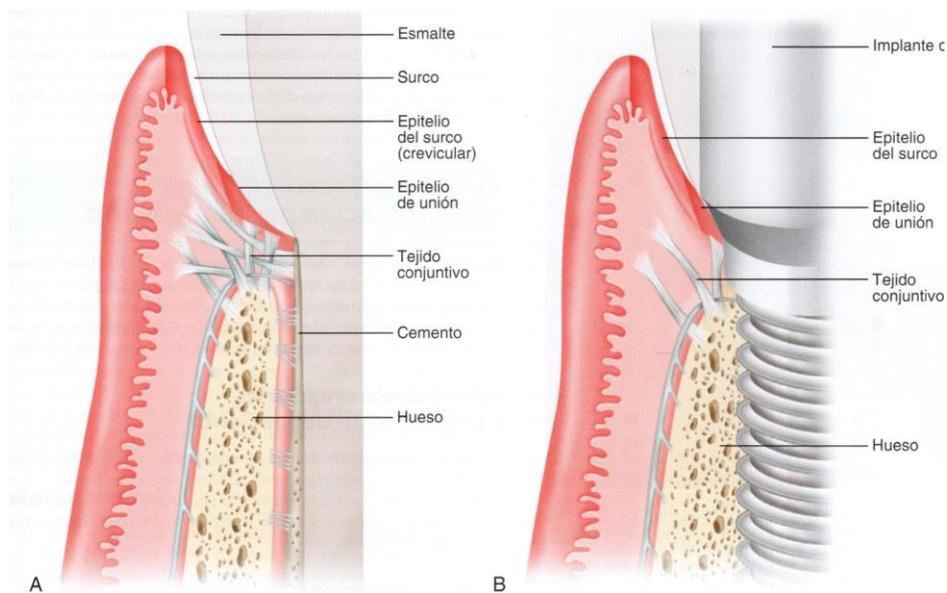
La estabilidad secundaria es la suma de la estabilidad primaria y la estabilidad conseguida por la aposición ósea que se da gracias a la respuesta biológica al trauma quirúrgico, las condiciones de cicatrización o la formación ósea inicial. Una vez concluidos estos pasos se podrá colocar la prótesis provisional sobre lo implantes y, bajo estímulo, se producirá la remodelación del hueso y podrá tener mayor resistencia a las fuerzas de masticación. El proceso de remodelación incluye la reabsorción y formación ósea, logrando la maduración y mejora la calidad del tejido.<sup>13,24</sup>

Para comprender dicho fenómeno, es importante conocer la biología de los tejidos periimplantares debido a que son la estructura de soporte elemental para la estabilidad del implante.

## 2.7 Tejidos periimplantares

Para la colocación de implantes dentales tenemos que estudiar correctamente los tejidos periimplantares que tienen como función proteger al implante de cambios presentados por bacterias; trauma mecánico causado por procedimientos restaurativos, fuerzas masticatorias y el mantenimiento de la higiene oral. El implante es el apoyo o anclaje de una prótesis dental, por lo tanto, el éxito de este recae no solo en tener una buena integración ósea, sino también en los tejidos adyacentes.

Hay similitudes entre los tejidos periodontales y los tejidos periimplantares; el cuerpo tiene la capacidad y habilidad de reaccionar ante las necesidades funcionales para la cicatrización transmucosa, compartido entre el diente y el implante (figura 11).<sup>7,9</sup>



*Figura 11 Se observan los tejidos duros y blandos alrededor de un diente haciendo comparación con un implante.*

### 2.7.1 Anatomía del tejido blando

La mucosa que rodea al implante es llamada mucosa periimplantar y sus características se definen durante el proceso de cicatrización de la herida en

la cual el propósito es cubrir la superficie de cualquier tejido conectivo expuesto durante el acto quirúrgico. Esta mucosa puede estar formada de tejido queratinizado firme y unir al periostio por medio de fibras de colágena o bien puede ser de mucosa no queratinizada, esto provee un sellado transmucoso contra irritantes bacterianos y proporciona suficiente estabilidad estructural al implante para poder resistir el trauma mecánico.

El **epitelio de unión** se une al implante formando una interfase que se caracteriza por la presencia de hemidesmosomas que ayudan a formar la lámina basal interna que actúa como un sellado biológico, el cual impide la llegada de productos o bacterias al tejido óseo proporcionando una barrera mecánica contra el desgarro. Cabe mencionar que los componentes de colágena del cuerpo lineal no se pueden adherir o incrustar al cuerpo del implante como lo hacen con el cemento del diente.

El **epitelio del surco** se forma para poder proveer protección celular inmunológica que contiene un gran plexo vascular que no presenta el potencial de las conexiones anastomosantes derivadas de los vasos del ligamento periodontal.

El **epitelio oral** es una pequeña capa de tejido queratinizado que provee protección ante fuerzas mecánicas, de masticación, procedimientos restaurativos y de higiene oral.

El **tejido conectivo** se forma alrededor del implante teniendo la capacidad mantener el sellado entre el medio ambiente intraoral y el sistema de soporte interno de los implantes. Este mantiene un contacto muy cercano con el implante y se encuentra en relación con el epitelio de unión y el epitelio del surco. Se conforma principalmente de fibras de colágeno, tiene baja cantidad de fibroblastos y es relativamente acelular y avascular comparado con los otros tejidos.

El **sistema vascular** de la mucosa periimplantar contiene menor cantidad de vasos sanguíneos debido a la ausencia de un ligamento periodontal. Los vasos sanguíneos adyacentes al epitelio de unión se sitúan de forma circunferencial alrededor del implante revelando una característica de plexo crevicular. En el tejido conectivo y la unión transmucosa del implante se encuentra presente pocos vasos debido a que existe un tejido conectivo denso con poca vascularidad, los cuales podrían ser identificados como ramas terminales de los vasos sanguíneos del supra-periostio.

### 2.7.1.1 Espesor biológico

El área adecuada alrededor del implante es de gran importancia para la salud de las estructuras periimplantares, de no tomarse en cuenta podría contribuir a la pérdida ósea marginal.

