

186
2oj.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**"EVALUACION IN VITRO DEL
COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS
ALEACIONES DENTALES NACIONALES
EN DIFERENTES MEDIOS"**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
CIRUJANO DENTISTA
P R E S E N T A
LAURA MENDOZA BECERRIL

V. O. B. A.
10/14/92

México, D. F.

V. O. B. A.
10/14/92
1992.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

INDICE

INTRODUCCION	1
--------------------	---

I METALES

1.1. Definición.....	3
1.2. Características generales de los metales.....	3
1.3. Propiedades químicas de los metales.....	3
1.4. Estructura cristalina.....	4
1.5. Propiedades físicas de los metales.....	6
1.6. Propiedades magnéticas de los metales.....	7
1.7. Metal labrado-forjado.....	7
1.7.1 Endurecimiento y deformación.....	7
1.8. Ablandamiento por tratamiento térmico.....	9
1.8.1. Efecto en la estructura cristalina.....	9
1.8.2. Recuperación.....	9
1.8.3. Recristalización.....	9
1.8.4. Crecimiento granular.....	11
1.9. Estructura colada en comparación con estructura forjada.....	11
1.10. Fractura.....	12
1.11. Metales en Odontología.....	12
1.11.1. Aluminio.....	13
1.11.2. Cobre.....	13
1.11.3. Estaño.....	14
1.11.4. Indio.....	15
1.11.5. Paladio.....	16
1.11.6. Plata.....	16
1.11.7. Cinc.....	18

II ALEACIONES

2.1. Definición.....	20
2.2. Sistema.....	20
2.3. Fase.....	20
2.4. Clasificación de las aleaciones.....	20
2.4.1. Soluciones sólidas.....	21
2.4.1.1. Tipo Substitucional.....	22
2.4.1.2. Tipo Intersticial.....	22
2.4.1.3. Condiciones para la solubilidad sólida.....	22

2.4.1.4.	Propiedades físicas de las soluciones sólidas.....	24
2.4.1.5.	Curvas de enfriamiento.....	24
2.4.1.6.	Gráficas de fase.....	26
2.4.1.7.	Gráfica de fase de la solución sólida.....	26
2.4.2.	Aleaciones eutécticas.....	30
2.4.2.1.	Gráfica de fase eutéctica.....	30
2.4.2.2.	Propiedades físicas de las aleaciones eutécticas.....	32
2.4.3.	Sistemas Peritéticos.....	32
2.4.4.	Otros Sistemas.....	33
2.5.	Aleaciones dentales de metal noble.....	34
2.6.	Revisión ANSI/ADA a la Especificación No. 5 para aleaciones dentales.....	35
2.7.	Clasificación de las aleaciones según Especificación No. 5 ANSI/ADA.....	38
2.8.	Características de trabajo.....	38
2.9.	Aleaciones Plata-Paladio.....	39
2.9.1.	Propiedades físicas.....	39
2.9.2.	Manipulación.....	39
2.9.3.	Variables en el comportamiento.....	40
2.9.4.	Ventajas y desventajas.....	40
2.9.5.	Usos.....	41
2.10.	Aleaciones Paladio-Plata.....	41
2.10.1.	Composición.....	41
2.10.2.	Propiedades físicas.....	41
2.10.3.	Manipulación.....	41
2.10.4.	Ventajas y desventajas.....	42
2.10.5.	Usos.....	42
2.11.	Aleaciones Plata-Estaño.....	42
2.11.1.	Composición.....	42
2.11.2.	Propiedades físicas.....	42
2.11.3.	Manipulación.....	43
2.11.4.	Ventajas.....	43
2.11.5.	Desventajas.....	43
2.11.6.	Indicaciones.....	43
2.11.7.	Contraindicaciones.....	43
2.12.	Aleaciones Cobre-Aluminio.....	44
2.12.1.	Composición.....	44
2.12.2.	Propiedades físicas.....	44
2.12.3.	Manipulación.....	44

III P I G M E N T A C I O N

3.1.	Definición.....	45
3.2.	Causas.....	45

IV CORROSION

4.1. Definición.....	47
4.2. Causas.....	47
4.3. Clasificación de la corrosión.....	47
4.3.1. Corrosión electrolítica.....	47
4.3.1.1. Corrosión electrolítica en relación con la cavidad bucal.....	51
4.3.1.2. Metales diferentes o dispares.....	52
4.3.1.3. Composición heterogénea.....	53
4.3.1.4. Superficie no homogénea.....	54
4.3.2. Corrosión por tensión.....	54
4.3.3. Corrosión por concentración de pilas.....	54
4.4. Prevención de la corrosión.....	55
4.4.1. Elección de la aleación.....	55
4.4.2. Utilización de la aleación.....	56
4.4.3. Protección contra la corrosión.....	56

V GALVANISMO

5.1. Definición y causas.....	58
5.2. Dolor galvánico.....	58
5.3. Importancia clínica de las corrientes galvánicas..	59

VI MATERIAL Y METODO

6.1. Material.....	61
6.2. Equipo.....	62
6.3. Método.....	63
6.4. Evaluación de fluorescencia por refracción de Rayos "X".....	63
6.5. Prueba según especificación No. 5 ADA/ANSI.....	64
6.6. Montaje de las muestras en acrílico.....	64
6.7. Sumersión alterna en aparato modificado Dr. Quintero.....	64

VII RESULTADOS

7.1. Resultados de la evaluación de fluorescencia por refracción de Rayos "X".....	68
7.2. Resultados de la evaluación de acuerdo a la especificación No.5 ADA.....	71
7.2.1. Resultados evaluación especificación No.5 ADA en relación a su pesaje Inicial y Final..	71
7.2.2. Resultados evaluación especificación No.5 ADA en relación a su valoración visual.....	72
7.3. Resultados de la evaluación de aleaciones con Equipo modificado Dr. Quintero.....	74
7.3.1. Comportamiento de las aleaciones en solución de Acido Láctico con Cloruro de Sodio.....	74
7.3.2. Comportamiento de las aleaciones en Solución Salina.....	74
7.3.3. Comportamiento de las aleaciones en Ac. Láctico.....	75
7.3.4. Comportamiento de las aleaciones en Agua Bidestilada.....	76
7.3.5. Comportamiento de las aleaciones en Sulfuro de Sodio.....	76
7.3.6. Comportamiento de las aleaciones en Acido Acético.....	77
7.3.7. Registro general de los valores obtenidos de las muestras en los diferentes medios.....	77
 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.....	 79
 BIBLIOGRAFIA.....	 82

INTRODUCCION

A causa del continuo incremento en la cotización del oro, se ha estimulado el interés por la fabricación de nuevos sistemas de aleaciones más económicos, en donde se sustituye parte del oro por metales como Paladio y Plata.⁽⁸⁾ Muchas aleaciones han resultado existosas en su desempeño clinico y cumplen con los requisitos de propiedades mecánicas que marca la ADA, pero al no contener metal noble en cantidades suficientes, no pueden ser certificadas. Algunas otras si tienen la suficiente cantidad de metal noble, pero no cumplen con los requisitos de la ADA., o los fabricantes no han solicitado la certificación correspondiente. Con ellas, existe el riesgo de que la resistencia mecánica o a la corrosión y pigmentación, este disminuida con respecto a las aleaciones de oro.⁽¹⁹⁾

Asimismo existen ciertas variantes que influyen en el funcionamiento adecuado de la restauración dental, como lo son:

- Edad del paciente
- Nutrición
- Higiene oral
- pH salival ^{(40) (82)}
- Calidad de la restauración
- Tamaño de la restauración y localización ⁽⁹²⁾

De este análisis se deduce que el ambiente bucal y las estructuras dentarias presentan condiciones complejas que favorecen la corrosión y el cambio de color. Sin duda, las variables que también pueden contribuir como lo son actividad bacteriana, drogas, tabaquismo y las anteriormente citadas, explican gran parte la diferencia de corrosión observada en pacientes en quienes se ha utilizado la misma aleación dental preparada y colocada de la misma manera.

Uno de los requisitos fundamentales de todo metal o aleación que se ha de utilizar en boca, es que no debe dar lugar a productos de corrosión que dañen la estructura metálica. Si la corrosión no es muy intensa, es común que no se detecten estos productos, porque no son nocivos. Sin embargo, cuando están presentes en forma más apreciable, no sólo generan la pérdida de cualidades estéticas, sino incluso alteran las propiedades físicas de una aleación a tal grado que puedan debilitar el aparato o inutilizarlo.

Utilizando diversos métodos de prueba, se ha comprobado que el contenido de metales nobles, en particular el oro, influye en la resistencia a la corrosión. Las aleaciones cuyo contenido de un metal noble es inferior de 65% suelen experimentar pigmentación y deslustre. Sin embargo es posible aumentar dicha resistencia con sólo incorporar platino a la aleación.

Además de la composición adecuada de la aleación propiamente dicha, es menester tomar en consideración el estado de la superficie de la restauración.

Las muescas, fosas y porosidades hay que evitarlas, ya que constituyen fuentes de tensiones y pueden causar corrosión por tensión. Por ello se debe procurar pulir adecuadamente la superficie de toda restauración metálica.⁽¹⁸⁾

Dado que la mayor parte de los estudios en corrosión y pigmentación de las aleaciones están enfocados a materiales de manufactura extranjera, nuestro interés se basó en encontrar medios para mejorar las propiedades de las aleaciones nacionales.

El objetivo de esta investigación es evaluar el comportamiento de las diferentes aleaciones dentales existentes en el mercado nacional ante los irregulares hábitos higiénicos de nuestra población.

Valorar la susceptibilidad de alteraciones físicas y químicas en estas aleaciones al no realizar un adecuado terminado sobre la superficie metálica de la restauración. Así mismo se desea destacar las desventajas que se presentan al realizar desgastes sobre las superficies de las restauraciones metálicas ya cementadas en la cavidad bucal, obteniendo superficies no adecuadamente pulidas que desencadenan a partir de ello, la corrosión o pigmentación a la cual pueda ser susceptible una restauración dental. ⁽¹⁹⁾ ⁽²²⁾

Al obtener la reacción de las aleaciones dentales ante las pruebas sometidas; el Cirujano Dentista tendrá una perspectiva definida sobre la adecuada elección de su material restaurador, de acuerdo a las variantes y necesidades presentadas para la resolución de cada caso odontológico.

Esto a su vez provocará que los fabricantes mejoren las propiedades de aquellas aleaciones que no se comporten adecuadamente ante estos requerimientos, proporcionando en un futuro próximo mejores aleaciones dentales.

Asimismo tiene como objetivo resaltar la importancia de elegir un material que proporcione la funcionalidad deseada en lugar de elegir un material que en un futuro sufra alteraciones y cause condiciones bucales indeseables.

I METALES

11. DEFINICION

Se define como elemento simple, sólido a las temperaturas ordinarias (con algunas excepciones como el mercurio (10) y posiblemente el galio con p.f. 30°C, que son líquidos). El hidrógeno, metal muy activo, es por supuesto, un gas a la temperatura ambiente. (10)

12. CARACTERISTICAS DE LOS METALES

- 1.- Sólidos en su gran mayoría, con excepción del mercurio, galio e hidrógeno.
- 2.- Características de ductilidad y maleabilidad.
- 3.- Tañido. Sonido característico de un metal al ser golpeado sobre una superficie sólida. (25) Este sonido también es posible obtenerlo en ciertos compuestos silícicos. (30)
- 4.- Gran resistencia y buenas propiedades mecánicas.
- 5.- Superficie especular: Es una superficie altamente reflejante. Esto es a causa de la facilidad que tienen de ceder electrones. (25)
- 6.- Los metales conducen bien la temperatura y la electricidad (buenos conductores térmicos y eléctricos).
- 7.- El peso específico es generalmente alto: pesados.
- 8.- Poseen un punto específico de fusión.
- 9.- Son cuerpos de constitución cristalina: policristalinos.
- 10.- Con excepción del oro y cobre, los metales son de color blanco.

13. PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS METALES.

- 1.- Electropositivos.
- 2.- Forman óxidos básicos.
- 3.- Al ser atacados por ácidos desprenden hidrógeno.
- 4.- Forman hidruros al reaccionar con hidrógeno.

- 5.- Se volatilizan a altas temperaturas, en forma de moléculas monoatómicas.
- 6.- Poseen un sistema de enlace característico: enlace metálico, de tipo Primario.
- 7.- Ceden fácilmente los electrones de última capa.
- 8.- Estos electrones de valencia tienen gran movilidad y se les denomina nube electrónica. (25)

14. ESTRUCTURA CRISTALINA

Los metales están constituidos por átomos, ordenados en forma regular en la estructura cristalina. (47). Cuando un metal o una aleación fundidos se enfrían, el proceso de solidificación se realiza a través de una cristalización y se inicia en zonas específicas denominadas núcleos. Los núcleos suelen estar formados por impurezas en la masa fundida del metal (fig. 1-a). Los cristales crecen como dendritas, que pueden describirse como estructuras reticulares ramificadas tridimensionales que surgen de un núcleo central (fig. 1-b). El crecimiento del cristal continúa hasta que todo el material se ha solidificado y todos los cristales dendríticos están en contacto (fig. 1-c). Cada cristal se conoce como un grano y el área entre dos granos en contacto se conoce como límites del grano.

Después de la cristalización, los granos tienen aproximadamente las mismas dimensiones en cada dirección, medidas desde el núcleo central. No son perfectamente esféricos ni cúbicos, ni se conforman a ninguna otra formación geométrica. Se dice que tienen una estructura equiaxial en grano equiaxial. Un cambio desde una estructura equiaxial a otra en que los granos tienen una estructura más larga y fibrosa puede producir cambios importantes en las propiedades mecánicas.

Los átomos de cada grano se disponen en forma de red tridimensional. Existen varias posibles disposiciones, como la cúbica, cúbica a cara centrada y cúbica a cuerpo centrado, como se muestra en la fig. 2.

Aunque existe cierta tendencia a una estructura cristalina perfecta, en ocasiones aparecen defectos, como se muestra bidimensionalmente en la fig. 3. Tales defectos suelen denominarse dislocaciones y su presencia tiene efectos sobre la ductilidad del metal o aleación. Cuando el material se coloca bajo una tensión suficientemente alta la dislocación puede moverse a través del retículo hasta alcanzar los límites de un grano. El plano a lo largo del cual se mueve la dislocación se llama plano de deslizamiento y la tensión necesaria para iniciar el movimiento es el límite elástico. Los límites del

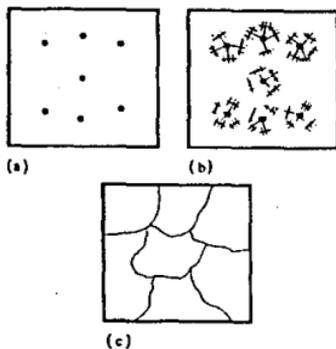


Fig. 1.- Diagrama que ilustra la cristalización de un metal: a) A partir de los núcleos. b) Mediante crecimiento dendritico. c) Formando granos.

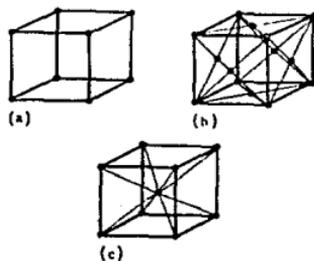


Fig. 2.- Algunas posibles disposiciones de los átomos en los metales y aleaciones.
 a) Estructura cúbica.
 b) Cúbica de centros en el cuerpo.
 c) Cúbica de centro en el cuerpo.

grano forman una barrera natural al movimiento de las dislocaciones. La concentración de límites de granos aumenta conforme se reduce el tamaño del grano. Los metales con un estructura de grano más fino suelen ser más duros y tienen una estructura granular más gruesa. Por tanto, puede observarse que las propiedades del material son controlables hasta cierto punto si se controla el tamaño del grano.

Es posible obtener una estructura granular fina mediante el enfriamiento rápido de un metal o aleación fundida después del colado. Este proceso, a menudo denominado templado, asegura que se formen muchos núcleos de cristalización, dando lugar a un elevado número de granos relativamente pequeños. Un enfriamiento lento produce la formación de pocos núcleos que dan lugar a granos de tamaño mayor. Se dice que algunos metales y aleaciones tienen una estructura granular refinada. Esta suele ser una estructura granular fina que se consigue sembrando el material con un metal aditivo que forma núcleos de cristalización. (8)

15. PROPIEDADES FISICAS DE LOS METALES.

DENSIDAD. La densidad está relacionada con el peso molecular del elemento y con el tipo de estructura reticular, que determina la compactación de los átomos. (12)

COLOR. La mayoría de los metales tienen un color que varía desde el gris azul del plomo, hasta el llamado color plata. Hay excepciones como el oro que es amarillo, y el cobre que es rojizo en apariencia, (20) y los dos son importantes en la Odontología. (19)

PUNTOS DE FUSIÓN. Los metales puros, por ser elementos químicos, se funden a temperaturas constantes. El mercurio es un metal líquido a temperaturas ordinarias, aunque se congela a -38.9°C .

EXPANSION TERMICA. A medida que se eleva la temperatura de un metal, éste se expande.

Esta propiedad ha permitido dar a los metales muchas aplicaciones prácticas.

CONDUCCION TERMICA. Todos los metales son buenos conductores del calor y la electricidad.

En los metales puros será mayor esta propiedad que en las aleaciones.

Todos los metales usados en la industria para estos fines, deben ser puros.

El mejor conductor es la Plata, le sigue el Cobre, que por ser más barato, es el más utilizado.

1.6. PROPIEDADES MAGNETICAS.

La mayoría de los metales son magnéticos. Algunos de ellos conocidos como los elementos ferromagnéticos, tienen dicha propiedad muy acrecentada.