Podemos definirla como la suma de la altura del epitelio de unión ( $\pm 2\text{mm}$ ), el tejido conectivo supracrestal ( $\pm 1\text{mm}$ ) y el surco ( $\pm 1\text{mm}$ ), consiste entre un rango de tres a cinco mm (figura 12).<sup>7,25,26</sup>

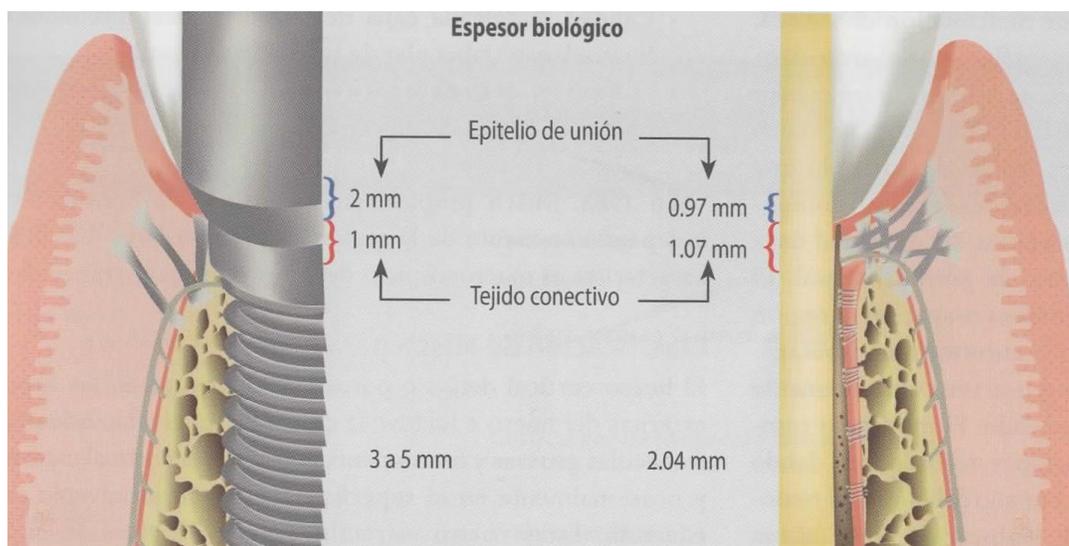


Figura 12 Comparación del espesor biológico del implante contra el diente.

### **2.7.1.2 Fenotipos periodontales**

El fenotipo lo podemos definir como las características observables de un órgano basadas en una combinación multifactorial de rasgos genéticos y factores ambientales, el fenotipo es una expresión del genotipo en salud y la expresión en cada tipo de enfermedad.<sup>27</sup>

El **fenotipo delgado** presenta un grosor óseo reducido, mayormente en la parte vestibular, lo que puede ocasionar fenestraciones y dehiscencias. Puede haber recesiones sin ningún tipo de intervención, y después de una extracción dentaria, varía entre 1,5 a 2,0mm en los primeros 12 meses, en donde la mayor pérdida ósea se da en los primeros tres meses.

El **fenotipo grueso** va a tener un mayor grosor de la encía queratinizada y un amplio grosor de hueso, por lo tanto, nos aseguramos de tener mayor protección para el implante.

Existe relación entre el fenotipo periodontal, el volumen óseo y su patrón de reabsorción, siendo de vital importancia para pronosticar resultados ideales en la terapia con implantes.<sup>28</sup>

### **2.7.2 Clasificación ósea**

El hueso es un órgano que tiene la capacidad de remodelarse y su función está determinada por múltiples factores entre los cuales se encuentran: las hormonas, las vitaminas y las influencias mecánicas. Los parámetros biomecánicos, como la densidad del hueso disponible en un área edéntula, son de suma importancia ya que son un factor determinante en el plan de tratamiento, el diseño del implante, la técnica quirúrgica, el tiempo de cicatrización y la carga ósea inicial progresiva durante la rehabilitación protésica.

### 2.7.2.1 Cantidad de hueso por Lekholm & Zarb

La cantidad de hueso se valora en función de la reabsorción ósea existente y se clasifica de la siguiente manera (figura 13): <sup>7,9,26</sup>

- Hueso tipo A: Cresta alveolar casi completa. Existe una reabsorción insipiente del proceso alveolar.
- Hueso tipo B: Mínima resorción de la cresta alveolar. Existe una reabsorción moderada del proceso alveolar.
- Hueso tipo C: Completa reabsorción de la cresta alveolar hasta el arco basal. Existe una reabsorción marcada del proceso alveolar.
- Hueso tipo D: Reabsorción incipiente del arco basal. Se desaparece el proceso alveolar y comienza a existir una reabsorción a nivel del hueso basal.
- Hueso tipo E: Reabsorción extrema del arco basal. No presenta hueso cortical.

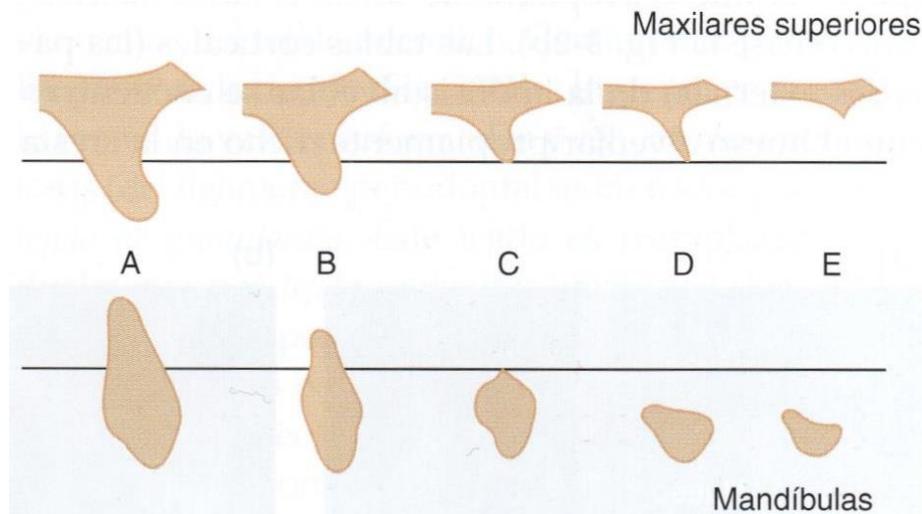


Figura 13 Clasificación de acuerdo al grado de reabsorción ósea.