Estos metales son: el hierro, el níquel y el cobalto.

1.7. METAL LABRADO - FORJADO.

1.7.1 ENDURECIMIENTO Y DEFORMACION. Cuando el profesional reviste un patrón de cera, y luego mediante la fundición y la centrifugación logra el colado, tendrá una restauración de características especiales: estructura colada.

Los procedimientos de pulido, con piedras y discos y en especial el bruñido de ese colado, ocasiona cambios estructurales por deformación: metal labrado o forjado.

Partimos entonces de una estructura metálica colada, la cual se encuentra exenta de deformaciones. A medida que el laboratorista efectúa los procedimientos de desgaste y pulimento con diferentes piedras y discos abrasivos, se sucede una distorsión en dicha estructura y un aumento en la dureza superficial.

El tratamiento o trabajo en frío en una estructura colada, ocasiona movilización atómica sobre planos y dislocación, particularmente por presencia de imperfecciones en la estructura cristalina.(23)

Este trabajo en frío no sólo produce un cambio en la microestructura, concentrándose en las dislocaciones de los límites del grano, sino también un cambio en la forma del grano. Estos granos dejan de ser equiaxiales y adoptan una forma más fibrosa.

Se alteran las propiedades del material volviéndose más duro y fuerte con un mayor valor del límite elástico. La ductilidad o maleabilidad se reduce.

El trabajo en frío a menudo se denomina endurecimiento por trabajo debido al efecto sobre las propiedades mecánicas.(24)

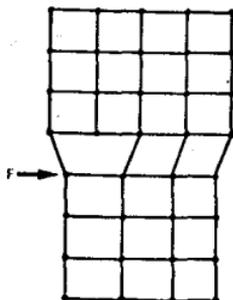
Las fuerzas de torsión esencialmente causarán deformaciones progresivas en dicha estructura-cristalina colada, ocasionando una estructura deformada por trabajo en frío, con características de mayor dureza y resistencia: metal labrado.

En el metal forjado, la elevación de la temperatura en el proceso de trabajo, elimina ese crecimiento por deformación.

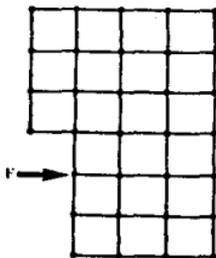
Una estructura metálica trabajada en frío presentaría las características de:

- Deformación cristalina
- Aumento en la dureza superficial
- Aumento en su resistencia
- Límite proporcional más elevado
- La ductibilidad decrece
- La resistencia a la corrosión disminuye

Fig. 3-a) Diagrama simplificado que muestra las imperfecciones de de una estructura cristalina.



3-b) Bajo la influencia de una fuerza suficiente, los átomos pueden movilizarse y establecer una disposición más perfecta.



1.8 ABLANDAMIENTO POR TRATAMIENTO TERMICO

1.8.1. EFECTO EN LA ESTRUCTURA CRISTALINA. Si durante el trabajo mecánico, la estructura metálica se calienta, los fenómenos que normalmente produce dicho trabajo, son eliminados (deformación, aumento de dureza, etc.).(25)

Este proceso comprende tres periodos:

- a) Recuperación
- b) Recristalización
- c) Crecimiento granular (38)

1.8.2. RECUPERACION. Se considera que la recuperación es el periodo en el cual comienzan a desaparecer las propiedades del trabajo en frío, antes de que se observen al microscopio cambios significativos.

Como se ve en la figura 4, durante este periodo la reducción de la resistencia a la tracción es muy leve y no hay modificación de la ductilidad. Sin embargo, en la recuperación de la conductividad eléctrica hay un cambio bastante notable. Asimismo, el material trabajado en frío tiene grandes tensiones. Si se lo trabaja en máquinas suele deformarse. Esta tendencia desaparece en el periodo de recuperación. Si la deformación es leve, alargamiento menor de 3%, el ablandamiento que produce el calentamiento es totalmente recuperable.

1.8.3. RECRISTALIZACION. Cuando se ablanda el metal trabajado en frío con intensidad después de cierta recuperación tiene lugar la recristalización. Esto comprende un cambio radical en la microestructura. Parece que la sola recuperación no puede suprimir los efectos excesivos del trabajo en frío. Los granos viejos desaparecen por completo y son reemplazados por granos libres de deformación. Estos granos de recristalización emergen de las zonas del metal donde más a afectado el trabajo en frío, por lo común en los límites de los granos o donde la red fue más doblada o deformada.

Al concluir la recristalización, el material adquiere su blandura y estado dúctil originales.



Fig. 4 .- Resistencia a la tracción y ductilidad de un metal en función del porcentaje de trabajo en frío y tiempo de ablandamiento. La resistencia a la tracción aumenta y la ductilidad disminuye durante el trabajo en frío. Estas propiedades se modifican durante la recuperación. Durante la recristalización, la resistencia a la tracción disminuye y la ductilidad aumenta rápidamente. Durante el crecimiento granular, sólo se producen cambios leves.

1.8.4. CRECIMIENTO GRANULAR. La estructura recristalizada tiene determinado tamaño granular que depende de la cantidad de núcleos. Cuanto más intenso haya sido el trabajo en frío, mayor será la cantidad de estos núcleos. Así, el tamaño de los granos de un material completamente cristalizado va de fino hasta bastante grueso.

Si ahora se sigue ablandando la forma granular fina, los granos empiezan a crecer. Se comprueba que este proceso de crecimiento del grano es simplemente un proceso de reducción de energía del límite. En efecto, los granos grandes " se comen a los pequeños ". Esto no avanza indefinidamente hasta que queda un monocristal. Más bien, parece que se llega a una estructura granular final gruesa, y entonces, el crecimiento granular se detiene.

Siempre el ablandamiento excesivo conduce a granos de mayor tamaño. Es preciso destacar que este fenómeno ocurre únicamente en materiales forjados. Cuando hay estructura granular grande en un colado se debe a las excesivas temperaturas de moldeado y colado.

Por lo general, la estructura granular grande va en detrimento de las propiedades de resistencia del metal. Durante el trabajo en frío, el aumento de la resistencia, dureza y límite proporcional es mayor cuando los granos son finos que cuando son grandes. No obstante, en estas condiciones cabe esperar que con granos más pequeños haya conductibilidad más baja. (10)

Un cuerpo policristalino de cristal pequeño posee las mejores propiedades físicas. (25)

1.9. ESTRUCTURA COLADA EN COMPARACION CON ESTRUCTURA FORJADA.

Por lo general, todos los metales y aleaciones se obtienen por colado. La composición de la aleación se determina durante el procedimiento de colado. Después, el colado es trabajado con máquinas, formado, estirado o tratado de diversas maneras para producir los artículos o aparatos necesarios. Así, pasa de metal colado a metal forjado.

La influencia del tamaño de los granos en las propiedades físicas del metal es igualmente importante en los dos casos. Sin embargo, el tamaño del grano del metal colado normalmente se establece en el momento de la solidificación. La estructura colada se halla tan cerca del estado de equilibrio que los tratamientos térmicos son casi ineficaces para modificar el tamaño de los granos. Si el Odontólogo bruñe el borde de una incrustación de oro colado, puede estar sometiendo a la estructura a un trabajo en frío suficiente para transformarla en metal forjado.

1.10. FRACTURA

Si el trabajo en frío se prosigue, la estructura finalmente se fractura. (10) Esto se presenta dado que los metales tienen valores finitos de ductilidad o maleabilidad, exista un límite para efectuar trabajo en frío y los intentos de seguir efectuándolo puede ocasionar la fractura. (11)

La tensión requerida para la fractura es mucho menor de lo que se espera en teoría de un metal policristalizado o de un monocristal imperfecto.

La razón que por lo general se da para explicar esta diferencia es que en el metal policristalino hay grietas submicroscópicas que concentran tensiones, las cuales a su vez, originan el alargamiento o propagación de las grietas hasta que se produce la fractura. Estas microgrietas pueden ser consecuencia de fallas de solidificación o concentración de dislocaciones.

1.11. METALES EN ODONTOLOGIA.

De todos los metales existentes, muchos no pueden emplearse en Odontología, por ser tóxicos al organismo, como el plomo o el cadmio. (12)

La mayor parte de los metales que se utilizan en Odontología poseen puntos de fusión mucho más elevados que la temperatura bucal y por tanto no sufren escurrimientos. La excepción más importante es la amalgama dental, que tiene componentes cuyos puntos de fusión sólo son ligeramente superiores a la temperatura ambiente. (13)

Los metales puros raras veces se utilizan en Odontología (excepción: el oro en láminas, y el platino en procedimientos de laboratorio con porcelana dental). Por lo general, los metales puros son demasiado blandos y dúctiles para ser apropiados en aplicaciones dentales. A menudo, las propiedades mecánicas pueden mejorarse con el uso de mezclas de metales. (14)

Dentro de los metales de interés en Odontología se encuentran: Oro, Platino, Cromo, Níquel, Cobalto, Paladio, Molibdeno, Cobre, Plata, Estaño, Indio. (15) Los metales nobles son los más recomendables para emplearse para incrustaciones, coronas y puentes, gracias a su estabilidad química en la cavidad bucal presentando alta resistencia a la oxidación y corrosión. El término de metal noble es algo impreciso, mientras más baja sea la posición de un metal en los grupos químicos, mayor será su actividad. En cambio, en tanto más alta sea su ubicación, más inerte será y por ello mayor su nobleza. Estos metales son: oro, platino, metales del grupo platino (paladio, rodio, rutenio, iridio y osmio) y plata. Pero la plata en estado puro no puede ser empleado en cavidad bucal por su poca estabilidad en este medio. (16) (17) (18)

Además presentan una alta biocompatibilidad, (25) estabilidad química (26) y múltiples usos. Son resistentes al ataque de la mayoría de los ácidos.

1.11.1. ALUMINIO

Estructura: Cúbico (4)
Densidad: 2.7 g/cm³
P. de f.: 660°C
P. de eb.: 2,500°C
Electronegatividad: 1,5

Cond. Eléctrica: Buena.
Cond. Térmica: Buena. Cercana a la de la plata, cobre o el oro.

Comportamiento: - Muy reactivo.
- Se combina en caliente con los halógenos el oxígeno, nitrógeno y carbono.

Reacción del elemento con ácidos: - Lo atacan: el ácido clorhídrico y ácido sulfúrico. (26)

Propiedades: - Buena resistencia a la corrosión atmosférica, como resultado de la formación de una película autoprotectora continua de Aluminio. (26)

1.11.2. COBRE

Estructura: Cristalina.
Densidad: 8.9 g/cm³
P. de f.: 1083°C
P. de eb.: 2310°C
Electronegatividad: ≈ 1,5
Cond. Térmica: Alta
Cond. Eléctrica: Alta

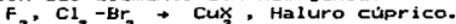
Ductibilidad: Muy dúctil
Maleabilidad: Muy maleable.
Brillo metálico: Si posee
Color: Rojo

Reacción del elemento con O₂:
Por debajo de 1000°C: Cu₂O, óxido cuproso.
Por encima de 1000°C: CuO, óxido cúprico.

Reacción del elemento con Azufre:
Calentando + Cu₂S. Sulfuro cuproso.

Reacción del elemento con agua:
No reacciona.

Reacción del elemento con halógenos:



Reacción del elemento con ácidos:

Generalmente no reacciona. en presencia de
 $O_2 + Cu^{2+} + H_2O$



El cobre ataca al ácido clorhídrico con desprendimiento de hidrógeno, como consecuencia de la formación de sales cuprosas complejas. (28)

Aplicación odontológica:

El cobre es un componente importante en muchas aleaciones dentales de oro; a las cuales proporciona cualidades de resistencia y dureza. (28)

La combinación de la plata y el cobre para formar aleaciones, tienen el objetivo de incrementar la dureza y reducir la temperatura de fusión.

El cobre en exceso tiende a enrojecer las aleaciones amarillas y reducir la resistencia al deslustre y a la corrosión. (28)

1.11.3. ESTAÑO

Estructura: Diamante
Tetragonal
Rómbica

Densidad: Tipo diamante 5,75
Tipo tetragonal 7,28
Tipo rómbico 6,56

P. de f.: 231,8°C

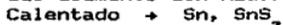
P. de eb.: 2362°C

Electronegatividad: 1,7

Reacción del elemento O_2 :



Reacción del elemento con Azufre:



Reacción del elemento con agua:

En frío no reacciona.



Reacción del elemento con halógenos:



Reacción del elemento con los ácidos:

Es atacado por los ácidos con mínima reacción a los ácidos diluidos.

Aplicación odontológica: Es uno de los componentes que se incorporan a las aleaciones de metal para colocar chapa cerámica oro-paladio, con el objetivo de endurecerlas. (10)

La adición de estaño rebaja el punto de fusión mejorando las características mecánicas de las aleaciones a base de cobre. (20)

1.114. INDIO

Estructura:	Tetragonal
Densidad:	7,293
p. de f.:	155°C
p. de eb.:	1450°C (45)
Color:	Blanco-grisáceo (20)

Propiedades:

- Reacciona en forma análoga al Aluminio y al Galio, pero contrariamente a estos metales no es soluble en los álcalis hirviendo. (20)

- La plasticidad y su suavidad lo hacen un excelente material para muchas aplicaciones, incluyendo rellenos, obturaciones y soldaduras.

- El Indio puede trabajar dentro de la película de óxido de otros metales, puede mejorar la conductividad térmica y eléctrica conjuntamente con estos metales, mientras funciona como ocluidor metálico en contra la corrosión.

- El óxido de Indio permite el paso de la electricidad a través de la superficie haciéndolo conductivo, y protector infrarrojo.

- No presenta pigmentación por aire o agua.

Aplicación odontológica:

- Es utilizado en pequeñas cantidades en algunas aleaciones de oro como sustituto del cinc. (10)

- Es uno de los elementos que se agregan para proporcionar mayor dureza a las aleaciones de metal para recibir chapa cerámica oro-paladio.

1.115. PALADIO

Estructura: Cúbico
Densidad: 12,02 g/cm³
P. de f.: 1552 °C
P. de eb.: 2927 °C

- Comportamiento: - Se oxida al calentarlo en el aire,
- Lo ataca el agua regia. (47)
- Reacción del elemento con ácidos:
- El ácido nítrico concentrado ataca al paladio.
- Los álcalis fundidos atacan de inmediato al paladio.
- Propiedades: - El paladio es catalizador muy eficaz, en particular en reacciones de hidrogenación. (42)
- Exhibe un considerable poder para absorber hidrógeno gaseoso.

Aplicación Odontológica: En Odontología no es empleado en estado puro, pero es empleado en muchas aleaciones dentales combinado con oro o plata. Es más económico que el platino y desde que ha proporcionado ciertas características similares a las aleaciones dentales a base de platino, es utilizado con frecuencia como sustituto del platino.

Por su susceptibilidad de absorber hidrógeno cuando se calienta, puede ser una característica indeseable cuando las aleaciones que contienen paladio son calentadas con un inapropiado soplete gas-aire.

El paladio es muy útil para prevenir la corrosión de la plata en el ambiente bucal.

Las aleaciones de oro blanco, contienen grandes cantidades de plata y paladio, con cantidades limitadas de oro, cobre y otros metales, se pueden emplear como sustitutos de aleaciones de oro amarillo. Estas pueden ser elaboradas con características similares a las aleaciones de oro amarillo dentro de las propiedades mecánicas. (46)

1.116. PLATA

Estructura: Cúbico
Densidad: 10,5 g/cm³
P. de f.: 960,5 °C
P. de eb.: 1950 °C
Electronegatividad: 1,5
Cond. Térmica: Alta. es el mejor conductor térmico.
Cond. Eléctrica: Alta. es el mejor conductor eléctrico.

Ductibilidad: Muy dúctil.
Brillo metálico: Sí posee.

Comportamiento: La plata es inalterada en estado puro y en presencia de aire seco a cualquier temperatura pero si el aire se halla combinado con sulfuro, cloruro fosfórico vapores que contengan estos elementos o que sus derivados se encuentren en ciertos alimentos, como sulfuros, causa pigmentación severa sobre la plata.

Reacción del elemento con O_2 :

Bajo presión + Ag_2O óxido de plata

Reacción del elemento con azufre:

Calentado + Ag_2S sulfuro de plata

Reacción del elemento con agua: No reacciona.

Reacción del elemento con halógenos:

Calentando al rojo: + AgX haluros de plata

Reacción del elemento con ácidos:

No le atacan los ácidos diluidos.

Con HNO_3 + Ag^+ + $NO\uparrow$

Con H_2SO_4 conc. + Ag^+ + $SO_2\uparrow$

Reacción del elemento con:

H_2S ó $(NH_4)_2S$ + Ag_2S

O_3 + Ag_2O_2 (Peróxido de plata)

CN^- en presencia de aire + $(Ag(CN)_2)$

Argentocianuro. (45)

Propiedades: Es más resistente y posee mayor dureza que el oro pero menor que el cobre.

Aplicación odontológica: La plata pura es escasamente empleada en restauraciones dentales por la formación de sulfuro negro sobre la superficie del metal en boca, sin embargo es muy empleada en pequeñas porciones en muchas aleaciones dentales a base de oro.

Agregando pequeñas cantidades de paladio a la plata en las aleaciones dentales se previene la rápida corrosión de éstas en la cavidad oral.

La plata pura absorbe cantidades considerables de oxígeno en estado fundido, lo cual dificulta el vaciado. Esto provoca que el gas sea atrapado durante la solidificación, dando como resultado porosidades y una superficie áspera. Esta tendencia es reducida cuando se agrega de un 5% a un 10% de Cu, a la plata. Por esta razón las aleaciones de este tipo son más comúnmente elaboradas que las de plata pura.