### 2.7.2.2 Calidad de hueso por Lekholm & Zarb

En 1985 se describieron cuatro calidades óseas encontradas en la región anterior de los maxilares (figura 14): <sup>7,9,26</sup>

- Calidad 1: Constituida casi exclusivamente de hueso compacto homogéneo.
- Calidad 2: Capa gruesa de hueso compacto alrededor de un núcleo de hueso trabecular denso.
- Calidad 3: Capa delgada de hueso cortical alrededor de hueso denso trabecular de resistencia favorable.
- Calidad 4: Capa delgada de hueso cortical alrededor de un núcleo de hueso esponjoso de baja densidad.

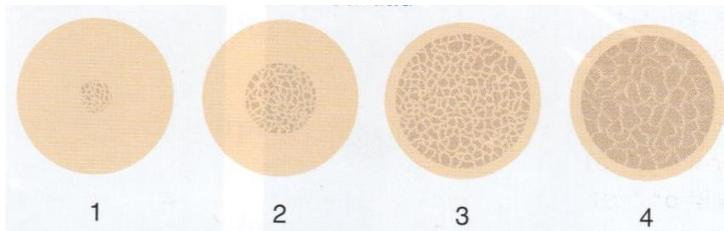


Figura 14 Clasificación de la calidad ósea.

### 2.7.2.3 Clasificación de Mish

En 1988, Mish se basó en las características macroscópicas del hueso cortical y trabecular para proponer cuatro grupos de densidades óseas independiente a la región de los maxilares (figura 15): <sup>7,9,26</sup>

- D1: Hueso compacto denso.
- D2: Hueso compacto denso y poroso con trabécula densa.
- D3: Hueso compacto fino y poroso con trabécula fina.
- D4: Esponjosa con trabéculas fina.

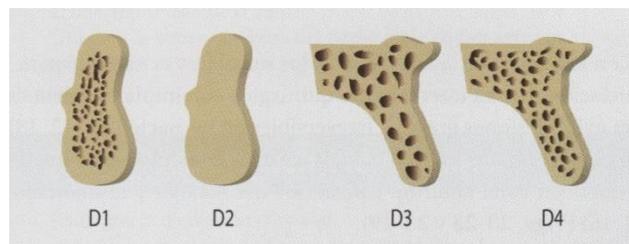


Figura 15 Tipos de densidad ósea

## CAPÍTULO 3 ZIRCONIA EN ODONTOLOGÍA

La cerámica se ha empleado en odontología y medicina durante muchos años, una de las cerámicas más populares es la zirconia, debido a sus extraordinarias propiedades mecánicas. Los revestimientos cerámicos como protección contra la corrosión de los implantes fueron primeros reportes en cuanto al uso del zirconio en odontología, teniendo como objetivo mejorar la biocompatibilidad en la cavidad oral.

La zirconia se ha empleado en la elaboración de núcleo de coronas unitarias y de puentes fijos más largos. Asimismo, se han empleado como implantes en prótesis de caderas y articulaciones de los dedos y las muñecas. Recientemente, han aparecido algunos estudios en la literatura odontológica que sugieren el posible empleo de los implantes de zirconia como prótesis dentales.<sup>29</sup> Figura 16



Figura 16 Aplicaciones de la zirconia en Odontología.<sup>30</sup>

Garvie y col. en 1975 publicaron en NATURE, el descubrimiento de la posibilidad de estabilizar la fase tetragonal del zirconio a temperatura ambiente y demostraron que en la transición de fase tetragonal a monoclinica era posible obtener un material cerámico con propiedades similares a los metales, lo cual

genero mayor interés para la búsqueda de materiales cerámicos como alternativa para la elaboración de implantes dentales, inicialmente su diseño fue en llama o pocillo y sucesivamente de tornillo.

Se reportaron resultados en 1990 por Minamizato, sobre la fabricación de los implantes tipo llama en zirconio, en los cuales empleaba un proceso de conformado para el colado seguido de un tratamiento laser, al año siguiente Springate y Wuichester muestran su trabajo sobre la fabricación y características de los brackets ortodónticos en zirconia.

Otro autor en 1993 mostró resultados sobre los implantes tipo pocillo insertados en ambos maxilares de Beagle (raza canina) con el método de postextracción, en el cual observó una reacción tisular referente a una osteogénesis de contacto visible en la interfase hueso-implante.

Posteriormente se propusieron los pernos intrarradiculares en zirconia, coronas realizadas con técnica CAD-CAM, aditamentos sobre implantes tales como pónicos y estructuras para prótesis dentales.<sup>5</sup>

### **3.1 Definición**

El zirconio proviene del árabe *zargon*, del “color de oro”, fue identificado en 1789 por el químico alemán Martin Heinrich Klaproth y aislado por Jon Jacob Berzelius, es un elemento químico encontrado comúnmente en la corteza terrestre, es un metal brillante, que en la forma pura es relativamente blando y dúctil, se encuentra entre los elementos más abundantes en el lugar decimoséptimo, por encima del cobre, estaño, plomo y zinc.

La baddeleyita se define como el óxido de zirconio natural, se encuentra presente en la fase monoclinica, es un material impuro no indicado para la formación de estructuras cerámicas.

### 3.2 Tipos de zirconio

El óxido de zirconio estabilizado en su forma tetragonal, es la cerámica de zirconia y en odontología se encuentran compuestos como:

- *Tetragonal zirconia polycrystal*, (Y-TZP), estabilizado con óxido de itrio ( $Y_2O_3$ ).
- *Partially stabilized zirconia*, estabilizada con óxido de magnesio u óxido de calcio (MgO, CaO).<sup>5,31</sup>

### 3.3 Estructura

El óxido de zirconio se une mediante un enlace químico, de carácter iónico, entre el metal  $Zr^{4+}$  y el oxígeno  $O^{2-}$ , por lo tanto, le da un estado elevado de oxidación, esto genera que el metal no se comporte como un metal si no como una cerámica, es decir una oxidocerámica, por este motivo son definidas como grupo de sustancias inorgánicas no metálicas con estructura policristalina de granos finos.<sup>5,31</sup>

La forma pura de Zirconia ocurre en dos formas principales:

- a) La forma cristalina que es blanda, blanca y dúctil.
- b) La forma amorfa que es un polvo de color negro, este se refina y posteriormente se trata sintéticamente a altas temperaturas para producir una forma ópticamente translúcida cristalina. Después de la purificación se llena en matrices maleables y se procesa a alta presión.<sup>32</sup>

El retículo cristalino tiene la propiedad de polimorfismo y se caracteriza por tener diferentes formas cristalográficas con diferentes parámetros geométricos y dimensionales, los cuales pueden ser reversibles en relación a la temperatura e implican una expansión del retículo de monoclinica a tetragonal de 3 a 4% y de tetragonal a cúbica de aproximadamente 2.5%.