La plata y el oro se mezclan para formar una solución sólida, además la plata es un componente de la mayoría de las aleaciones dentales a base de oro. La plata es eficaz en la neutralización del color rojizo en las aleaciones de oro color amarillo que contienen cantidades apreciables de cobre. En las aleaciones a base de oro la plata es importante en el desarrollo del color blanco, particularmente cuando se combina con platino y paladio. (10)

1.117. CINC

Estructura: Hexagonal (11)
 Densidad: 7,14 g/cm³
 P. de f.: 419°C (12)
 P. de eb.: 907°C
 Electronegatividad: ≈ 1,5
 Color: Blanco - Azuloso

Propiedades:

- Posee características de resistencia bajas. (10)
- Es un elemento bastante volátil, blando y quebradizo. (10)
- Posee buena conservación en atmósfera normal e incluso en ambiente salino debido a la formación de una capa protectora de carbonato básico. (10)
- En caliente, el cinc reacciona enérgicamente con el oxígeno, los halógenos y el azufre.
- El cinc se disuelve en ácido diluido con desprendimiento de hidrógeno.
- Reacciona con álcalis acuosos en ebullición. (11)

Reacción del elemento con O₂:

Calentando, arde + ZnO

Reacción del elemento con Azufre:
 Calentando + ZnS

Reacción del elemento con agua:
 Vapor sobrecalentado: ZnO + H₂↑

Reacción del elemento con halógenos:

Calentando con todos los halógenos: ZnX₂

Reacción del elemento con ácidos:

Reacciona fácilmente con ácidos diluidos
 + Zn²⁺ + H₂↑

Con HNO₃ + Zn²⁺ + NO↑ (15)

Es atacado por el ácido clorhídrico y el ácido sulfúrico corrientes. (10)

Aplicación odontológica: En su forma pura, el cinc prácticamente no tiene aplicación en Odontología, pero es un componente importante en algunas aleaciones dentales a base de oro.

El oro y el Platino se combinan rápidamente con el cinc, con tendencia a incrementar la fragilidad y la dureza de la aleación cuando el porcentaje de cinc es aumentado.

El cinc se presenta en las aleaciones de oro en cantidad desde sólo el 1% a 2%, con el propósito de que actúe como antioxidante durante el fundido y mantener la aleación "limpia" mientras dura el vaciado. «

Al incrementar la temperatura de la aleación, también se aumenta la reactividad al oxígeno. En primer término durante el vaciado, el cinc se oxida y forma escoria en la superficie de la aleación fundida. En segundo término, el cinc elimina el oxígeno y por eso se le conoce como purificador. «»

La contribución de mayor importancia al agregar cinc, es la de mejorar el vaciado de la aleación. «

II ALEACIONES

2.1. DEFINICION.

Para propósitos dentales las aleaciones se definen como la combinación de dos o más materiales que suelen ser solubles en estado de fusión. En lo que respecta a los principios generales de la estructura colada las reacciones de las aleaciones no son en esencia diferentes a las de los metales puros. Sin embargo, la adición de otros metales al metal puro complica el cuadro en lo concerniente a determinados aspectos fundamentales aún no considerados.

La mayor parte de las aleaciones se solidifican dentro de un intervalo de temperatura y no a una temperatura determinada, como lo hacen los metales puros. En este intervalo existe un sistema en dos fases (sólido y líquido). El intervalo de solidificación de una aleación de composición particular es tan característico como la temperatura constante de fusión de un metal puro.

La presencia de más de un metal acarrea ciertas reacciones en el estado sólido que no aparecen en presencia de un sólo metal, y que afectan directamente las propiedades de la aleación.

2.2. SISTEMA.

Un sistema de aleaciones es la unión de dos o más metales en todas sus combinaciones posibles.

2.3. FASE.

Una fase es una parte físicamente diferente, homogénea, individual y mecánicamente separable de un sistema.

En la metalurgia, no es raro hallar que en el estado sólido hay más de una fase. Por ejemplo, puede haber granos de diferentes composiciones, que son mecánicamente separables.

Los estados que se describirán se consideran límites sólo en condiciones de enfriamiento lento y ablandamiento prolongado, con amplia oportunidad para la difusión atómica. (19)

2.4. CLASIFICACION DE LAS ALEACIONES.

Las aleaciones se clasifican según la cantidad de elementos que la integran:

- Binarias
- Ternarias
- Cuaternarias
- Quinarias, etc. (25)

Desde el punto de vista odontológico, las aleaciones pueden ser clasificadas según la miscibilidad de los átomos en el estado sólido. La aleación más simple es aquella en la cual los átomos de dos metales se entremezclan al azar en una red espacial común. Su estructura es totalmente homogénea. Se dice que los metales son solubles entre sí en el estado sólido, y a las aleaciones se les denomina soluciones sólidas. La mayor parte de las aleaciones útiles de oro empleadas en Odontología son del tipo de soluciones sólidas.

Al igual que los componentes de muchas soluciones líquidas, los metales que componen soluciones sólidas pueden no ser completamente solubles entre sí en todas las proporciones; pueden ser solubles sólo en parte. En este caso, aparecen ciertas fases inmediatas que no son mutuamente solubles en estado sólido.

Algunas de las fases intermedias son: aleaciones eutécticas, las aleaciones peritéticas, compuestos intermetálicos o de valencia y sus combinaciones.

2.4.1. SOLUCIONES SOLIDAS. La mayor parte de las aleaciones que se emplean como restauraciones dentales son soluciones sólidas. (99)

En una solución sólida entre dos metales, podremos diferenciar el solvente del soluto (agua, azúcar), debido a que el solvente es el que predomina en cuanto a la conservación de su estructura espacial cristalina.

Esta estructura espacial cristalina corresponde a un ordenamiento espacial atómico de los metales o cuerpos cristalinos, en tal forma que simula figuras geométricas: estructura espacial. En total se reconocen 14 estructuras espaciales:

- Cúbica simple
- Cúbica a cara centrada
- Cúbica o cuerpo centrado
- Orto-rómbica simple
- Orto-rómbica a base centrada
- Orto-rómbica a cuerpo centrado
- Orto-rómbica a cara centrada
- Monoclínica simple
- Monoclínica a base centrada
- Tetragonal simple
- Tetragonal a cuerpo centrado
- Simple triclinico
- Romboédrico
- Hexagonal

(25)

La forma de la red espacial de las soluciones sólidas es de varios tipos:

- Tipo sustitucional
- Tipo intersticial

2.4.1.1. tipo Substitucional. En este tipo, los átomos del soluto ocupan las posiciones reticulares que normalmente están ocupadas por los átomos del solvente en el metal puro. Por ejemplo, en una aleación de paladio-plata, en la cual el paladio es el solvente, los átomos de plata reemplazan a los átomos de paladio en ciertas posiciones de la red espacial.

2.4.1.2. Tipo Intersticial. En ella, los átomos del soluto se encuentran en posiciones situadas entre los átomos del solvente (los intersticios entre las posiciones de la red regular). Este tipo de solución exige que el diámetro de los átomos del soluto sea mucho más pequeño que el de los átomos del solvente. Esta solución sólida está limitada por concentraciones bastante pequeñas de soluto. La solución sólida intersticial de carbono en el hierro es una de las más importantes, porque forma la base de la familia de las aleaciones llamadas aceradas.

En algunas soluciones sólidas substitutivas los átomos de soluto y solvente tienen una ligera afinidad entre sí. Desde el punto de vista de la energía, la colocación al azar de los átomos representan una mayor energía que si estuviesen ordenados más cercanamente entre sí. En una aleación, a temperatura muy baja, la difusión puede provocar un ordenamiento al azar de los átomos de la solución sólida. El proceso de ordenamiento implica una proporción definida de átomos de soluto y solvente: por ello, dicho ordenamiento de estructura existe en un pequeño intervalo de composiciones.

Por ejemplo, las aleaciones de oro-cobre presenta una estructura de solución sólida de substitución o al azar del tipo centrado en las caras a temperaturas elevadas (fig. 5a), pero si se deja enfriar lentamente por debajo de 400 °C (752 °F) una aleación compuesta de 50.2% de oro y 49.8% de cobre en peso, los átomos de oro se localizarán en los ángulos del cubo de la celdilla y los átomos de cobre en las caras. (fig. 5b).

Cuando la unidad de celdillas se combina para formar la red espacial, hay tres veces más átomos de cobre que de oro y por tanto, esta estructura se representa como AuCu. Se le denomina superred, o estructura ordenada.

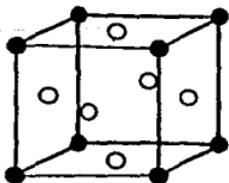
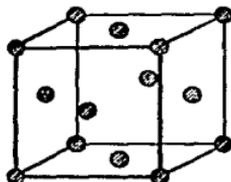
2.4.1.3. Condiciones para la solubilidad sólida. En todo tipo de solución sólida de substitución, la distancia interatómica varía según el tamaño del átomo del soluto.

Hay por lo menos cuatro factores que determinan el grado de solubilidad sólida de dos o más metales, (condiciones de Hume Rothery).

1. Tamaño del átomo. Si la diferencia en el tamaño de dos átomos metálicos es menor del 15% aparecen fases intermedias en la solidificación. Probablemente, ninguno de los metales carece completamente de solubilidad sólida en otro.

Fig. 5.- En una unidad de celdillas de una red espacial cúbica centrada en las caras del tipo substitutivo de cobre-oro,

a) No es posible distinguir las posiciones de los átomos de cobre de las de los átomos de oro en una superred o distribución ordenada.



b) Los átomos de oro se hallan en los ángulos y los átomos de cobre en las caras del cubo.

2. Valencia. Los metales de la misma valencia y tamaño tienen mayor aptitud para formar soluciones sólidas que los metales de valencia diferente. Si las valencias difieren, el metal de valencia más alta es más soluble en uno de valencia más baja que en el caso contrario.

3.- Afinidad química. Cuando dos metales presentan un alto grado de afinidad química, tienden a formar una fase intermedia al solidificar y, no una solución sólida.

4.- Tipo de red. Sólo los metales con el mismo tipo de red pueden formar una serie completa de soluciones sólidas, en especial si el factor tamaño es inferior a 8%. La mayor parte de los metales utilizados en restauraciones dentales son de tipo cúbico centrado en las caras y pueden formar una serie continua de soluciones sólidas.

2.4.1.4. Propiedades físicas de la soluciones sólidas. La aleación de metales puede ser un medio de acrecentar la resistencia de un metal. La teoría general de la interferencia de los deslizamientos es la misma en las aleaciones que en el endurecimiento por deformación, excepto que al principio hay una deformación reticular de diferente tipo para inhibir el deslizamiento antes de que la estructura sea sometida a tensiones durante el trabajo. Muchas aleaciones que se emplean en Odontología constituyen ejemplo de esto.

Por lo general, los átomos del soluto incrementan la dureza y la resistencia de cualquier solvente metálico. Cuanto más semejante es el tamaño de los átomos, menor es el efecto de los átomos del soluto, pero es previsible un cierto aumento en la resistencia.

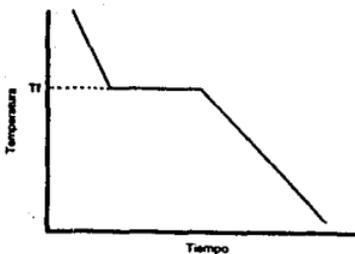
Cuanto más metal del soluto se añade al solvente, mayor será la resistencia y la dureza de la aleación. En dos metales, que forman una serie continua de soluciones sólidas entre sí, se alcanza la dureza máxima cuando alrededor del 50% del peso atómico de cada metal. Como se deduce de la teoría la ductibilidad decrece poco a poco a medida que aumentan la resistencia y la dureza.

La densidad de una solución sólida en condiciones de solubilidad completa se calcula a partir de la composición. Sin embargo, en casos de solubilidad limitada la densidad calculada suele ser menor que la densidad determinada en el experimento.

(38)

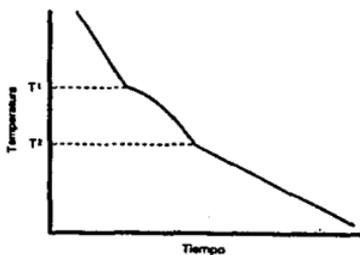
2.4.1.5. Curvas de enfriamiento. Los metales y aleaciones se caracterizan en ocasiones utilizando curvas de enfriamiento. Se calienta el material hasta que se funde y seguidamente se deja enfriar y se toma un registro de temperatura/tiempo, como se muestra en la fig. 6. Para metales puros (fig. 6a) la curva de enfriamiento muestra un área de la parte horizontal distinta en el punto de fusión (1f), que indica que la temperatura permanece constante por un periodo de tiempo durante la cristalización. Con pocas excepciones, las curvas de enfriamiento de aleaciones no muestran tal área de la parte horizontal (fig. 6b). La cristalización se inicia a temperatura T_1 y se completa a temperatura T_2 . Por tanto, tiene lugar en una escala de temperaturas.

Fig. 6.- CURVAS DE ENFRIAMIENTO



A) Metal puro, que muestra la solidificación a una temperatura determinada, y

B) una aleación que muestra la solidificación en un intervalo de temperaturas.



En una aleación sólida binaria de dos metales, A y B, en la que el punto de fusión del metal A sea mayor que el del metal B, el primer material a cristalizar, justo por debajo de la temperatura T_1 , será rico en el metal A, de mayor punto de fusión, mientras que el último material a cristalizar, a una temperatura inmediatamente inferior a T_2 será rico en el metal B, de menor punto de fusión. En consecuencia, el resultado será un gradiente de concentración en la aleación solidificada. El material, se dice, tiene una estructura en núcleos. Estos núcleos pueden influir en la resistencia a la corrosión, daño que puede crearse celdas electrolíticas sobre la superficie de la aleación entre áreas de diferente composición de aleación.

Si se dispone de una serie de curvas de enfriamiento de aleaciones de diferente composición dentro de un sistema de aleación determinado, pueden trazarse una gráfica de fase de la que podrán extraerse muchas predicciones importantes con respecto a los núcleos y otras variaciones estructurales.

2.4.1.6. Gráficas de fase. La escala de temperaturas de cristalización de una aleación puede obtenerse fácilmente a partir de una curva de enfriamiento, como se ilustra en la figura 6b. Si se obtienen las temperaturas T_1 y T_2 de una gama de composiciones de un sistema de aleaciones y se enfrentan sus valores a la composición porcentual, se obtiene una gráfica útil. Eso se muestra en la figura 6 para una solución sólida hipotética de los metales A y B. El punto de fusión de los metales puros se indica por las temperaturas T_{fA} y T_{fB} . Los límites superior e inferior de temperatura de la escala de cristalización, T_1 y T_2 , se muestran para las cuatro aleaciones, que oscilan en una composición que va del 80% de A/20% de B al 20% de A/80% de B.

La gráfica de fase se completa uniendo todos los puntos T_1 y todos los puntos T_2 con los puntos de fusión de los metales puros, T_{fA} y T_{fB} . A temperaturas en la región por encima de la línea superior, conocida como línea liquidus, la aleación, está totalmente sólida. A temperaturas en la región entre la línea sólida y líquida, la aleación consiste en una mezcla de sólido y líquido. La composición de las fases sólida y líquida a cualquier temperatura entre T_1 y T_2 puede predecirse con la ayuda de una gráfica de fase.

2.4.1.7. Gráfica de fase de la solución sólida. La fig. 7 muestra cómo se obtiene la gráfica de fase en una solución sólida binaria de una aleación. La gráfica se ha trazado en la fig. 8 para ilustrar cómo se pueden utilizar y predecir algunas de las características de la aleación. Consideremos, por ejemplo, una aleación de composición X (alrededor de 60% de A y 40% de B). puede fundirse por completo esta aleación calentándola a una temperatura superior a T_1 , que representa la temperatura liquidus de esta composición.

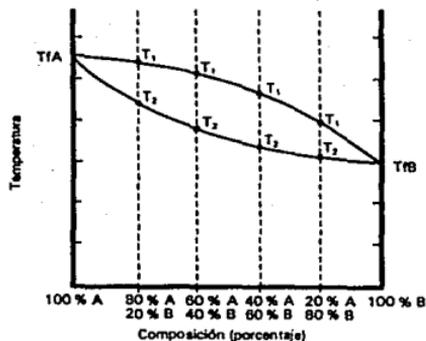


Fig. 7.- Diagrama de fase de una solución sólida trazado mediante una serie de curvas de enfriamiento (fig. 6). Las temperaturas T_1 y T_2 se obtienen de experimentos realizados utilizando aleaciones de composición variada.

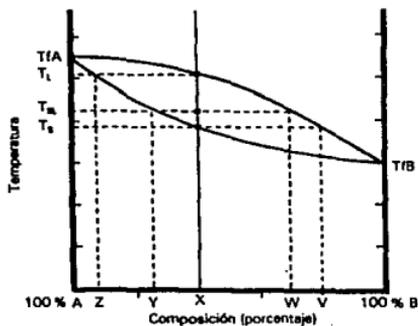


Fig. 8.- Diagrama que ilustra cómo un diagrama de fase de solución sólida puede utilizarse para predecir o explicar ciertas características de la aleación.