Las fases cristalinas son tres:

- **Monoclínica (m)**
- **Tetragonal (t)**
- **Cúbica (c)**

La fase monoclínica es cuando el mineral está a temperatura ambiente, esta forma es estable hasta alcanzar una temperatura de 1173°C, al aumentar dicha temperatura el retículo se convierte a la forma tetragonal y posteriormente a cúbica cuando la temperatura sobre pasa los 2370°C; la fusión se produce a unos 2690 a 2720°C (figura 17).<sup>5,31,32</sup>

Las características de dichas transformaciones son definidas como martensíticas, debido a que todas las estructuras metaestables de cualquier aleación no ferrosa se obtienen a través de un enfriamiento rápido con el fin de congelar una fase a temperatura ambiente. Teniendo en cuenta:

- Ausencia de transporte de materia
- Se producen entre un rango de temperatura y no a una temperatura exacta
- Hay un cambio de forma en el retículo

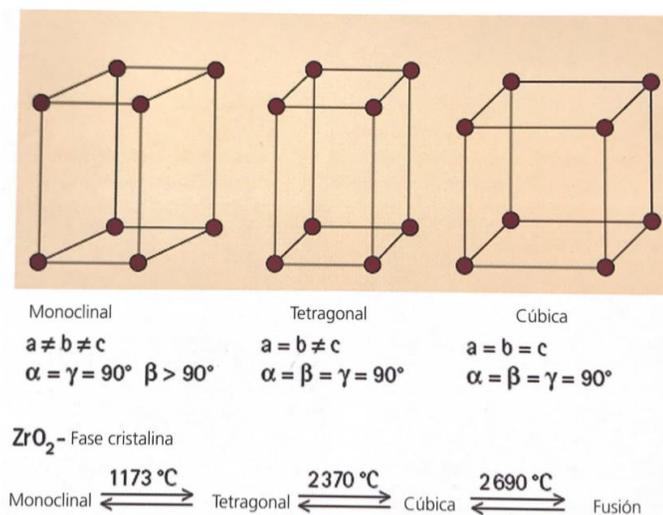


Figura 17 Fases cristalinas del zirconio.

## Estabilización de la fase tetragonal

El agregado de sustancias extrañas al material en pequeñas cantidades nos ayuda a modificar sus propiedades, a este término le llamamos dopaje, el cual se utiliza para evitar la transformación de fase a temperaturas más bajas mediante el agregado de óxidos, en lo cual nos permite estabilizar la fase tetragonal a temperatura ambiente y presenta características de resistencia que han sido optimizadas (figura 18).<sup>5,31,32</sup>

Se pueden preparar diferentes tipos de zircona estabilizada dependiendo de la cantidad de óxido y de la temperatura utilizada:

- Zirconio plenamente estabilizado (*FSZ, fully stabilized zirconia*)
- Zirconio parcialmente estabilizado I y II (*PSZ, partially stabilized zirconia*)
- Zirconio totalmente estabilizado o zirconio tetragonal policristalino (*TZP, tetragonal zirconia polycrystal*)

La FSZ y la PSZ se obtienen introduciendo óxidos estabilizantes como CaO, MgO.

La TZP (Y-TZP) es estabilizada agregando de 2 a 3 mol% de óxido de itrio (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), obteniendo una microestructura con propiedades mecánicas elevadas.

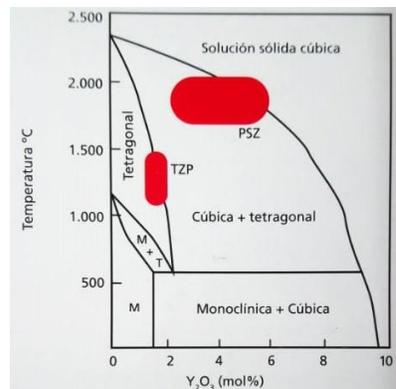


Figura 18 Diagrama de estado del zirconio estabilizado con itrio.

### 3.4 Propiedades

La zirconia es una cerámica con propiedades excepcionales. Tiene una elevada resistencia mecánica, una elevada dureza y una buena resistencia al desgaste. Además, se puede apreciar que es un buen aislante eléctrico y tiene baja conductividad térmica. También es un material que posee una buena resistencia a la corrosión, un bajo coeficiente de expansión térmica y un módulo elástico similar al del acero. Cabe destacar su elevada temperatura de fusión y el hecho que es conductor del oxígeno (tabla 3).<sup>31-33</sup>

Propiedad	Y-TZP	Ce-TZP	ZTA	Mg-PSZ
Densidad (g·cm <sup>3</sup> )	6.05	6.15	4.15	5.75
Dureza (GPa)	13	9	15	10
Resistencia a la flexión (MPa)	1000	350	500	800
Resistencia a la compresión (MPa)	2000	-	-	2000
Módulo de Young (GPa)	205	215	380	205
Relación de Poisson	0.3	-	-	0.23
Tenacidad a la fractura (MPa·m <sup>1/2</sup> )	9.5	15-20	4-5	8-15
Coef. expansión térmica (x10 <sup>-6</sup> °C)	10	8	8	10
Conductividad térmica (W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )	2	2	23	1.8

Tabla 3 Propiedades mecánicas y valores de la zirconia de acuerdo al tipo.

### 3.5 Aplicaciones de la zirconia

Existen múltiples aplicaciones comerciales de la zirconia, las cuales podemos destacar su uso como abrasivo, adhesivos, antitranspirantes, cementos, útil para la fabricación de crisoles de laboratorio, para el recubrimiento de hornos de la industria de cerámica y de vidrio, para la fabricación de tubos de vacío, intercambiadores de calor, material para joyería, aditivo para la producción de arenas sintéticas, colorantes y barnices.

Por otro lado, los implantes ortopédicos son una de las aplicaciones más conocidas de este material. Su uso en este campo comenzó para resolver el problema de la fricción entre metales que ocurre entre el acetábulo y la cabeza femoral en las prótesis de cadera.<sup>22</sup>

Una de las aplicaciones más recientes de la zirconia como biomaterial en la odontología es la fabricación de restauraciones de piezas dentales como coronas y puentes. Estos materiales deben cumplir dos funciones esenciales que son: estética y resistencia mecánica, sin embargo, la mayor parte de las cerámicas dentales no satisfacen ambos requisitos. En el caso de la zircona, supera las propiedades mecánicas con respecto a otros cerámicos. Otra aplicación que ha comenzado a explorarse en esta área es la fabricación de implantes dentales, donde tanto el cuerpo del aditamento (tornillo) que se implanta en el hueso. mandibular o maxilar (hueso alveolar), el sistema de soporte de la prótesis (pilar) y la corona se fabrican con Y-TZP.<sup>5</sup>

## CAPÍTULO 4 IMPLANTES DE ZIRCONIA

En los últimos años el estudio sobre la naturaleza de los biomateriales ha incrementado y las estrategias para su diseño se centran no solo en mejorar la dureza sino también en adaptar sus superficies para enfocarse sistemáticamente en una respuesta celular específica.

La zirconia estabilizada con itrio se introdujo en el mercado principalmente para la fabricación de coronas y pilares de implantes, actualmente es la cerámica de elección para los implantes dentales. Los implantes de cerámica hechos de zirconia parecen ser un biomaterial muy interesante para aplicaciones médicas. Los implantes de zirconia se han propuesto como una nueva alternativa potencial al Ti.<sup>19,21</sup>

### 4.1 Características de los implantes

Los primeros implantes de zirconio eran implantes de una sola pieza debido a las preocupaciones sobre las propiedades físicas de la estructura macroscópica, o riesgo a la fractura.

Es importante decir que los implantes de una pieza presentan el aditamento protésico y el implante unidos en un solo bloque, no presentan tornillo de unión, lo cual tiene la ventaja de requerir menos pasos protésicos, sin embargo, tales sistemas tienen varias limitaciones como:

- Se tiene que colocar una prótesis provisional el mismo día de la intervención quirúrgica, lo que genera exposición inmediata a las fuerzas masticatorias.
- No existen pilares angulados para corregir problemas de angulación en cuanto a la colocación del implante.

- Se deben evitar las correcciones secundarias de la forma mediante el rectificado, ya que esto afecta severamente la resistencia a la fractura de la zirconia.

En cuanto a la forma de colocación de la prótesis o corona la única opción para conectar con el implante de una pieza es la cementación, aunque según una revisión sistemática reciente, las complicaciones técnicas y biológicas son significativamente más frecuentes si las restauraciones se cementan que en las atornilladas, debido a que el cemento puede quedar en el espacio del espesor biológico generando daño tisular sustancial.

Aún y así, desde un punto de vista quirúrgico y protésico, es preferible la separación del cuerpo del implante y el pilar. <sup>21,23,34</sup> Figura 19

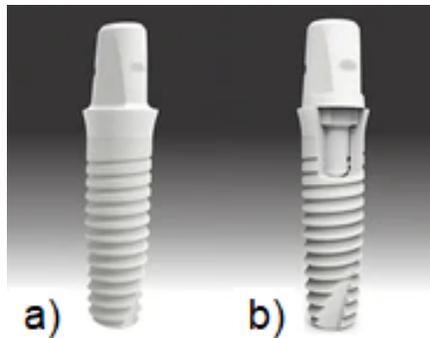


Figura 19 Implantes de zirconia. a) Implante de una sola pieza. b) Implante de dos piezas.<sup>35</sup>

En la actualidad, solo pocos sistemas cerámicos ofrecen implantes de dos piezas, lo cual permite que los pilares se puedan personalizar sin comprometer la resistencia del implante. <sup>21,23,34</sup>

*Straumann® Dental Implant System* es uno de los sistemas de implantes mejor documentados del mundo, su meta es aumentar el éxito y mejorar la experiencia en cuanto a los implantes dentales.

*Straumann®* actualmente es la principal casa comercial dedicada a la fabricación de implantes de zirconia y desarrolló tecnologías como el implante

*Straumann®PURE Ceramic* que inicialmente, estaba destinado a las alergias de titanio y los pacientes holísticos, pero últimamente está indicado para aquellas personas que tengan altas expectativas estéticas.

Comenzaron con un implante de una sola pieza, en el cual la única forma de restaurar ese implante es con corona cementada, teniendo la opción de utilizar la forma análoga o por diseño digital, están indicados solo para segmento anterior tanto inferior como superior para restauraciones unitarias o prótesis fija de hasta 3 unidades, posteriormente con el mismo proceso generaron el implante a dos piezas el cual aspira a obtener muy buenos resultados (figura 20).<sup>36-38</sup>

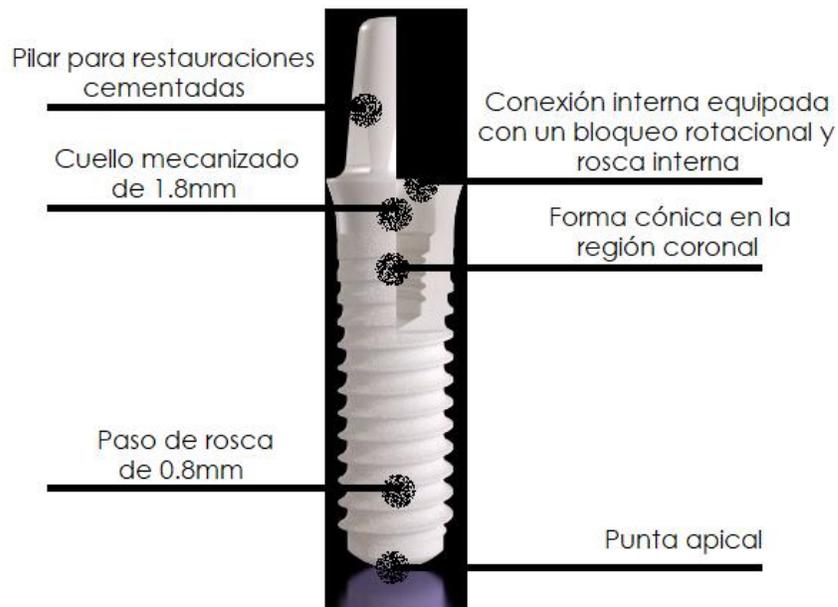
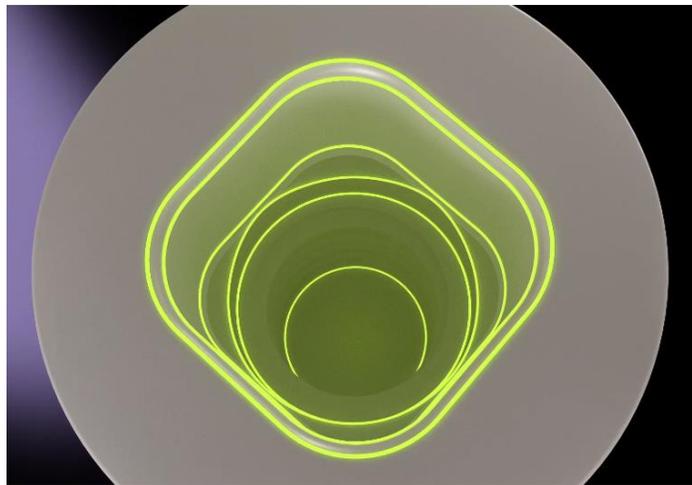