Si la aleación se enfría desde T_i sigue fundida hasta que se alcanza la temperatura T_L , que es cuando se inicia la primera formación de sólido. La composición del primer sólido formado se obtiene trazando una línea horizontal o línea de unión hasta la intersección del solidus. En este caso el trazado de esta línea revela que el primer sólido que se formará tendrá composición Z (aproximadamente 90% A / 10% B). Existiendo una mezcla de sólido y líquido entre las temperaturas T_L y T_s . Si seleccionamos una temperatura T_{SL} dentro de esta región, la composición del sólido y del líquido podrán predecirse observando dónde se une la línea que interseccione tanto solidus como liquidus. Así, a la temperatura T_{SL} , la composición de líquido remanente es W (aproximadamente 75% de B y 25% de A). Si se enfría más, la aleación se solidifica temperatura T_s . El último líquido a cristalizar tiene una composición V (aproximadamente 80% de B y 20% de A). Esto confirma la observación previa de que en aleaciones de solución sólida existe una estructura nuclear en la que el primer material que cristaliza es rico en el metal con mayor punto de fusión (A), mientras que el último material en solidificar es rico en el otro metal (B). En el caso de la aleación descrita, la variación de composición, dentro de las gamas de aleación, oscila de 90% A / 10% B, en un extremo, al 80% B / 20% A, en el otro. Una indicación del grado de nucleación se ve en la separación de las líneas de solidus y liquidus en la gráfica de fase. El potencial de nucleación es mayor cuando hay una separación amplia de las líneas solidus y liquidus (fig. 9).

La discusión previa explica lo que sucede cuando una aleación en solución sólida se enfría rápidamente, como ocurre, por ejemplo durante el colado, con un enfriamiento lento, el proceso de cristalización se acompaña de difusión y una distribución al azar de los átomos, sin nucleación. Un enfriamiento rápido priva en seguida a la aleación de la energía y movilidad necesarias para que se produzca la difusión de los átomos y la estructura nuclear se "cierra" a bajas temperaturas. La reducción de la velocidad de enfriamiento como medio de eliminar la nucleación podría ser perjudicial, dado que produciría una aleación con granos de gran tamaño, que, sin duda, tendrían propiedades mecánicas inferiores.

Teniendo en cuenta que la nucleación puede reducir en gran manera la resistencia a la corrosión de las aleaciones en ocasiones se utiliza un tratamiento térmico para eliminar la estructura nucleada. Este tratamiento térmico se denomina tratamiento térmico de homogeneización. Implica calentar la aleación a una temperatura justo por debajo de la temperatura solidus durante unos minutos para permitir la difusión de los átomos y el establecimiento de una estructura homogénea. Seguidamente se temple la aleación del modo habitual para impedir el crecimiento de los granos. (3)

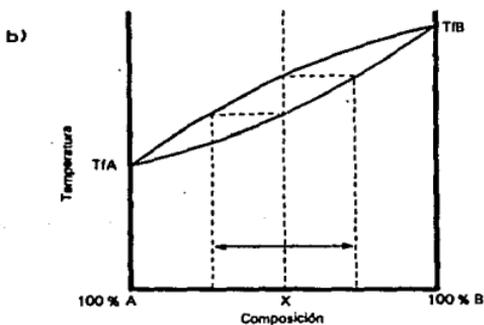
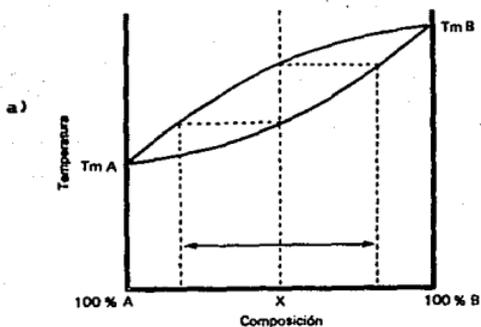


Fig. 9.- Diagrama que muestra cómo la extensión de la nucleación depende de la separación de las líneas solidus y liquidus.

a) Solidus y liquidus muy separadas. Nucleación extensa, como ilustran las flechas.

b) Solidus y liquidus muy juntas, dando lugar a una nucleación menos extensa.

2.4.2. ALEACIONES EUTECTICAS. El sistema eutéctico es un ejemplo en el cual los componentes presentan completa solubilidad líquida, pero solubilidad sólida limitada.

La ilustración más simple de la aleación eutéctica es la de dos metales, A y B, que son por completo insolubles uno en otro en estado sólido. En este caso, algunos granos se hallan compuestos sólo de metal A, en tanto que el resto de los granos se componen de metal B.

Sin embargo, es probable que todos los metales sean solubles mutuamente, si bien en cantidades muy reducidas. Uno de estos sistemas, importante en Odontología, es el de plata-cobre. (10)

2.4.2.1. Gráfica de fase eutéctica. Esta gráfica de fase de una aleación hipotética de los metales A y B se muestra en la Fig. 10, la línea liquidus se da para los puntos de unión A, C y E, mientras que la línea solidus se da para A B C D E. Las temperaturas T_{mA} y T_{mB} son de nuevo los puntos de fusión de los metales puros A y B. En las dos regiones triangulares entre las líneas solidus y liquidus existe una mezcla de sólido y líquido. El sólido es siempre uno de los metales puros. A la derecha del punto C siempre existe B puro y a la izquierda punto C siempre existe A puro. La aleación con composición correspondiente al punto C se denomina aleación eutéctica, y es de particular interés dado que cristaliza a una temperatura determinada y no es un margen de temperaturas. A este respecto, la aleación eutéctica se comporta de forma similar a un metal puro. Las aleaciones con una composición cercana a la composición eutéctica tienen márgenes de fusión estrechos y punto de fusión mucho menores a los de los metales puros que los componen. Por esta razón, a menudo se utilizan como soldadores.

La gráfica de fase eutéctica puede utilizarse para predecir los cambios de composición durante la cristalización, de la misma forma que se utiliza la gráfica de la solución sólida. En el caso más simple de aleación eutéctica, solidifica a una temperatura T_E para dar una mezcla de metales A y B. La fig. 11 muestra lo que sucede durante la cristalización de una aleación X, que no tiene una composición eutéctica. Al enfriar, se inicia la cristalización a una temperatura T_2 . La intersección de la línea horizontal con la línea solidus indica que el primer material que cristaliza es el metal puro A. A una temperatura T_L , la aleación se dispone en una región entre la línea del sólido y líquido, lo que indica que existe una mezcla de sólido y líquido. La composición del sólido y del líquido se da en los puntos de intersección de la línea horizontal con la línea solidus y liquidus. Así, puede observarse que a T_L el sólido formado es aún el metal puro A, mientras que el líquido remanente tiene la composición Y. Al enfriar más hasta llegar a la temperatura T_2 , el sólido es aún el metal puro A, pero el líquido remanente tiene la composición Z, muy cercana a la composición eutéctica. (E). Finalmente, al alcanzar la temperatura T_E , la mezcla eutéctica de metales que queda en la fase líquida cristaliza.

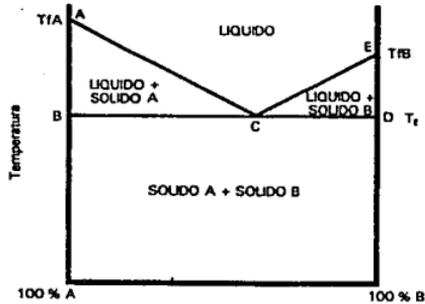


Fig. 10.- Diagrama de fase de una aleación de dos metales (A y B) que son completamente insolubles en la fase sólida. La aleación con una composición equivalente al punto C se denomina aleación eutéctica. Este tipo de diagrama de fase se denomina a veces diagrama de fase eutéctica.

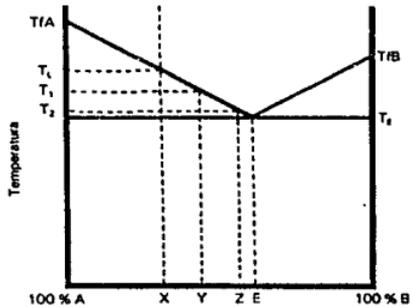


Fig. 11 Diagrama que ilustra cómo puede utilizarse un diagrama de fase eutéctica.

Por tanto, una explicación simplificada de lo que sucede durante el enfriamiento es que los metales puros cristalizan hasta que las mezclas de remanente de metales fundidos tienen una composición equivalente a la eutéctica. (18)

Cuando una aleación eutéctica solidifica, los átomos de los metales componentes deben segregarse para formar regiones de metales originales casi puros. Esto forma una estructura muy distinta. La estructura en capas se forma debido a que requiere de una mínima cantidad de difusión para producir la segregación necesaria. (19)

La aleación solidificada consiste en una mezcla de metales insolubles que a menudo tienen una resistencia a la corrosión inferior debido al potencial por el establecimiento de celdas electroquímicas sobre la superficie de la aleación. (20)

2.4.2.2. Propiedades físicas de aleaciones eutécticas. Las propiedades mecánicas de las aleaciones eutécticas no sufren variaciones lineales con la composición.

Las aleaciones eutécticas son frágiles porque la presencia de las fases insolubles inhiben el deslizamiento. La resistencia, y a veces la dureza de estas aleaciones, llega a sobrepasar la de los metales componentes, debido a la estructura compuesta de la aleación. Por otra parte, si la temperatura de recristalización de los metales de la matriz (como el plomo) es muy baja, puede producirse el flujo o escurrimiento incluso a la temperatura ambiente.

Con excepción de las aleaciones de oro para soldadura por lo general no se producen sistemas eutécticos en las aleaciones dentales de metales preciosos a causa de su baja resistencia al deslustre y la corrosión.

2.4.3. SISTEMAS PERITECTICOS. La solubilidad sólida limitada de dos metales puede originar una transformación llamada peritética. El sistema peritético no es común en Odontología, a excepción del sistema plata-estaño, el cual es la base para las aleaciones tradicionales de amalgama dental. Sin embargo, el diagrama de fase de platino-plata muestra una simple transformación peritética, y, debido a que estos metales se encuentran en muchas de las aleaciones para colados de oro, el sistema es bastante adecuado para estudiarlo.

A semejanza de la transformación eutéctica, la reacción peritética es una reacción invariable, es decir, ocurre a determinada composición y temperatura. La reacción puede escribirse así:



La fig. 12 es el diagrama de fase del sistema de aleación de platino-plata. La fase α es una fase rica en plata, la fase β es rica en platino, y $\alpha + \beta$ es la región de dos fases debida a la limitada solubilidad del sólido. La transformación peritéctica ocurre en el punto P, donde el líquido más la fase β rica en platino se transforma en la fase α rica en plata. El importante cambio en la composición puede conducir a grandes cantidades de estructura central, si ocurre un enfriamiento demasiado rápido.

Si la aleación tiene una composición hipoperitéctica, como la aleación 1 en la fig. 11, el enfriamiento de la aleación a través de la temperatura peritéctica originará la transformación líquido + β + Líquido + α . El enfriamiento rápido provoca una precipitación de la fase α alrededor de los gránulos β , antes de que ocurra la difusión y origina la estructura nucleada substancial. La estructura nucleada es más frágil y tiene menor resistencia a la corrosión que la fase- α homogénea.

2.4.4. OTROS SISTEMAS. El sistema de oro-platino muestra una considerable extensión en temperatura entre el líquido y el sólido, y origina una estructura nucleada indeseable. El platino y el oro presentan solubilidad sólida total sólo a temperaturas cercanas al sólido. A temperaturas más bajas forman una región más grande de dos fases similar a la estructura eutéctica. A los 400°C (752°F), esta estructura heterogénea puede extenderse sobre composiciones que varían de 4 a 90% de oro.

El sistema de paladio-cobre se caracteriza por tener un intervalo de temperatura de fusión relativamente corto, en particular si se le compara con el sistema de platino-oro. Si bien, su líquido nunca es inferior a la temperatura de fusión de sus componentes, el cobre reduce las temperaturas de líquidos y sólidos en un margen considerable de composición. En algunas características, este sistema se asemeja al sistema de oro-cobre. Ocurren transformaciones que corresponden a composiciones de superred PdCu (62.6% de paladio) y PdCu₃ (36% de paladio). La transformación PdCu se realiza cuando la cantidad de paladio es de 48 a 63%, y comprende una difusión atómica que se organiza en una estructura cúbica centrada en las caras, de dimensiones esencialmente iguales a las de la red original.

El sistema de platino-cobre se asemeja en cierta medida al sistema de paladio-cobre. El intervalo de fusión también es bastante estrecho. Las aleaciones con menos de 20% de platino tienen temperatura de líquidos un poco mayores que el punto de fusión del cobre. Con el enfriamiento lento aparecen por lo menos dos fases intermedias: PtCu (75.5% de platino) y PtCu (44% de platino). La precipitación de la fase PtCu origina interferencia por deslizamiento. (98)

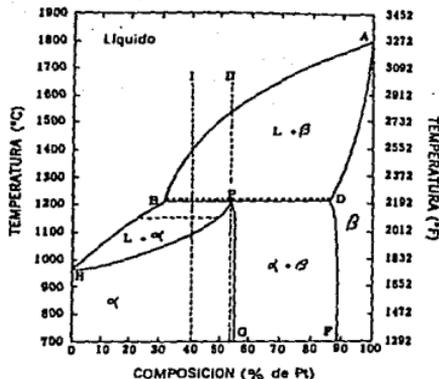


Fig. 12 Diagrama de composición del Sistema Pt-Ag.

2.5. ALEACIONES DENTALES DE METAL NOBLE.

Anteriormente los fabricantes de aleaciones aumentaron el contenido de paladio hasta 99% en la aleación para colocar chapa cerámica por dos razones: un aumento significativo de paladio de una aleación más rígida, fuerte y disminuye la densidad de la aleación, con lo que se obtienen más unidades de colado dental por onza de metal. Las nuevas aleaciones blancas de metal para colocar chapa cerámica, con un contenido máximo de 35% de paladio, han llegado a ser de gran interés no sólo por su resistencia, sino también por su bajo costo. (10) (11)

Los metales nobles han sido la base de las aleaciones para incrustaciones, coronas y puentes, gracias a su estabilidad química en la cavidad bucal. (10) (25)

Los incrementos y fluctuaciones en el mercado libre de los metales preciosos han generado un considerable interés acerca del costo por pwt (pennyweight= 1.5 g. aproximadamente), de las posibilidades de los sistemas de aleación. No obstante, debe subrayarse que al evaluar el costo de las aleaciones para una aplicación dental específica, la cantidad que no varía es el volumen total del vaciado dental. La diferencia en las propiedades de la aleación pueden permitirse por ligeros cambios en el diseño para determinada aplicación, pero en general el volumen de un colado se fija sin tomar en cuenta la aleación elegida. (10)

2.6. REVISIÓN DE ANSI/ADA A LA ESPECIFICACIÓN No. 5 PARA ALEACIONES DENTALES.

La nueva revisión de la especificación No. 5 de la Asociación Dental Americana para las aleaciones dentales, ha sido aprobada por el Consejo de Materiales Dentales, Instrumentos y Equipo de la Asociación Dental Americana.

Las actas del Consejo como patrocinadoras administrativas de ese comité, tienen a su cargo representar el interés en Estados Unidos por lograr la estandarización de materiales, instrumentos y equipo en Odontología.

El Consejo ha adoptado las especificaciones de acuerdo al reconocimiento de sus utilidades profesionales dentro de la Odontología, y ha fomentado el reconocimiento de éstas por el Instituto de Estandarización Nacional Americano (ANSI).

La especificación No. 5 de la ADA fue propuesta al Instituto de Estandarización Nacional Americano para ser reconocida por éste el 14 de Diciembre de 1988, siendo efectiva el 14 de 1989.

La nueva revisión por la ADA/ANSI sobre la especificación NO. 5 para las aleaciones dentales contempla los requerimientos que deben agrupar las restauraciones metálicas en cavidad bucal presentando su eficacia, así como seguridad clínica. Dentro de estos requerimientos se establecen los siguientes:

- Composición de la aleación
- Propiedades mecánicas
- Propiedades físicas
- Características del vaciado
- Toxicidad
- Resistencia a la pigmentación y corrosión
- Requerimientos de empaque

La incorporación de más elementos y metales nobles a las nuevas aleaciones debe ser evaluada cuidadosamente, ya que pueden ser elementos peligrosos y nocivos para la salud del paciente.

Esta información sobre los componentes de la aleación es importante para el clínico cuando requiere elegir una aleación dental para una paciente que presente hipersensibilidad y en general, para no tener riesgos sobre la salud del paciente.

Dependiendo de su uso: incrustación inlay, onlay, corona o puente, una aleación debe tener una combinación adecuada de sus propiedades mecánicas para conservar la anatomía designada dentro de la restauración y permitir al clínico el terminado y ajuste adecuado. Por ejemplo, si el margen de una incrustación inlay es corto, el clínico tendrá la necesidad de bruñir la zona. Para realizar esto, la aleación deberá tener una relativa dureza y baja resistencia a la fluencia, además de una alta elongación.

Cuando una aleación es elegida para la elaboración de un puente, el material con un alto módulo de elasticidad y una alta resistencia a la fluencia, es deseable para dicho trabajo.

La Resistencia a la Fluencia, es un dato importante porque indica la máxima resistencia del material antes de sufrir deformación permanente.

La Elongación o Alargamiento es un dato que permite saber la ductibilidad y la facilidad de bruñido de una aleación.

El Módulo de Elasticidad es importante ya que indica de una manera simple la rigidez de la aleación. Un módulo alto equivale a una gran resistencia a la deflexión.

La Dureza indica la facilidad de realizar el pulido y terminado de la restauración así como su resistencia ante el antagonista natural en cavidad bucal.

Las Condiciones del Fundido afectan las propiedades (por ejemplo, el tamaño de grano, la homogeneidad de la aleación), y finalmente, la eficacia clínica de la restauración. Por ello las condiciones necesarias para el fundido, vaciado y colocado deben estar indicadas por el fabricante.