Figura 20 Características de los implantes Straumann de una y dos piezas.

El implante de dos piezas cuenta con un sistema novedoso para conectar el pilar con el implante. Hasta el momento, los implantes de dióxido de zirconio de dos piezas se han conectado con cementos resinosos duales o mediante la adhesión de un pilar de fibra de vidrio al implante. El *Pure Ceramic Implant System* por contrario contiene un sistema de conexión interna equipada con

un bloqueo rotacional y una rosca interior para la fijación de los componentes provisionales y los pilares definitivos. La conexión entre implante y pilar son fabricadas de metal, debido su flujo de trabajo solo puede ser a través de métodos digitales como CAD-CAM, aunque podemos utilizar dos opciones para la colocación de la prótesis tanto cementada como atornillada, según sea el caso. Estos implantes de dos piezas son indicados para segmento anterior llegando a premolares en restauraciones unitarias o en prótesis fijas de hasta 3 unidades.

La innovación y los avances tecnológicos nos llevan hacia una mejoría en la seguridad y resistencia de los implantes de zirconio permitiendo la aparición de nuevos diseños de conexiones y reconstrucciones (figura 21).<sup>36-38</sup>



*Figura 21 Conexión interna de los implantes de dos piezas Straumann.*

Este sistema de implantes presenta una superficie ZLA®, lo que quiere decir que la superficie está siendo sometida a un tratamiento de arenado con óxido de aluminio, la cual ofrece propiedades de osteointegración revolucionarias: mejorando el tiempo de cicatrización y genera menos fijación de placa, un factor importante para el éxito a largo plazo del implante (figura 22).<sup>36-38</sup>

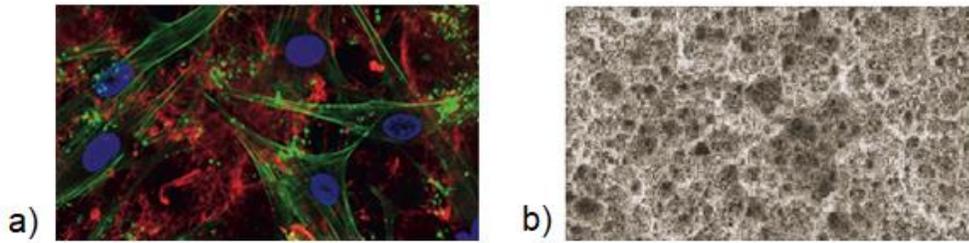


Figura 22 Superficie del implante. a) Microscopia de escaneo láser con focal en el cual se visualizan células óseas sembradas y una red de fibrina pronunciada sobre la superficie de ZLA. b) Superficie ZLA.

## 4.2 Ventajas

Es un material cerámico que presenta diversas ventajas, tales como que su color marfil es similar al color de los dientes naturales, esto genera una mejor apariencia estética, ya que permite la transmisión de la luz en la interfaz crítica entre el tejido gingival marginal y los componentes protésicos, al mismo tiempo, es altamente biocompatible, lo que promueve la salud de los tejidos blandos circundantes sin presencia de efectos tóxicos locales, posee una baja adhesión de bacterias orales, acumulando menos placa bacteriana y capaz de soportar las fuerzas presentes en la cavidad oral, además de ser radiopaco y claramente visible en las radiografías, no son conductores de energía ni de electricidad.<sup>39</sup> Figura 23



Figura 23 Ventajas de usar implantes de zirconia.<sup>40</sup>

### **4.3 Desventajas**

En cuanto a sus desventajas podemos mencionar que cuando la zirconia es sometida a fuerzas de compresión, su elasticidad es bastante baja. Sobre los implantes de una sola pieza se puede destacar que, si es necesario un ajuste, esto podría conducir a la formación de microgrietas, por lo que se puede generar fracturas en el implante.

### **4.4 Biocompatibilidad**

Biológicamente, la zirconia es un material excelente para la osteointegración y la salud de los tejidos blandos. Es altamente biocompatible, no tóxico, químicamente estable y altamente resistente a la corrosión. Los estudios in vitro han confirmado que la zirconia no provoca reacciones inflamatorias, alérgicas, inmunológicas o cancerígenas en diversos cultivos celulares.<sup>22</sup>

### **4.5 Osteointegración**

Las cerámicas a base de zirconia son biomateriales químicamente inertes con mínimas reacciones adversas locales o sistémicas; buena adhesión celular; excelente respuesta tisular y un alto grado de biocompatibilidad con el hueso circundante y los tejidos blandos.<sup>21</sup>

La osteointegración es la fijación biológica relacionada con un contacto directo entre el hueso con implante, la cual depende de factores relacionados con el diseño del implante, sitio quirúrgico, tipo de hueso y condiciones del paciente, esta unión es considerada un indicador clave para una buena osteointegración, generando el éxito general y la supervivencia de los implantes. Además, se entiende claramente que las propiedades superficiales de un biomaterial juegan un papel fundamental en este proceso.

La topografía superficial del implante afecta positivamente la reacción con el tejido periimplantar, por lo tanto, se han propuesto muchos métodos de

modificación de superficie para mejorar la osteointegración y mejorar las tasas de éxito.<sup>6</sup>

Ciertos estudios revelaron valores mejorados de torque de remoción y contacto hueso-implante para implantes con modificación de la superficie, especialmente si aumentaba la rugosidad. Independientemente del material, la interacción inicial entre las células y la superficie del implante es fundamental para lograr la osteointegración.<sup>21</sup>

Se sabe que la zirconia es un material osteoconductor, similar a los implantes de titanio, después de la colocación de un implante de circonio, se forma un coágulo de sangre entre la superficie del implante y las paredes del sitio de osteotomía, generando una íntima unión entre hueso-implante ayudando a tener una buena osteointegración.<sup>22</sup>

#### **4.5.1 Tratamiento de superficie del implante**

La superficie desempeña un papel importante en el período de cicatrización para la osteointegración y, en definitiva, en el éxito del tratamiento con implantes. Es la única parte del implante que tiene contacto directo al entorno bucal y sus características químicas, físicas, mecánicas y topográficas son esenciales para maximizar la probabilidad de éxito de la osteointegración.

Aunque hay distintos métodos de tratamiento, el resultado deseado es el mismo: proporcionar una conexión biológica y mecánica resistente con el hueso alveolar en un período corto de tiempo y, en última instancia, reducir la probabilidad de que se produzca un fracaso del implante.<sup>21,41</sup>

Al mejorar las superficies de zirconia, se han utilizado varios métodos fisicoquímicos utilizados como: tratamiento con láser, mecánico, grabado ácido, arenado y el desarrollo de recubrimientos como con sílice, magnesio, grafeno, dopamina y bioactivos. Se han considerado moléculas aunque el desarrollo de

un material funcionalmente calificado para Los implantes han demostrado la mejora en el comportamiento mecánico y la respuesta biológica (figura 24).<sup>41</sup>



Figura 24 Métodos de tratamiento de superficie de los implantes de zirconia.

**Láser:** este tratamiento crea rugosidades con profundidad, tamaño, dirección y orientación controlados. Además, posee un índice bajo de contaminación, ya que no existe contacto de las sustancias químicas con los implantes.

**Mecánico:** En esta técnica de tratamiento de las superficies no añade ni sustrae material, únicamente modifica la superficie por tratamiento físico.

**Grabado ácido:** Debe hacerse por inmersión en ácidos no muy concentrados, durante cierto tiempo y a una temperatura controlada. Este método aumenta la capacidad de osteointegración, la superficie de contacto y la estabilidad primaria del implante. La obtención de diferentes superficies rugosas dependerá del tiempo de exposición de ácido y su concentración.

**Arenado:** Potencializa la fijación ósea reduciendo el movimiento de la interfase asegurando una mayor superficie de contacto hueso-implante.

**Revestimiento:** Es un tratamiento utilizado para mejorar las propiedades mecánicas, así como, para para mejorar la biocompatibilidad, el potencial antibacteriano, y bioactividad, ya que tienen la capacidad de inducir la formación de hidroxiapatita en un entorno biológico, que es esencial para la posterior proliferación ósea.

Existen diferentes materiales de recubrimiento con propiedades biológicas favorables, tales como: <sup>41</sup>

- Sílice
- Magnesio
- Nitrógeno
- Carbono
- Fosfato de calcio
- Hidroxiapatita
- Dopamina
- Grafeno

#### **4.6 Indicaciones**

Pacientes alérgicos al titanio

Pacientes holísticos

Pacientes con altas expectativas estéticas

Pacientes con fenotipo gingival delgado

## CONCLUSIONES

Los implantes dentales han evolucionado mucho en los últimos años, gracias a la introducción de nuevos materiales, más resistentes y que ofrecen cada vez mejores resultados mecánicos y estéticos, de igual manera un factor importante es cubrir las necesidades de los pacientes ya que inicialmente, los implantes de zirconia estaban destinados a las alergias de titanio y a pacientes holísticos, pero últimamente también están dirigidos a los pacientes con altas expectativas estéticas.

En este campo, la zirconia se ha convertido en la alternativa más eficaz para el reemplazo de cualquier pieza dental perdida gracias a sus excelentes propiedades, junto con la mejora de la biología, el aspecto patológico también parece ser diferente, ya que se ha probado que tiene menos adhesión bacteriana que en los implantes de titanio, lo que puede favorecer la estabilidad a largo plazo, en un estado libre de enfermedad.

Las consideraciones para la rehabilitación con implantes siguen siendo las mismas tanto para metálicos como para cerámicos, en las cuales tenemos que tener en cuenta principalmente la cantidad, calidad y tipo de hueso remanente, el fenotipo gingival, la salud en general de los tejidos periimplantares además de realizar la fase quirúrgica lo menos traumática para lograr una buena osteointegración.

El uso de los implantes de zirconia podemos orientarlo a zonas anteriores con restauraciones unitarias o brechas desdentadas cortas, es decir prótesis fija de hasta 3 unidades, zonas estéticas con fenotipo periodontal delgado, quedando como desventaja el uso de estos en restauraciones totales o en zonas posteriores.

*Straumann® Dental Implant System* es la principal casa comercial en México que ofrece los implantes dentales de zirconia de una y dos piezas.

Es importante elegir bien los casos cuando se emplean implantes de zirconia de una pieza, debido a que sólo pueden utilizarse restauraciones cementadas, el implante debe ser colocado con una inclinación y en una posición perfecta, ya que es imposible alterar o modificar la superficie del implante para corregir los problemas de angulación. Para ello, resulta de gran utilidad emplear una guía quirúrgica. También es importante poseer una oclusión correcta y estable para evitar producir demasiado estrés sobre los implantes.

Cabe mencionar que el uso de los implantes de zirconia de dos piezas nos da diversas ventajas en cuanto a la inclinación del implante, con los componentes que pueden ser personalizados podemos resolver problemas de angulación que surgieron durante el acto quirúrgico y se evita comprometer la resistencia del implante.