Clinicamente, el vaciado no debe presentar discrepancias marginales y debe ajustarse adecuadamente en el diente previamente preparado. No existe alguna especificación de composición en la aleación (que es, el predominio de cierto metal noble o metal base en la aleación), que de como resultado un correcto vaciado y ajuste para ser aceptado clínicamente. (18)

MERMA DEL COLADO, La mayoría de los metales y aleaciones, aún las aleaciones de oro y de metal noble, disminuyen su volumen cuando cambian del estado líquido al sólido.

Dicha consideración es muy importante en los procedimientos de colados dentales.

La contracción térmica prevalece sobre la merma del colado, ya que la aleación se enfría a la temperatura ambiente, por ello las aleaciones cuyos puntos de fusión son más elevados tenderán a exhibir mayor merma o disminución de volumen. Esto debe compensarse en la técnica de colado, si se desea obtener un ajuste adecuado. (18)

La seguridad biológica deberá ser indicada a través de tres evaluaciones tóxicas:

- 1.- Evaluación de citotoxicidad in vitro.
- 2.- Evaluación Ame's para actividad mutágena potencial.
- 3.- Evaluación de irritación de la membrana mucosa.

Ningún requerimiento de composición, tampoco límites designados en las evaluaciones de las propiedades mecánicas pueden afirmar la resistencia a la corrosión y pigmentación de una aleación dental en boca. Una evaluación sobre la pigmentación y una prueba del efecto de la corrosión sobre las propiedades mecánicas se incluyen en la especificación No. 5 de la ADA; las cuales se expondrán posteriormente. (18)

La resistencia a la pigmentación es un requisito fundamental de todas las aleaciones dentales. El metal no debe disolverse en los líquidos de la boca, ni liberar productos tóxicos de corrosión. Para mantener el efecto de inactividad el metal debe colocarse en estado inerte. (8)

Los requerimientos de empaque incluyen la información necesaria acerca de las propiedades físicas y mecánicas reportadas por el fabricante.

Las aleaciones son elegidas para su uso clínico basado en sus propiedades y si algún fracaso ocurriese; la información del empaque ayudará a determinar si la causa del mismo es por algún problema en el material.

En esta revisión del ANSI/ADA sobre la especificación No.5 de 1981, el Subcomité del Comité de Estandarización Acreditado MD156; ha hecho cambios extensos a la especificación en relación a los recientes adelantos en el campo de las aleaciones dentales.

Las aleaciones de oro ya no son altamente dominantes en la aplicación para elaborar coronas y puentes.

La primera revisión es la recomendación del Subcomité por un cambio en el nombre de la especificación. La palabra "oro" ha sido eliminada para reflejar, que en realidad no es restrictiva para aleaciones de oro.

No hay requerimientos de composición en la nueva revisión propuesta sobre la especificación. Esto refleja el uso clínico y la aceptación general de las aleaciones conteniendo menos del 75% en peso del oro y elementos del grupo platino.

La razón por la previa restricción a metales nobles, fue la creencia diseminada de que las aleaciones con menos de 75% (ó 78%) de contenido en metal noble, sufrirían pigmentación y corrosión en cavidad bucal. Esta correlación ha sido refutada.

Las alternativas de bajos costos han sido demandadas por la Odontología y han sido solucionadas a través de los avances en metalurgia, y el conocimiento mejorado de los nuevos materiales, su pigmentación y corrosión oral.

Desde la especificación original No. 5, una proliferación considerable de aleaciones y sistemas de aleaciones han probado ser substitutos viables de las aleaciones con alto contenido en oro. (9)

27. CLASIFICACION DE LAS ALEACIONES SEGUN ESPECIFICACION No. 5 DE ANSI/ADA.

Las aleaciones dentales pueden agruparse en los siguientes tipos:

Tipo I (suave).- Pequeñas Incrustaciones sujetas a ligera tensión.

Tipo II (media).-Incrustaciones sujetas a tensión moderada, como coronas 3/4 ó coronas totales.

Tipo III (duro).- Restauraciones sujetas a una tensión fuerte, como coronas totales, coronas 3/4 gruesas y prótesis fijas de tramo corto.

Tipo IV (Extraduro).- Restauraciones delgadas sujetas a tensión muy elevada, como coronas 3/5 delgadas, tramos largos de prótesis fija y prótesis parcial removible.

28. CARACTERISTICAS DE TRABAJO

POSIBILIDAD DE COLADO. Las aleaciones deben fundirse con facilidad en máquinas comunes de colados, con un mínimo de formación de escorias en el fundido. La mayor parte de los metales preciosos satisfacen esta exigencia. Además, el metal líquido deberá poseer suficiente fluidez para llenar el molde con cierta rapidez.

FACILIDAD DE SOLDADO. Casi todas las aleaciones de metal noble pasan bien esta prueba. La soldadura líquida ha de humedecer la superficie de la aleación con rapidez y formar una verdadera unión adhesiva. Las aleaciones de metal para recibir chapa cerámica se soldarán en dos etapas mediante la técnica para porcelana: presoldado, antes, y postsoldados después de aplicada la porcelana. Un aspecto importante de las aleaciones dentales de metal noble es que ambas técnicas de soldado se efectúan muy bien.

FACILIDAD DE BRUÑIDO. Un requisito importante de las incrustaciones y coronas es que los bordes puedan ser manipulados con el instrumento de bruñido. Una medida de facilidad de bruñido está dada al dividir el valor de elongación entre la dureza o el rendimiento de resistencia. Los metales preciosos con un alto contenido en oro o paladio suelen tener esta característica.

2.9. ALEACIONES PLATA-PALADIO.

Las aleaciones Plata-Paladio, fueron desarrolladas con un intento de tener una alternativa a las aleaciones basadas en Oro, debido al elevado costo de éstas. Por sus buenas propiedades; estos productos pueden considerarse una buena opción al Oro tipo III ó IV, puesto que sus propiedades físicas con similares a ellos. Las principales características son la composición: 60 a 70% Plata y 22 a 30% Paladio, tiene indicaciones de uso similares a las de las aleaciones de oro tipo III y IV. Algunas contienen un pequeño porcentaje de Cobre. (40) (7)

Los fabricantes agregan Indio o Cobre, para facilitar la fusión con soplete de aire y gas. De no hacerlo, se requiere el empleo de gas y oxígeno, con boquilla en forma de regadera. La desventaja de incluir otros metales, estriba en que la aleación deja de ser monofásica y se convierte en polifásica. Es decir, se pierde homogeneidad, y ello conlleva una mayor susceptibilidad a la corrosión y pigmentación. (40)

2.9.1. PROPIEDADES FISICAS. Su temperatura de fusión está entre 950 a 1100°C, por lo que algunas pueden fundirse con gas-aire, y otras requieren gas-oxígeno. (4)

La dureza es variable: desde 120 hasta 220 en la escala Vickers.

La mayoría de los productos pueden someterse a tratamiento térmico para endurecerlos o ablandarlos. El rango tan amplio se debe este factor, y a que entre todos los productos disponibles, los fabricantes reportan estos datos.

La densidad es de 10.5 a 11g/cm³, por lo que son más ligeras que las basadas en Oro. (7) (44)

Esta densidad se debe a que contienen más Plata que Paladio. A mayor contenido de Paladio, la densidad se incrementa por ser éste un metal más denso (12gm/cc) que la Plata (10.5mg/cc). (40)

El porcentaje de alargamiento antes de fracturarse, es variable, dependiendo también del tratamiento térmico, y oscila entre el del Oro Tipo II y el Tipo IV.

Tienen también buena resistencia a la pigmentación y corrosión, siempre y cuando sean correctamente manipuladas y no contengan menos de 25% de Paladio. Esta resistencia puede estar disminuida cuando la aleación contiene Cobre. (7) (4)

2.9.2. MANIPULACION. El encerado es convencional. Los revestimientos que se usan son los de baja temperatura. (a base de yeso) o de alta (como los basados en fosfato); pero no deben contener carbón. Algunas veces se requiere usar soplete de gas y oxígeno; nunca deben fundirse con Acetileno.

También es aconsejable fundir en un horno de inducción. En caso de emplearse botones (sobrantes) recuperados, para una fundición posterior, es recomendable agregar siempre al menos 50% de aleación nueva. (7)

Algunos cuidados a tomar son: al fundir la aleación, usar un poco más que en el caso del oro, pues por su menor densidad, se requiere mayor peso en el botón para abastecer adecuadamente al cilindro de colado. Luego, al calentar, evitar un calentamiento excesivo, pues tanto la plata como el paladio absorben gases (Hidrógeno y Oxígeno) fácilmente, y podría provocarse porosidad en el colado. (40)

Por último, nunca deben los colados decaparse con ácidos, como las aleaciones de Oro, ya que los ácidos usados con éste fin atacan al Paladio de la superficie de la aleación, por lo que disminuye su porcentaje, y queda así disminuida su resistencia a la corrosión y deslustre. (4)

2.9.3. VARIABLES EN EL COMPORTAMIENTO. La dureza, elongación, resistencia traccional y resistencia a la fluencia, varían de acuerdo a las condiciones de enfriamiento de la aleación después de ser colada o al tratamiento térmico que se le dé posteriormente. (4)

Si la aleación contiene Cobre, forma solución sólida de una sola fase y no puede endurecerse térmicamente, pero tiene una mayor resistencia al deslustre y corrosión.

Si contiene Cobre, este provoca la formación de una segunda fase, lo que aumenta la posibilidad de corrosión; pero por otra parte, facilita la fusión con soplete de gas y aire.

(7) (4)

Cuando deseamos bruñir márgenes en incrustaciones o puentes es conveniente que la aleación esté en condición "blanda", y una vez logrado nuestro objetivo, hacer el tratamiento térmico "endurecedor".

2.9.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS. Las ventajas de la aleación Plata-Paladio son:

- a) Buenas propiedades físicas, similares al Oro tipo III y IV.
- b) Más económicas que las de Oro.
- c) Menor densidad (más ligeras) que las de Oro.
- d) Posibilidad de tratamiento térmico.
- e) Buena precisión de colado.
- f) Resistencia a la corrosión y deslustre.

Las desventajas de la aleación Plata-Paladio son: En lo que respecta a desventajas, la única que mencionan algunos connotados investigadores, es que la exactitud de los colados es un poco inferior a la que se logra con las aleaciones basadas en oro. Por otra parte, existen los siguientes riesgos:

- a) Posibilidad de contaminación por carbono en el revestimiento,
- b) Pigmentación por manipulación inadecuada. (4)

2.9.5. USOS. Se emplea para elaborar incrustaciones, coronas, prótesis parcial fija, espigas intrarradiculares.

2.10. ALEACIONES PALADIO - PLATA.

2.10.1. COMPOSICION. El elevado porcentaje de paladio que contiene aproximadamente 60% provoca que el rango de fusión sea elevado, da nobleza a la aleación con la consiguiente resistencia a la pigmentación y corrosión. Además proporciona adecuadas características clínicas funcionales. (4)(7)

La plata alcanza un porcentaje de 30% y el resto de elementos agregados son: Zn, In ó Sn, que aumentan la fluidez de la aleación al momento de vaciarse.

2.10.2. PROPIEDADES FISICAS. Las propiedades físicas de estas aleaciones son generalmente, adecuadas. El módulo de elasticidad es alto, lo que les da la rigidez necesaria para resistir fuerzas masticatorias sin combarse, lo que provocaría fractura y desprendimiento de la porcelana.

Tienen una dureza no excesiva, lo que permite bruñirles sin mucha dificultad. La resistencia traccional y a la fluencia también son apropiadas, y la fuerza de unión con la porcelana es excelente. Son además susceptibles de ser soldadas y de responder al tratamiento térmico.

Tienen una densidad baja que las distingue de las aleaciones de oro. (4) (5)

2.10.3. MANIPULACION. Cada fabricante provee su producto con un instructivo de los pasos a seguir. Algunas particularidades que deben tenerse presentes son:

a) Se recomienda usar soplete gas-oxígeno con boquillas de regadera.

b) Precalentar el crisol sobre el cual se coloca la aleación.

c) No usar fundente.

d) Cuidar de no sobrecalentar la aleación.

e) Algunos fabricantes afirman que su producto puede ser decapado con ácido, otros recomiendan no hacerlo, sino sólo limpiar el colado con el arenador y con ultrasonido. (4)

f) Durante el proceso de horneado de la porcelana, con algunos productos se ha observado que aparece una coloración verdosa principalmente a nivel cervical. Esto se debe a oxidación de la plata contenida en la aleación. Para evitar esto, es recomendable colocar una pastilla de carbón activado en el mufla donde se hace la cocción de la porcelana sobre la aleación.

El carbón absorbe el oxígeno presente y evita el problema de la pigmentación. (4) (7) (5)

2.10.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS. Su costo significativamente más bajo lo ha hecho ampliamente usado en vez de las aleaciones de metal precioso.

(15)

Las buenas propiedades físicas y unión con la porcelana, así como su biocompatibilidad, pueden considerarse como ventajas de este sistema de aleaciones.

Como desventaja podríamos considerar el probable cambio de la porcelana, si no se tienen las debidas precauciones.

(4) (15)

2.10.5. USOS. Por su temperatura de fusión más elevada, sirven para trabajos de porcelana fundida sobre metal, ya sean coronas Veneer individuales, ó prótesis fija de varias unidades.

(4) (15)

2.11. ALEACIONES PLATA - ESTAÑO.

2.11.1. COMPOSICION. Su composición ha permanecido "relativamente secreta" ya que los fabricantes no dan datos completos en sus productos, y casi no hay trabajos de investigación publicados acerca de ellas.

De cualquier manera basándose en sus propiedades físicas es posible deducir información del porcentaje de los elementos que los componen.

Obviamente los distintos productos de los numerosos fabricantes, difieren un poco unos de otros, pero el siguiente podría ser el rango típico de composición química:

Plata	70 - 85%
Estaño	10 - 25%
Cobre	5 - 10%
Cinc	0 - 2%

Plata y Estaño pueden formar en la aleación, un compuesto intermetálico Ag_3Sn . Los compuestos intermetálicos tienen como característica ser duros, por lo tanto frágiles. Tal vez debido a esto, algunos trabajos elaborados con estas aleaciones tienen poca resistencia de borde, fracturándose con cierta facilidad.

El Cobre puede aumentar la resistencia a la aleación, y el Cinc facilita la fundición reduciendo el rango de fusión, y podría favorecer la eliminación de óxidos. (4)

2.11.2. PROPIEDADES FISICAS. La falta de nobleza ocasiona escasa resistencia a la pigmentación, por lo que comúnmente, la aleación toma un color grisáceo o negro después de algún tiempo en la cavidad oral.

(15)

Por lo tanto su resistencia a la corrosión y pigmentación es baja, ya que al cabo de poco tiempo de uso clínico, e inclusive antes de cementarse en boca, ya han perdido brillo y posteriormente se ponen oscuras. (4)

La dureza es variable siendo algunos productos similares al Oro lipo II otros, al lipo III y hasta el lipo IV. Esto puede deberse a la formación de compuestos intermetálicos, principalmente entre Plata y Estaño pero al mismo tiempo, la dureza lograda provoca cierta fragilidad, y las incrustaciones elaboradas con productos duros, resultan fracturables en márgenes delgados. Evidentemente, las más blandas son más fáciles de bruñir y tienen una elongación mayor. Por otra parte, los productos blandos pueden perder anatomía oclusal por deformación o por desgaste. (5)

La temperatura de fusión es baja, entre 400 a 700°C.

2.11.3. MANIPULACION. Se hace el encerado y el revestido convencionales, con revestimiento aglutinado con yeso. El desencerado igualmente, pero dejando enfriar un poco el cubilete antes de colar, para que esté un poco por debajo de la temperatura de fusión de la aleación.

Se usa soplete de aire-gas, y puede utilizarse flux (Bórax) para evitar oxidación al fundir. El colado no se decapa con ácidos, sólo se limpia y se hacen ajustes con baja velocidad con piedra de alúmina. Al final se pule con óxido de Estaño o de Hierro. (Rouge ó Rojo Inglés).

2.11.4. VENTAJAS. Bajo costo y fácil manipulación.

2.11.5. DESVENTAJAS. A veces desgaste por ser blando, fragilidad en bordes marginales, pigmentación, no se puede soldar. Poca resistencia a la corrosión. (4)

2.11.6. INDICACIONES. La única indicación de estas aleaciones sería para incrustaciones destinadas a permanecer poco tiempo en boca, por ejemplo, en Odontopediatria. Es posible que las aleaciones enriquecidas con metales nobles puedan emplearse con mayor seguridad, aunque hasta ahora, no hay reportes clínicos que avalen su éxito clínico a largo plazo.

2.11.7. CONTRAINDICACIONES. Nunca deben elaborarse prótesis fijas con ellas, por su baja resistencia a la fluencia, y además en caso de tener que soldarse, la junta sería muy débil y propensa a corroerse. (5)

2.12. ALEACIONES COBRE - ALUMINIO

2.12.1. COMPOSICION. Contienen, en promedio, 88% de Cobre, 9% de Aluminio, y pequeños agregados de Níquel, Cinc, Estaño y Silicio.

2.12.2. PROPIEDADES FISICAS. Por sus propiedades físicas deficientes, estos productos son inadecuados para emplearse en la cavidad oral. La inmensa mayoría de investigaciones al respecto demuestran una marcada tendencia a ser corroidas, y además, los procesos de soldadura son complicados y las uniones resultantes son débiles.

Si consideramos por otra parte, que son metales no nobles y que hay muchas probabilidades de que los pacientes tengan en boca aleaciones diferentes, como amalgamas, o colados de metales nobles, es en tal caso gran riesgo emplearlas, ya que fácilmente se originaría corrientes galvánicas intraorales, con las consecuentes molestias para el paciente, y corrosión acelerada. La aleación cobre-aluminio sería anódica en relación a otra aleación noble, la cual sería catódica. En poco tiempo comenzaría a disolverse la aleación no-noble, liberando iones metálicos.