Todo lo mencionado ha hecho que en la actualidad los implantes de zirconia se consideren como una alternativa a los implantes de titanio, aunque aún quede por determinar su funcionalidad a largo plazo y el costo sea más elevado que los implantes de titanio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Penarrocha M. *Implantología Oral*. Ars Medica; 2001.
2. Microdent. *Implantología 2.0 Un Libro Abierto*. 1º edición. Madrid, España: Ripano S. A; 2013.
3. McKinney R V. *Endosteal Dental Implants*. Ilustrada. (Mosby Year Book, ed.); 1991.
4. Echeverri M, González JM, Bernal G. *Oseointegración*. 1º edición. Colombia: Santafé de Bogotá D.C.; 1995.
5. Piconi C, Rimondini L, Cerroni L. *El Zirconio En Odontología*. Castellano. Amolca; 2011.
6. Hafezeqoran A, Koodaryan R. Effect of Zirconia Dental Implant Surfaces on Bone Integration: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biomed Res Int*. 2017;2017. doi:10.1155/2017/9246721
7. Vargas Casillas AP, Yañéz Ocampo BR, Monteagudo Arrieta CA. *Periodontología e Implantología*. México, D.F.: Medica Panamericana; 2016.
8. Vanegas A. JC, Landinez P. NS, Garzón-Alvarado DA. Generalidades de la interfase hueso-implante dental. *Rev Cuba Investig Biomed*. 2009;28(3):130-146.
9. Hupp JR, Ellis III E, Tucker MR. *Cirugía Oral y Maxilofacial Contemporánea*. Barcelona, España: Elseiver; 2014.
10. Raico Gallardo YN, Hidalgo López I, Díaz Saravia A. Diferentes sistemas de pilares protésicos sobre implantes. *Rev Estomatológica Hered*. 2014;21(3):159. doi:10.20453/reh.v21i3.231
11. Fuertes Dopico EM. Protésis sobre implantes.

<https://www.sintesis.com/data/indices/9788490774816.pdf>.

12. Rodrigues DM. *Manual de Prótesis Sobre Implantes*. Brasil: Artes Médicas; 2007.
13. Vicente Rocha P. *Pasos Para La Prótesis Sobre Implantes*. Castellano. Amolca; 2017.
14. Chaturvedi T. *Implantología Fácil*. Panama: Jaypee highlights medical publishers; 2011.
15. Pifer. Clínica Implantes Dentales.  
<https://www.implantesdentalespifer.es/wp-content/uploads/2015/12/corona-cementada-atornillada.jpg>.
16. Newman. *Carranza Periodontología Clínica*. Decima. McGraw-Hill; 2010.
17. Los implantes dentales. <http://www.1888implant.com/spanish/dental-implants.html>.
18. Block MS, Kent JN. *Endosseous Implants for Maxillofacial Reconstruction*. USA: W.B. Saunders Company; 1995.
19. Chappuis V, Jense S., Bosshardt DD, Bruser D. *ITI Treatment Guide Volume 10 Implant Therapy in the Esthetic Zone*. Berlín, Alemania: Quintessenz Verlags GmbH; 2017.
20. Cutando A, Gómez-Moreno G, Arana C. Superficies bioactivas en implantología: una nueva perspectiva. *Av en Periodoncia e Implantol Oral*. 2007;19:43-50. doi:10.4321/s1699-65852007000100005
21. Cionca N, Hashim D, Mombelli A. Zirconia dental implants: where are we now, and where are we heading? *Periodontol 2000*. 2017;73(1):241-258. doi:10.1111/prd.12180
22. Moy PK, Pozzi A, Beumer III J. *Fundamentals of Implant Dentistry*

*Surgical Principles*. Vol. 2. (Huffman L, ed.). China: Quintessen publishing USA; 2016.

23. Uzcátegui G, Dávila E, Brito F, Cerrolaza M. Evaluación Biomédica de Implantes Dentales Sometidos a Cargas Oblicuas: Combinación de Varias Características Geométricas. *Inf Med*. 2015;17(2):55-68.
24. Martínez-González JM, Cano Sánchez J, Campo Trapero J, Martínez-González MJS, García-Sabán F. Diseño de los implantes dentales: Estado actual. *Av en Periodoncia e Implantol Oral*. 2002;14(3). doi:10.4321/s1699-65852002000300004
25. López Pinedo M. Tejidos mucosos peri-implantarios. *Rev Estomatológica Hered*. 2014;14(2-1):89-94. doi:10.20453/reh.v14i2-1.2020
26. Lindhe J, Lang N. *Periodontología Clínica e Implantología Odontológica: Conceptos Básicos*. Buenos Aires: Medica Panamericana; 2017.
27. Zerón A. Fenotipo periodontal y recesiones gingivales. Nueva clasificación. *Rev ADM*. 2018;75(6):304-305.
28. Lister Blondet CR, Alarcón Palacios MA. Fenotipos periodontales. *Rev Estomatológica Hered*. 2014;20(4):227. doi:10.20453/reh.v20i4.1744
29. Blaak EM, Toplak HG. *The European Journal of obesity*. 2015:272.
30. Implantes de zirconio. <https://www.clinicasioc.com/implantes-de-zirconio/>.
31. Montagna F, Barbesi M. *Cerámicas, Zirconio y CAD-CAM*. Castellano. Amolca; 2013.
32. Sivaraman K, Chopra A, Narayan AI, Balakrishnan D. Is zirconia a viable alternative to titanium for oral implant? A critical review. *J*

*Prosthodont Res.* 2018;62(2):121-133. doi:10.1016/j.jpor.2017.07.003

33. Anglada M. Màster en Ciència e Enginyeria de Materials NUEVAS CERÁMICAS PARA IMPLANTES DENTALES Memòria i Annexos. 2017.
34. Pessanha-Andrade M, Sordi MB, Henriques B, Silva FS, Teughels W, Souza JCM. Custom-made root-analogue zirconia implants: A scoping review on mechanical and biological benefits. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2018;106(8):2888-2900. doi:10.1002/jbm.b.34147
35. Implantes dentales de zirconia en Argentina: de qué se trata la innovadora tecnología que impacta en la salud y el medio ambiente. <https://www.infobae.com/salud/2019/09/23/una-innovadora-y-mas-saludable-tecnologia-para-los-implantes-dentales/>. Published 2019.
36. Chen A, Lisboa IDI-. “ Procedimiento y posibilidades con el Straumann ® PURE Ceramic Implant System .”
37. El CON, Straumann I, Plus S. Sistema de implantes Straumann ® PURE Ceramic. (figura 2).
38. Pure D. Disfrute de su sonrisa .
39. Arbildo-vega HI, Lamas-lara CA. Cirugía Oral y Maxilofacial de óxido de circonio . Una revisión sistemática y metaanálisis. 2016;9(3):132-142.
40. Z-systems ceramic implants. Suiza. <https://zsystems.com/en/doctors/why-ceramics.html>. Published 2019.
41. Schünemann FH, Galárraga-Vinueza ME, Magini R, et al. Zirconia surface modifications for implant dentistry. *Mater Sci Eng C.* 2019;98:1294-1305. doi:10.1016/j.msec.2019.01.062