En resumen, el uso de estos productos es poco recomendable en Odontología. (40)

2.12.3. MANIPULACION. Se realiza el encerado convencional. Deberá usarse revestimientos fosfatados de alta temperatura, siguiendo instrucciones del fabricante en cuanto relación polvo/líquido. (20) (30)

Sin embargo algunos técnicos han utilizado exitosamente revestimientos tipo cristobalita. (30)

El desencerado se realiza elevando la temperatura gradualmente hasta alcanzar 650°C durante 30 min. (30)

Se utiliza soplete oxígeno-propano ó gas natural para la aleación Mirage de la Compañía Jensen (30) y para la aleación Etalloy "Liga Dorada" de la Compañía Etal se recomienda soplete gas-aire o acetileno-oxígeno. (20)

Se precalienta el crisol. (30) Se coloca la aleación calentándose hasta que los lingotes se hundan. No esperar a que el metal se vuelva líquido (no tomará forma esférica, ni se pondrá brillante).

Pula con Tripoly y Rojo Inglés, nunca use agente limpiadores que contengan amonía. (20)

III PIGMENTACION

Hay que establecer una diferencia entre pigmentación y corrosión. Aunque hay una diferencia técnica definida, clínicamente resulta difícil distinguir los dos fenómenos, y en la literatura dental estos términos suelen ser equivalentes. (17)

La pigmentación y la corrosión en ciertos grados pueden provocar la pérdida de las propiedades estéticas y alterar las propiedades físicas de la restauración. (18)

3.1. DEFINICION.

Es el cambio de color superficial del metal o aún una leve pérdida o alteración del lustre o terminación superficial. (19) Esto es a causa de la formación de productos de reacción objetables sobre la superficie de una aleación. (20)

3.2. CAUSAS.

En la cavidad bucal, la pigmentación se origina de los depósitos duros y blandos sobre la superficie de la restauración. Los cálculos son los principales depósitos duros, y su color varía del amarillo claro al pardo. Cuanto mayor es el tiempo que permanecen sobre la superficie más oscuro se tornan. Su color también varía según la higiene bucal del paciente, (21) (22) y son especialmente oscuros en bocas de fumadores empedernidos. (23)

Los depósitos blandos se componen de placa y películas compuestas de microorganismos y mucina. La pigmentación o cambio de color nace de las bacterias productoras de pigmentos, (24) (25) (26) drogas que contienen productos químicos como el Hierro o Mercurio, y residuos de alimentos absorbidos. Estos depósitos blandos y duros, y por consiguiente, la pigmentación y el deslustre, se hallan en toda la boca, pero tienden a ser mayores en superficies protegidas contra la acción abrasiva de los alimentos y el cepillo dental. (27)

El grado de deslustre, pigmentación y cambio de color parece depender en gran medida del medio bucal del individuo y de la aleación que se emplee. (28)

Las variantes en la cavidad oral como lo son: dieta, composición de la saliva, pH; pueden ser factores que contribuyen significativamente en el desarrollo de la pigmentación. (29)

La pigmentación de restauraciones metálicas causada por óxido, sulfuros o cualquier otra reacción superficial, es una característica crítica de estas restauraciones dentro de la cavidad oral. (8) Aunque estas películas delgadas de óxidos, sulfuros o cloruros, pueden llegar a ser protectoras. Sin embargo, por lo común, es el primer paso que lleva a la corrosión. (9)

El azufre es de manera probable el elemento más importante en la aparición de la pigmentación en la superficie de las aleaciones coladas que contienen Plata; también el cloruro contribuye al mismo fenómeno. (9)

IV CORROSION

4.1. DEFINICION.

La corrosión puede definirse como una reacción química entre el metal y su entorno para formar compuestos metálicos. (10) (11) (12) (13) Con frecuencia, sobre todo en superficies sujetas a tensión, con impurezas intergranulares en el metal o con productos corrosivos que no cubren de forma completa el sustrato metálico, el grado de ataque de corrosión puede incrementarse con el tiempo y así causar una grave desintegración del metal. (14) Además, el ataque localizado de la corrosión puede causar falla mecánica de la estructura a pesar de que la pérdida de material sea bastante pequeña. (15) (16) (17)

4.2. CAUSAS.

Esta desintegración del metal puede producirse por acción de la humedad, la atmósfera o soluciones ácidas o alcalinas, y determinados productos químicos. La pigmentación suele preceder a las corrosiones más pronunciadas. La película que se deposita da lugar a la pigmentación forma ó acumula, con el tiempo, elementos o compuestos que atacan químicamente la superficie del metal. El huevo, y otros alimentos contienen cantidades importantes de azufre. Diversos sulfuros, como el sulfuro de hidrógeno o de amonio, corroen la Plata, el Cobre, el Mercurio y metales similares presentes en las aleaciones y amalgamas dentales.

El agua, el oxígeno y los iones de cloruro están presentes en la saliva y contribuyen al ataque de la corrosión. A veces también están presentes ácidos como el fosfórico, el acético y el láctico. En concentración adecuada y según el pH, estos elementos pueden conducir a la corrosión.

4.3. CLASIFICACION DE LA CORROSION.

El fenómeno exacto de la corrosión es complejo y no se conoce a fondo. Cuanto menos homogéneo sea el metal y más complejo el medio circundante, más complicado será el proceso de corrosión. La composición, el estado físico y el estado de la superficie del metal, así como los componentes químicos del medio - sus fases y concentraciones - determinan la naturaleza de las reacciones de corrosión. Otras variables importantes que

afectan al proceso de corrosión son la temperatura, la fluctuación de la temperatura, el movimiento o circulación del medio en contacto con la superficie metálica, y la naturaleza y solubilidad de los productos de la corrosión.

Por lo general, hay dos clasificaciones generales de las reacciones de corrosión. Una es la corrosión química en la cual hay una combinación directa de elementos metálicos y no metálicos. A ella corresponden las reacciones de oxidación, halogenación y sulfuración. (a) (a) El cambio en el color de la Plata por acción del azufre es un buen ejemplo de estos. La formación de Ag_2S en esta reacción es corrosión química. El sulfuro de plata es el principal producto de corrosión de las aleaciones dentales de Oro que contienen Plata. Dicha corrosión de las aleaciones se denomina corrosión "seca" debido a que ocurre en ausencia de agua o de otros electrolitos. (a)

La corrosión química rara vez se presenta aislada y casi siempre se acompaña de un segundo tipo de corrosión llamada corrosión electrolítica o electroquímica. (a) (a) A este tipo se le denomina también corrosión "húmeda" debido a que requiere de un electrolito líquido o agua. También requiere un camino para el transporte de electrones; es decir, una corriente eléctrica si el proceso debe continuarse. La cavidad bucal es un medio húmedo, por ello nuestro análisis se referirá ante todo a la corrosión húmeda.

4.3.1. CORROSION ELECTROLITICA. La corrosión electrolítica forma una celda que se compone de cuatro elementos, como se ilustra en la fig. 13.

1o. El ánodo es la superficie donde se forman los iones positivos: esto es, la superficie del metal la cual se corroe. La reacción puede describirse como:



Obsérvese que se producen electrones libres, por esto algunas veces se denomina reacción de oxidación.

2o. El cátodo ocurre en una reacción que consume los electrones libres producidos en el ánodo. Existen numerosas posibilidades y dependen del medio circundante del electrolito. Por ejemplo los iones hidrógeno pueden convertirse en hidrógeno gaseoso o iones hidróxido:



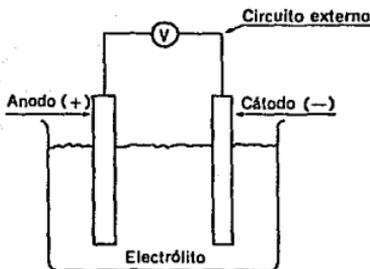


Fig. 13.- Diagrama de una celda electroquímica.

Todos estos procesos se denominan reacciones de reducción.

3o. El electrolito da los iones necesarios en el cátodo y extrae los productos de corrosión que se presentan en el ánodo.

4o. El circuito externo sirve de camino de conducción para llevar electrones (la corriente eléctrica) del ánodo al cátodo. Si se coloca un voltímetro dentro de un circuito, podrá medirse una diferencia de potencial eléctrico, llamado voltaje (V). Cabe señalar que esta celda electroquímica es en un principio una batería, porque el flujo de electrones en el circuito externo puede iluminar un foco en una forma brusca o producir una sensación fisiológica, como dolor.

Para que la corrosión electroquímica sea un proceso continuo, la producción de electrones por la reacción de oxidación en el ánodo debe ser balanceada de manera exacta para el consumo de electrones en la reacción de reducción en el cátodo. Esta, es una consideración muy importante al estimar la gravedad del proceso de corrosión y con ella puede reducirse o eliminarse la corrosión. (88)

El fundamento de toda explicación de la corrosión electroquímica es, necesariamente, la serie de fuerza electromotriz (FEM). (12) (38) Esta clasificación es el ordenamiento de los elementos por su tendencia a la disolución. Los valores del potencial se calculan para los elementos en soluciones que contienen un peso atómico, en gramos, de iones en 1,000 gramos de agua a 25°C. Estos potenciales patrones se consideran como el voltaje de pilas electroquímicas en las cuales un polo es el electrodo Hidrógeno (ecuación 3), establecido arbitrariamente como de valor cero, y el otro es el electrodo indica la polaridad de esa pila. En el cuadro 1 figura una serie de elementos de utilidad para el odontólogo.

Metal	Ion	Potencial de electrodo (volts)
Oro	Au ⁺	+1.50
Oro	Au ⁺⁺⁺	+1.36
Platino	Pt ⁺⁺	+0.86
Paladio	Pd ⁺⁺	+0.82
Mercurio	Hg ⁺⁺	+0.80
Plata	Ag ⁺	+0.80
Cobre	Cu ⁺	+0.47
Bismuto	Bi ⁺⁺⁺	+0.23
Antimonio	Sb ⁺⁺⁺	+0.10
Hidrógeno	H ⁺	0.00
Plomo	Pb ⁺⁺	-0.12
Estaño	Sn ⁺	-0.14
Níquel	Ni ⁺⁺	-0.23
Cadmio	Cd ⁺⁺	-0.40
Hierro	Fe ⁺⁺	-0.44
Cromo	Cr ⁺⁺	-0.56
Cinc	Zn ⁺⁺	-0.76
Aluminio	Al ⁺⁺⁺	-1.70
Sodio	Na ⁺	-2.71
Calcio	Ca ⁺⁺	-2.87
Potasio	K ⁺	-2.92

CUADRO I. SERIE ELECTROMOTRIZ DE LOS METALES.

La misma serie puede denominarse serie de potencial de electrodo o de potencial de oxidación. En ese caso, los signos estarían invertidos. Por ejemplo, el Potasio sería +2.92, y el oro -1.50. Esta designación de signos guarda conformidad con la termodinámica e indica la propensión de los elementos a ceder electrones (oxidación) y entrar en la solución como iones positivos. En una pila completa, el metal que cede sus electrones del circuito externo es el cátodo. Independientemente de los signos que lleven, el metal más activo es el ánodo y el metal más noble es el cátodo, cuando tenemos un electrólito común.

Así, según esta teoría, si se sumergen dos metales en un electrólito y se conectan mediante un conductor eléctrico se forma un par eléctrico. Con los signos establecidos en el cuadro I, el metal de menor potencial de electrodo entra en la solución (el potencial de electrodo y de solución sólo se corresponden cuando los signos están invertidos). La resistencia y la dirección de la corriente dependen del potencial del electrodo de cada metal.

Señalemos que la posición relativa de cualquiera de los elementos de la serie no sólo depende de las tendencias inherentes de la solución, sino también de la eficacia de la concentración iónica de los elementos presentes en el medio. A medida que la concentración iónica de los elementos se eleva en el medio, decrece la tendencia a la disolución que tienen los elementos.

A pesar de que en teoría la serie de fuerza electromotriz (FEM) o series galvánicas dan información acerca de la posibilidad de una reacción de corrosión, en un caso real no podrá predecirse la ocurrencia ni la extensión.

Este aumento del contenido metálico en el medio puede impedir, por último, la prosecución de la corrosión. Por lo general, los metales dejan de corroerse porque el medio inmediato se satura de iones de los metales. Eso no es lo habitual en las restauraciones, porque los iones en disolución son barridos por los elementos, los líquidos y el cepillo dental. Por ello, la corrosión continúa. (99)

4.3.1.1. Corrosión electrolítica en relación con la cavidad bucal. La corrosión electrolítica tiene gran importancia y suele asociarse con la corrosión química; se analizará por lo tanto la cavidad bucal.

Siempre que este presente un electrólito es factible que haya cuatro clases generales de corrosión electrolítica, y todas ellas pueden producirse en la cavidad bucal, en cierta medida, porque la saliva y las sales que contiene son un electrólito débil. (99) Las propiedades electroquímicas de la saliva dependen de su composición, de la concentración de sus componentes, de pH, (99) de la tensión superficial y del poder regulador. Todos estos factores influyen en la resistencia de cualquier electrólito, y por ende, en la magnitud de la corrosión. (99)

El pH de los líquidos orales puede variar de pH 4 a pH 8.5 lo que va de un margen levemente ácido a otro levemente alcalino. Los refrescos muy ácidos y el uso de detíficos que contienen yeso amplían los límites desde un final más bajo de pH 2 hasta 11. Es posible que un material sea estable a valores de pH neutros, pero que se erosione rápidamente con los valores extremos de acidez o alcalinidad. Esto explica en parte por qué algunos materiales funcionan bien en unos pacientes pero se comportan deficientemente en otros. (99)

En un medio de corrosión húmedo, en el cual el metal reemplaza al hidrógeno u otro metal de un compuesto, se producen dos reacciones simultáneas en la superficie del metal. Los iones metálicos entran en la solución y los iones de hidrógeno salen de la solución. Sin embargo, dado que los iones tienen dimensiones, es obvio que las dos reacciones no se producen en el mismo punto. Debe haber dos zonas independientes, una donde se disuelve el metal (anódica) y otra donde se descargan los iones hidrógenos (catódica). Al postular esto hay que suponer que la interfase entre metal y su medio no es enteramente homogénea. En otras palabras, hay dos tipos de interfase entre el metal y el medio, en las cuales existen diferentes tendencias a la corrosión. En la práctica, es más prudente dar por supuesto que no hay metales o superficies perfectamente homogéneos, y aunque los hubiera son muy remotas las posibilidades de que su medio fuera igualmente homogéneo.

Por todo ello, los tipos de corrosión electrolítica se basan en los mecanismos que producen estas zonas no homogéneas, y en consecuencia, en la acción de par eléctrico. (99)

4.3.1.2. Metales diferentes o dispares. El primer tipo de corrosión electrolítica es el que se encuentra en combinaciones diferentes o dispares. es lo que sucede cuando en la boca hay dos restauraciones cuyas superficies metálicas son diferentes desde el punto de vista químico. Las combinaciones metálicas capaces de producir electrogalvanismo o "corriente galvánica" pueden hallarse en contacto intermitente, o no.

En Odontología es bien conocido el efecto del "choque galvánico". Supongamos que una restauración de amalgama, se halla en la superficie oclusal de un diente inferior cuyo antagonista directo es una incrustación de oro. Como las dos restauraciones están bañadas por saliva, existe un par eléctrico y entre las dos se establece una diferencia de potencial. (10) La amalgama puede formar el ánodo de una pila eléctrica y por tanto corroerse. (12) Este caso es el esquematizado en la fig. 14 cuando las dos obturaciones se ponen en contacto, se produce un corto circuito entre ambas aleaciones. El resultado es un dolor agudo. Se observa un efecto similar si se toca una incrustación de Oro, o un orificio con un tenedor de Plata y al mismo tiempo se toca el tenedor con la lengua. (10)

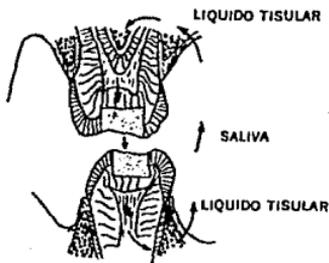


Fig. 14.- Posible trayectoria de una corriente eléctrica en la boca.

Cuando dos dientes no están en contacto, sigue existiendo la diferencia de potencial eléctrico o fuerza electromotriz entre las dos obturaciones. También hay un circuito. La saliva es el electrolito y los tejidos duros y blandos constituyen el circuito externo. La resistencia del circuito externo es considerable en comparación con el que se establece al entrar en contacto las dos obturaciones.

Las corrientes eléctricas medidas en estas condiciones entre restauraciones de Oro y amalgama en la misma boca, sin que haya contacto son de 0.5 a 1 microamperio, o una fuerza electromotriz correspondiente a unos 500 milivoltios. (98) Estas corrientes son algo mayores cuando los metales presentes son diferentes, pero también se producen cuando los metales de las restauraciones son similares, los cuales nunca son semejantes a la composición o estructura de la superficie. La presencia de elevada electronegatividad de metales como el Al, acero y otros similares; en contacto con algunos metales nobles cuya electropositividad es elevada puede resultar en una producción de microvoltaje elevada y finalmente corrosión. (99) Incluso cuando hay una sola restauración metálica hay corriente, si bien de menor intensidad. En la restauración única, la pila se crea entre los dos electrólitos, que son la saliva y el líquido tisular. El término "líquido tisular" se usa para denotar la dentina, tejidos blandos y sangre que proporcionan los elementos para completar el circuito externo.

Aunque la magnitud de estas corrientes decrece algo con el tiempo, permanece indefinidamente con valores cercanos a los citados. La importancia clínica de estas corrientes, además de su influencia sobre la corrosión se explicará más adelante. (100)

4.3.1.3. Composición heterogénea. Un segundo tipo de corrosión electrolytica se debe a la composición heterogénea de la superficie del metal. Las aleaciones eutéctica y peritética son ejemplo de esta corrosión. Ya se ha afirmado que la resistencia a la corrosión de estas aleaciones es menor que la de solución sólida. Cuando se sumerge en un electrólito una aleación que contiene una eutéctica, los granos metálicos con menor potencial de electrodo son atacados y se produce la corrosión. Asimismo, en una solución sólida toda estructura nucleada tiene menor resistencia a la corrosión que la estructura homogeneizada, debido a la diferencia de potencial de electrodo, causada por la segregación y la variación de la composición entre dendritas individuales. Incluso una solución sólida homogeneizada es algo susceptible a la corrosión a causa de la diferencia de estructura entre los granos y sus límites. Los límites de los granos actúan como ánodos y el interior de los granos como cátodo. Esto origina la corrosión del material en la región del ánodo en los límites de los granos.

También se corroen las uniones soldadas debido a la falta de homogeneidad en la composición de la combinación de aleación-soldadura. (101) En este caso, es más fácil que haya corrosión por los efectos combinados de metales dispares y la diferencia de composición de la aleación y la soldadura.

Las impurezas de toda aleación fomentan la corrosión. Por lo común, se acumulan en los espacios intergranulares, que por sí mismos son más susceptibles a las agresiones por

hallarse en estado de tensión. El potencial de las impurezas, como la contaminación del mercurio en el Oro, es diferente del de los granos propiamente dichos. Los metales puros se corroen con mayor lentitud que las aleaciones, pues hay menos probabilidad de que haya impurezas o fases secundarias que actúan como células de electrodos dispares de tamaño microscópico.

4.3.1.4. Superficie no homogénea. Un tercer factor que produce corrosión electrolytica es la presencia de una superficie no homogénea. Un caso común en que se da este tipo de corrosión es la restauración de amalgama con zona no pulida.

Este tipo se halla fundamentalmente asociado a un estado de tensión de la aleación o el metal. Incluso si un metal puro no se somete previamente a fuerzas externas, siempre habría una cierta cantidad de tensión. Los límites de los granos del metal puro son químicamente atacados con mayor intensidad que los granos propiamente dichos, debido a la deformación reticular, lo que produce un estado de tensión. (88)

Por supuesto, todo trabajo en frío de una aleación por medio del doblado, bruñido o martillado localiza tensiones en algunas partes de la estructura, como zonas de dislocación de tensiones. (8) (6) (12) (88) Así se forma un par constituido por el metal tensionado, la saliva y el metal no tensionado. Las zonas tensionadas serán disueltas con mayor facilidad por el electrolito. Esta es una de las razones por lo que el bruñido innecesario de los márgenes de restauraciones metálicas está contraindicado.

4.3.2. CORROSION POR TENSION. La causa de los efectos corrosivos de la tensión y la corrosión sobre la mayor parte de los aparatos dentales es el desgaste del metal relacionado con un medio corrosivo. El retiro y la colocación repetidos de una prótesis parcial, por ejemplo, generan tensiones intensas en ciertos tipos de aleaciones, especialmente en los espacios intergranulares. Junto con un medio bucal que favorece la corrosión, el aparato tensionado experimenta corrosión por tensión. (88) Las pequeñas irregularidades en este punto como una muesca o fosa, aceleran el proceso de manera que la fatiga común comienza por debajo del límite normal y se producen fallas. La corrosión por tensión se caracteriza por el hecho de que la fractura se localiza en los límites de los granos. (8) (12) (88)

4.3.3. CORROSION POR CONCENTRACION DE PILAS. El cuarto tipo de corrosión electrolytica es la llamada corrosión por concentración de pilas. Es la que aparece cuando hay variaciones en los electrolitos o en la composición de un determinado electrolito dentro del sistema. Por ejemplo, es

frecuente que se acumulen residuos de alimentos en zonas interproximales de los dientes, sobre todo si la higiene es mala. Estos residuos producen un tipo de electrólito en esa zona y la saliva proporciona otro electrólito en la superficie oclusal. Por consiguiente, se produce corrosión. (12) (88)

Un ataque similar es el generado por las diferencias de tensión de oxígeno entre partes de una misma restauración. Se establece una pila con mayor actividad en torno a zonas que contienen la menor cantidad de oxígeno. (12) (88) Las irregularidades, como concavidades, contribuyen a la aparición de este fenómeno. Las partes del fondo de las concavidades de la superficie carecen de oxígeno, porque se hallan cubiertas de residuos de alimentos y mucinas. El material del fondo de la concavidad se convierte en ánodo y el de la periferia en cátodo, como se esquematiza en la fig. 15. De esta manera, los átomos de metal de la base de la concavidad se ionizan y entran en solución, profundizando la concavidad. La velocidad de esta corrosión es rápida, y la falla puede presentarse mucho antes de lo previsto si se considera el ataque a una superficie uniforme. (89)

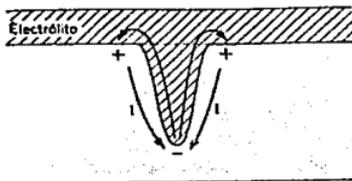


Fig. 15.- Una concavidad de corrosión es en realidad una pequeña pila de corrosión. El material del fondo actúa como ánodo y el del reborde de la concavidad actúa como cátodo. La corriente iónica fluye a través del electrólito y la corriente electrónica a través del metal.

4.4. PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN.

4.4.1. ELECCIÓN DE LA ALEACIÓN. Las aleaciones que permanecen largo tiempo en la boca deben ser a) nobles y b) pasivas.

a) Los metales nobles son el Oro, el Platino y el Paladio. Las aleaciones dentales de Oro contienen algo de Cobre, que tiene una resistencia a la corrosión más pobre; sin embargo, tales aleaciones deben contener por lo menos un 70 - 75% de metales nobles. (12)

Las aleaciones cuyo contenido de un metal noble es inferior de 65% suelen experimentar pigmentación y deslustre. Por esta razón, se estima que por lo menos la mitad de los átomos de una aleación dental debe ser de Oro con Platino y Paladio, para asegurar la resistencia a la corrosión. Sin embargo, es posible aumentar dicha resistencia con incorporar Platino a la aleación. Por determinadas fórmulas es factible reducir el contenido de metales nobles quizá 50 ó 55%. (si, para evitar la corrosión se utilizan metales nobles es importante que los más activos componentes de la aleación se dispersen de manera uniforme solución sólida al azar).

La formación de una segunda fase, rica en metal activo, producirá una pila galvánica de corrosión. (13)

b) Las aleaciones pasivas, como las que contienen Cromo, son ampliamente usadas en Odontología. Ejemplo: Acero Inoxidable, Cromo-Cobalto y Cromo-Niquel.

4.4.2. UTILIZACION DE UNA ALEACION. Además de elegir los mejores materiales, las aleaciones deben usarse correctamente y las situaciones propensas a producir corrosión (por metales diferentes o dispares) deben evitarse en lo posible. (12)

4.4.3. PROYECCION CONTRA LA CORROSION. Para prevenir la corrosión, puede aplicarse una capa de un metal noble sobre un segundo metal. El material de protección debe ser menos activo que el metal base; es decir, el material de protección debe ser catódico respecto del metal de base. Aunque el Oro y la Plata se han usado como protectores, puede usarse cualquier metal, siempre que sea menos activo que el metal que se desea proteger.

Si se aplica un colado de metal noble a una superficie de metal de base y se resquebraja o perfora a una profundidad que queda expuesto el material de base, éste se corroerá rápidamente. Esto ocurre, por supuesto, debido a que se forman pilas de electrodos dispares entre el metal de base expuesto y el metal noble que lo cubre.

Los baños o revestimientos, u otros tipos de protecciones orgánicas ó inorgánicas, se comportan como protectores nobles. Nuevamente, toda grieta o rajadura en la capa protectora puede llevar a la rápida corrosión del metal de base. En el caso de corrosión de metales diferentes, puede usarse una pintura o película no conductora que es superior, si se aplica, al más noble de los metales. El grado de corrosión del más activo de

los metales se reducirá debido a que habrá disminuido el área de superficie disponible para la reacción de reducción. Una raspadura en este tipo de cubierta no conducirá a un rápido ataque en el metal activo.

Ciertos materiales forman una capa protectora por oxidación, otros por reacción química y evitan así una mayor corrosión; se dice que tales metales son pasivos.

En la práctica, es una forma de pigmentación y deslustre en la cual la capa que se adhiere, protege al metal subyacente de ulteriores pigmentaciones y corrosiones.

El cromo es el mejor ejemplo de pasividad. Este importante metal no se corroe fácilmente porque ya ha sido corroído con tanta rapidez y uniformidad que la película de producto de corrosión formada no perturba su capacidad de reflexión.

El Aluminio y el litano son otros metales cuya pasividad han encontrado aplicación en Odontología.

Los metales nobles resisten la corrosión debido a que su fuerza electromotriz (FEM) es positiva con respecto a cualquiera de las reacciones de reducción comunes en el medio bucal.

Para corroer un metal noble bajo dichas condiciones se tendría que imponer una corriente externa (sobrepotencial).

Además de la composición adecuada de la aleación propiamente dicha, es importante tomar en consideración el estado de la superficie de la restauración. Antes de despedir al paciente, hay que alisar y pulir la superficie de la restauración. Este tipo de superficie no sólo conviene desde el punto de vista estético, sino también reduce la corrosión ulterior. Una superficie lisa y pulida facilita la limpieza y disminuye la acumulación de residuos.

Como ya lo hemos mencionado, también es preciso evitar las muescas, fosas y porosidades, ya que constituyen fuentes de tensiones y pueden causar corrosión por tensión. (a)

V GALVANISMO

5.1 DEFINICION - CAUSAS.

La presencia de restauraciones metálicas en la boca, pueden causar el fenómeno llamado: acción galvánica o galvanismo. Esto resulta de una diferencia de potencial entre las diferentes aleaciones en oposición o diente antagonista. Estas aleaciones en contacto con saliva ó fluidos tisulares como electrolitos, generan una celda electrolítica.

Quando dos aleaciones opuestas entran en contacto, y si el fluido de la corriente se presenta sobre la pulpa; éste será un estímulo doloroso para esta última. «1» Además de que el paciente experimenta dolor, se presenta corrosión de la restauración más anódica. «2» «3»

Una restauración en la cavidad bucal, saliva y fluido tisular constituyen una celda electrolítica. Los iones capaces de conducir electricidad pueden fácilmente migrar a la dentina y alrededor de los márgenes de la restauración. «4»

5.2 DOLOR GALVANICO.

La magnitud de voltage, de cualquier modo no es de importancia primaria. Datos sustentados demuestran que la influencia primordial de estas corrientes radica sobre la sensibilidad del paciente para presentar reacción dolorosa a tal estímulo. Algunos pacientes pueden presentar dolor a 10 Mamp (miliampares) mientras que otros no lo presentan hasta 110 Mamp; la mayoría de los pacientes experimentan dolor a niveles entre 20 y 50 Mamp. Esta es una posible explicación sobre la respuesta ante la acción galvánica de diferentes pacientes, en condiciones similares en la cavidad bucal.

Aunque el dolor posoperatorio originado en el choque galvánico no es común en la práctica dental, llega a ser una fuente de gran molestia en alguno que otro paciente. Este dolor posoperatorio aparece inmediatamente después de colocar la nueva restauración, y por lo general, va disminuyendo hasta desaparecer a los pocos días. Se afirma que el dolor no dura indefinidamente porque se forma una capa de pigmentación y deslustre sobre la restauración o porque la base, como el cemento de óxido de cinc y eugenol, mejora sus propiedades de aislamiento a medida que su fraguado progresa. Sin embargo, se comprobó que estas corrientes persisten en restauraciones muy nuevas y antiguas, y que la base de cemento no es buen aislante de la energía eléctrica. Es más posible que sea el estado fisiológico del diente el principal factor causal del dolor generado por esta corriente. Una vez que el diente se repone de la lesión causada por el tallado de la cavidad y vuelve a un

estado fisiológico de mayor normalidad, la misma magnitud de corriente ya no produce respuesta.

En práctica, cubrir la superficie externa de la restauración con un barniz parece la mejor manera de eliminar o reducir el choque galvánico. En tanto el barniz perdure, la restauración se halla aislada de la saliva y no se establece circuito alguno. Cuando el barniz se desgasta, la pulpa por lo general se ha recuperado lo suficiente para que no haya manifestaciones de dolor. Como recurso aceptable se aconseja el pulido de toda superficie corroida de las obturaciones de amalgama. Es posible que la superficie más homogénea creada por el pulido reduzca la magnitud de la corriente.

Por otra parte, y mientras la situación no se aclare en forma definitiva, el procedimiento conservador sería evitar situaciones que causaran un cuadro exagerado. Estaría contraindicada, la colocación de una obturación de amalgama en contacto directo con una incrustación de oro. El mercurio liberado de la amalgama en corrosión (el ánodo) se alea con la aleación de oro (el cátodo) y la debilita. Probablemente ambas restauraciones cambiarán de color. Además, nocivo o no, siempre habrá sabor metálico después de este procedimiento y puede llegar a persistir indefinidamente.

Las corrientes galvánicas desarrolladas del contacto de dos restauraciones metálicas dependen de su composición y su área de superficie. Una aleación de Acero Inoxidable desarrolla una densidad de corriente alta que el Oro ó aleaciones de Cobalto-Cromo no lo provocan cuando entran en contacto con una restauración de amalgama.

Como el tamaño del cátodo (como una aleación de Oro) incrementa relativamente a la del ánodo (como una amalgama) la densidad de corriente puede incrementarse. El cátodo asimismo puede acrecentar la corrosión del pequeño ánodo. «»

5.3. IMPORTANCIA CLINICA DE LAS CORRIENTES GALVANICAS.

Se ha comprobado que en la cavidad bucal están continuamente presentes pequeñas corrientes galvánicas asociadas con electrogalvanismo. En tanto se empleen materiales metálicos para restauración dental parece haber pocas probabilidades de eliminar tales corrientes galvánicas. La base de cemento, aunque es buen aislante térmico, sirve poco para disminuir las corrientes que llegan al diente y pasan a la pulpa. Muchos de estos materiales para base son buenos aislantes eléctricos cuando están secos, pero pierden esta propiedad cuando se mojan por causa de la filtración marginal o de la humedad proveniente de la dentina.

Hasta que no se creen técnicas que proporcionen la adaptación perfecta a las paredes cavitarias, la posibilidad de interceptar estas corrientes es muy lejana. Por razones prácticas, la restauración metálica no puede aislarse de los dientes en lo que a electricidad se refiere. Mientras la base de cemento no reduzca apreciablemente la cantidad total de corriente alterará su paso por el diente. En los casos en que la restauración metálica se halla muy cerca de la pulpa, la concentración de corriente y la estimulación pulpar se reducirá un poco con sólo colocar un material de base de conductividad más baja en la parte más profunda e la restauración.

VI MATERIAL Y METODO

6.1 MATERIAL.

Para dicha investigación se emplearon los siguientes materiales:

- Material para la elaboración de muestras de acuerdo a la Técnica de Cera Perdida.
- Material abrasivo para el pulido metalográfico y convencional de las muestras.
- Soluciones:

No. 1	Ac. Láctico	0.1 M	
	Cloruro de Sodio	0.1 M	(17)
No. 2	Solución Salina	0.9%	
No. 3	Ac. Láctico	14.5%	(18)
No. 4	Agua Bidestilada		
No. 5	Sulfuro de Sodio	0.5%	(19)
No. 6	Ac. Acético	50 %	(19)
No. 7	SALIVA ARTIFICIAL. Según especificación No. 5. ADA.		
	NaCl	0.400 g	
	KCl	0.400	
	CaCl ₂ .H ₂ O	0.795	
	NaH ₂ PO ₄	0.005	
	Urea	1.000	

Agua Bidestilada para elaborar 1000 ml.

- Aleaciones:

Marca: Zeycodent
Cía.: Zeyco
Lote: No reportado por el fabricante.
Fecha de adquisición: 26-XI-91
Lugar de adquisición: Depósito Dental C.U.

Marca: Zeycocast
Cía.: Zeyco
Lote: No reportado por el fabricante.
Fecha de adquisición: 26-XI-91
Lugar de adquisición: Depósito Dental C.U.

Marca: Aleación "W"
Cía.: Wilkinson.
Lote: No reportado por el fabricante.
Fecha de adquisición: 26-XI-91
Lugar de adquisición: Depósito Dental C.U.

Marca: Mirage
Cía.: Jensen
Lote: No reportado por el fabricante.
Fecha de adquisición: 19-III-90
Lugar de adquisición: Universidad de Chapingo.
Donado para investigaciones del
Laboratorio de Materiales Dentales.

Marca: "Liga Dorada"
Cía.: Etal Baker.
Lote: 88/003
Fecha de adquisición: XI-88
Lugar de adquisición: Del fabricante.

Marca: "Liga de Plata"
Cía.: Etal Baker.
Lote: 88/009
Fecha de adquisición: XI-88
Lugar de adquisición: Del fabricante.

6.2. EQUIPO.

Aimismo se empleó el siguiente equipo para el complemento de esta investigación:

Centrifuga (Búfalo)
Horno (Caisa)
Pulidor Metalográfico (Buehler)
Soplete (Búfalo)
Micromotor (Ney)
Equipo modificado Dr. Quintero (Tucillo)
Vibrador
Aparato Ultrasonic
Báscula (OHAUS - GA200)
Mezcladora al vacío.
Computadora (para almacenaje de datos)
Impresora.

6.3. METODO.

Se elaboran patrones de cera según las siguientes dimensiones:

Largo: 10 mm.
Ancho: 5 mm.
Grosor: 1.5 mm.

Posteriormente se prosigió con la técnica de cera perdida. El revestimiento se realiza con la proporción polvo/líquido de 70g/24ml y su mezcla es elaborada en la máquina mezcladora al vacío.

Se desenceraron los cubiletos en el horno hasta alcanzar una temperatura de 650°C partiendo de la temperatura ambiente.

Se finalizó con el fundido y vaciado convencional de las aleaciones.

Después del vaciado se dejaron enfriar los cubiletos y obteniéndose las muestras. Se sumergieron en la solución (Agua Hidestilada) del aparato ultrasonico para su limpieza durante 2 minutos cada vaciado obtenido.

Se prosigió con la etiquetación de los vaciados según las siguientes claves:

MARCA	CLAVE
Zeycodent	A1
Etalloy "Liga de Plata"	A2
Mirage	B1
Etalloy "Liga Dorada"	B2
ZeycoCast	C1
Aleación "W"	C2

6.4. EVALUACION DE FLUORESCENCIA POR REFRACCION DE RAYOS "X".

Para realizar el análisis químico cualitativo de cada aleación empleada, se auxilió de la evaluación de fluorescencia por refracción de Rayos "X".

Por medio de este método se logró conocer los elementos que constituían la aleación de acuerdo a la detección de unas cifras dadas por el aparato. Dichas cifras se localizan en unas escalas ya establecidas, donde a partir de ellas se determinan los elementos que se encuentran en la aleación.

6.5. PRUEBA SEGUN ESPECIFICACION No.5 ADA/ANSI.

Se seccionó una muestra del colado de cada aleación. A dichas muestras se les realizó el pulido convencional y permanecieron en saliva artificial durante 60 días según sugerencia de la ADA en su especificación No. 5, como evaluación de la resistencia a la corrosión y pigmentación de cualquier aleación para uso dental.

Las muestras fueron mantenidas en dicha solución por medio de unos dispositivos de acero inoxidable; para lograr de esta manera la sumersión, evitando que la muestra estuviese en contacto con cualquier superficie del frasco contenedor.

Se prosiguió con el pesaje de cada muestra antes de sumergirse en la solución, y al término del periodo de 60 días se retiraron las muestras de los frascos. Las muestras fueron enjuagadas al chorro de agua y secadas con una perilla de aire. Posterior a ello se obtuvo su peso y se valoraron visualmente por los observadores. Estas diferencias se reportaron.

6.6. MONTAJE DE LAS MUESTRAS EN ACRILICO.

Las muestras restantes de cada aleación se seccionaron del botón del vaciado y se montó cada muestra en acrílico autopolimizable, quedando la muestra de la aleación sobre una superficie externa del acrílico.

Una vez que se obtuvo una superficie totalmente plana de la muestra montada, se prosiguió con el pulido metalográfico.

El pulido metalográfico se realizó auxiliándose de dos materiales: abrasivo dental y agua bidestilada. Estos materiales se colocaron sobre la superficie del fieltro del pulidor metalográfico. Al iniciar la rotación del fieltro, se colocó la muestra montada en acrílico apoyándose suavemente y girándola un cuarto de vuelta hasta obtener una superficie con apariencia de espejo durante 10 minutos cada muestra.

Ya las muestras pulidas se montaron en discos de plástico con 8 cm. de diámetro.

6.7. SUMERSION ALTERNA EN APARATO MODIFICADO DR. QUINTERO.

Los discos anteriormente mencionados, se montaron en un eje de plástico (12 discos). Este eje quedó adaptado en uno de sus extremos al aparato modificado del Dr. Quintero.

De esta manera se dejan las muestras en sumersión alterna en las soluciones.

Por consiguiente se elaboró cada ciclo de sumersión por grupos de aleaciones:

PRIMERA RONDA		DURACION: 7 DIAS PROMEDIO DENTRO DE LA SOL. 63 HRS.	
SOLUCION	ALEACION		
Ac. Láctico/ Cloruro de Sodio.	A1	B1	C1
Solución Salina	A1	B1	C1
Ac. Láctico	A1	C1	B1
Agua Bidestilada	A1	B1	C1

SEGUNDA RONDA		DURACION: 7 DIAS PRMEDIO DENTRO DE LA SOL. 63 HRS.	
SOLUCION	ALEACION		
Ac. Láctico/ Cloruro de Sodio.	A2	B2	C2
Solución Salina	A2	B2	C2

SEGUNDA RONDA (CONTINUACION)		DURACION 7 DIAS	
PROMEDIO DENTRO DE LA SOL. 63 HRS.			
SOLUCION	ALEACION		
Ac. Láctico	A2	B2	C2
Agua Bidestilada	A2	B2	C2

TERCERA RONDA		DURACION: 7 DIAS	
PROMEDIO DENTRO DE LA SOL. 63 HRS.			
SOLUCION	ALEACION		
Ac. Acético	A1	B1	C1
	A2	B2	C2

CUARTA RONDA		DURACION: 8 HORAS.	
PROMEDIO DENTRO DE LA SOL. 180 MIN.			
SOLUCION	ALEACION		
Sulfuro de Sodio	A1	A2	
	B1	B2	
	C1	C2	

De esta manera se realizó cada solución previamente a su colocación en recipientes con capacidad de 400 ml.

Así quedo una muestra por disco en un recipiente con solución. Al termino del periodo establecido se retiraron las muestras, se enjuagaron al chorro de agua y se secaron con una perilla de aire.

Los observadores desconocían la marca y tipo de aleación a valorar, igual que la solución prueba a la que se había sometido.

Para ello se establecieron los siguientes valores:

VALOR	TIPO DE OBSERVACION
0	Sin cambio apreciable.
2	Cambio ligeramente apreciable.
4	Cambio apreciable.
7	Cambio marcadamente notorio

Esta observación fue realizada en comparación a la muestra piloto; la cual no fue sometida a solución y se pulió previamente a la valoración.

De esta manera se obtienen los diferentes valores dados por los observadores. Estos datos se remitieron a unas tablas de donde se obtiene una media del valor promedio según comportamiento-escala.

VII RESULTADOS

7.1. RESULTADOS DE LA EVALUACION DE FLUORESCENCIA POR REFRACCION DE RAYOS "X".

Dicha evaluación proporcionó los datos sobre la composición química cualitativa de las aleaciones prueba. De lo cual se obtuvo el siguiente cuadro.

	Al	Fe	Cu	Zn	Pd	Ag	Sn	In	Cr	Ti
A1										
A2										
B1										
B2										
C1										
C2										

(*) Se da por incluido el Al en estas aleaciones ya que así lo refiere el fabricante. En este estudio de Refracción de Rayos X no se detecta el elemento aluminio por su bajo peso atómico.

Asimismo se obtuvo la cantidad promedio de los elementos que constituyen las aleaciones a excepción de las aleaciones B1 y B2 (Mirage y Etalloy "Liga Dorada").

	A1	A2	C1	C2
Fe			trazas	
Cu		trazas	trazas	
Zn			1.2%	0.5%
Pd			28.8%	24.7%
Ag	68.1%	68.8%	69.9%	74.8%
Sn	31.9%	31.2%		

COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO DE
"ZEYCODENT"

PLATA
68.7%



ESTAÑO
31.9%

COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO DE
ETALLOY "LIGA DE PLATA"

PLATA
68.8%



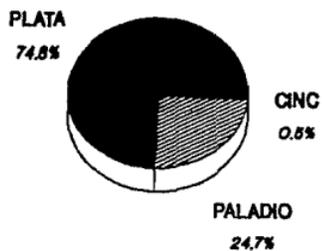
ESTAÑO
31.2%

TRAZAS DE COBRE

COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO DE
"ZEYCOCAST"



COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO DE
"W" WILKINSON



7.2. RESULTADOS DE LA EVALUACION DE ACUERDO A LA ESPECIFICACION No.5 ADA.

7.2.1. RESULTADOS EVALUACION ESPECIFICACION No. 5 ADA. EN RELACION A SU PESAJE INICIAL/FINAL.

En cuanto a los resultados obtenidos sobre el pesaje (inicial y final) de las aleaciones se registraron los siguientes datos:

ALEACION	FECHA	PESO INICIAL	PESO FINAL	FECHA
A1	2-XII-91	0.6080 g	0.6097 g	31-I-92
A2	"	0.5507	0.5517	"
B1	"	0.4743	0.4747	"
B2	"	0.4450	0.4451	"
C1	"	0.6630	0.6639	"
C2	"	0.6529	0.6531	"

Todas las aleaciones sometidas a dicha prueba aumentaron las cifras de su pesaje final con respecto a su pesaje inicial. Las aleaciones que sufrieron mayor diferencia en el cambio de su cifra fueron las aleaciones A1 y A2 cuya composición principal es a base de Plata-Estaño. Con la siguiente diferencia:

A1 sufrió una diferencia de 0.0017 g
A2 sufrió una diferencia de 0.0010 g

Las aleaciones que menor cambio sufrieron en la diferencia de su pesaje final con respecto a el inicial fueron las aleaciones B1 y B2 cuya composición química principal es a base de Cobre y Aluminio:

B1 sufrió una diferencia de 0.0004 g
B2 sufrió una diferencia de 0.0001 g

El grupo "C" presentaron las siguientes diferencias:

C1 sufrió un cambio de 0.0009 g
C2 sufrió un cambio de 0.0002 g

7.2.2. RESULTADOS EVALUACION ESPECIFICACION No.5 ADA EN RELACION A SU VALORACION VISUAL.

Para dicha evaluación se considero cualquier cambio en el brillo y presencia de pigmentación en la aleación prueba, comparada esta última con la aleación prototipo previamente pulida.

Los resultados registrados por los observadores reportan lo siguiente:

ALEACION	VALOR PROMEDIO
A1	4.4
A2	4
B1	5.4
B2	4.4
C1	2.8
C2	2.8

En relación a estos registros se observa:

El parámetro de cambio de las aleaciones A1 y A2 se presenta cercano al valor dado de: cambio apreciable. La diferencia entre los valores obtenidos de la evaluación visual de ambas aleaciones es de 0.4 puntos.

En las aleaciones B1 y B2 se denota un parámetro ubicado entre los valores de: cambio apreciable a cambio marcadamente notorio. La aleación B1 se dispara 1 punto más que la aleación B2.

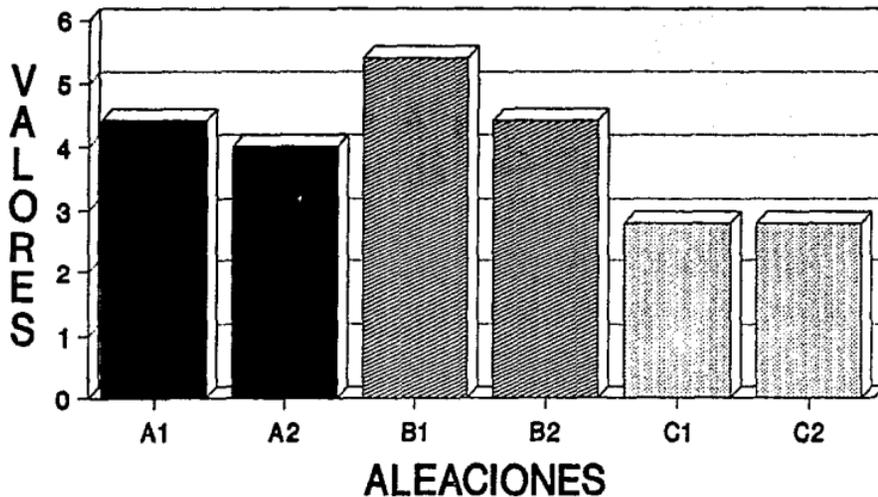
La aleación B1 presentó una diferencia de 1 punto sobre la aleación B2.

Se refiere que la aleación B1 en una de sus superficies presentó un pequeño hundimiento de aproximadamente 2.0 mm x 1.0 mm desde su vaciado. Aún así, se logró el pulido convencional de esa área hundida dejando en las mismas características de pulido todas las superficies de dicha muestra.

Al obtener el resultado de valoración visual se observó que ese hundimiento presentó:

- A) Cambio en su brillo, ya que se perdió totalmente.
- B) En el centro del mismo su coloración cambio de dorado a grisáceo.
- C) En el contorno interno del hundimiento su coloración fue de dorado a color ocre.
- D) En el contorno externo del mismo se observó una coloración pardo.

COMPORTAMIENTO DE LAS ALEACIONES EN SALIVA ARTIFICIAL. ADA.



Los registros del grupo C se ubicaron entre: cambio ligeramente apreciable y cambio apreciable. Ambas aleaciones alcanzaron el valor de 2.8 puntos.

7.3. RESULTADOS DE EVALUACION CON EQUIPO MODIFICADO DR. QUINTERO.

Los resultados de esta evaluación fueron diversos para cada aleación y por supuesto su comportamiento en cada solución.

De estos registros en los cuales se evaluó el cambio en el brillo y presencia de pigmentación de las aleaciones según valoraciones de los observadores se obtuvo lo siguiente.

7.3.1. COMPORTAMIENTO DE ALEACIONES EN SOLUCION DE AC. LACTICO CON CLORURO DE SODIO.

La aleación A1 a base de Plata-Estaño presentó un parámetro entre los valores de: cambio ligeramente apreciable a cambio apreciable.

La aleación A2 estableció un parámetro entre los valores de cambio apreciable a cambio marcadamente notorio.

Entre ambas aleaciones existió una diferencia de 2.2 puntos. Ello demostró que la aleación A1 fue más estable en este medio.

Las aleaciones B1 y B2 mantuvieron un parámetro dentro del valor: cambio marcadamente notorio.

Entre ambas aleaciones no existió diferencia. Las dos aleaciones presentaron un marcado cambio en su brillo y presencia de pigmentación, los cuales fueron mayores que en las aleaciones de los grupos "A" y "C".

Los parámetros denotados por las aleaciones C1 y C2 se mantuvo sobre los valores de: sin cambio apreciable y cambio ligeramente apreciable. La diferencia entre las dos aleaciones fue de 1.2 puntos.

La aleación que mejor estabilidad mostró en este medio fue la aleación C1, mientras que las aleaciones de menor estabilidad fueron las del grupo "B".

7.3.2. COMPORTAMIENTO DE LAS ALEACIONES EN SOLUCION SALINA.

En esta evaluación los registros denotaron la siguiente información:

La aleación A1 se encontró entre los valores de cambio apreciable y cambio marcadamente notorio acercándose su parámetro promedio hacia el último valor de la escala.

El parámetro de la aleación A2 tuvo un valor menor en comparación con la aleación A1, ya que se localizó entre los valores de: sin cambio apreciable a cambio ligeramente notorio. Encontrándose una diferencia de 4,8 puntos.

Las aleaciones del grupo B mostraron el parámetro más alto que se consideró en la escala de valores. No existiendo diferencia entre los parámetros de estas aleaciones.

En los parámetros del grupo C se observó una mejor estabilidad la aleación C2 en comparación con la aleación C1. El contenido de metales base de estas aleaciones son: Plata-Paladio.

En la solución salina se observó que las aleaciones menos estables fueron las del grupo B que cuyo contenido base se integra de Cobre-Aluminio.

Las aleaciones que mayor estabilidad presentaron en este medio fueron las aleaciones A2 y C2. Teniendo entre ellas una diferencia de: 0.4 puntos. Aún así el mejor comportamiento lo presentó la aleación C2.

7.3.3. COMPORTAMIENTO DE LAS ALEACIONES EN AC. LACTICO.

El parámetro de las aleaciones del grupo "A" se localizan entre los valores de cambio ligeramente apreciable a cambio apreciable.

La aleación A2 presentó un parámetro entre los valores de: sin cambio apreciable a cambio ligeramente apreciable. La diferencia entre los parámetros de las dos aleaciones A1 y A2 de 2.8 puntos.

El grupo "B" en esta evaluación denotó en sus dos aleaciones el parámetro máximo de nuestra escala, alcanzando un valor de 7 puntos = cambio marcadamente notorio.

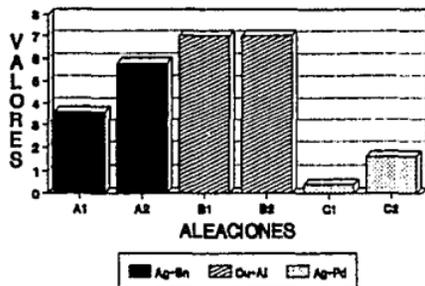
Los resultados del grupo "C" registraron los siguientes valores dentro de la escala:

Aleación C1 = Sin cambio apreciable a Cambio ligeramente apreciable. Encontrándose más cercano al último valor.

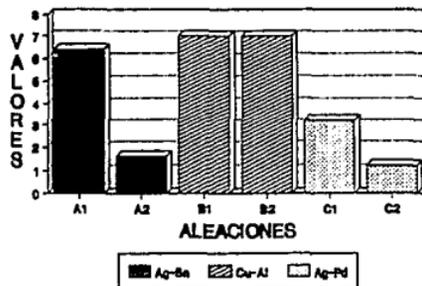
Aleación C2 = Sin cambio apreciable a cambio ligeramente apreciable. Teniendo una diferencia de: 1.2 puntos con la aleación C1.

Las aleaciones que mayor estabilidad presentaron en este medio fueron: A2 (Ag-Sn) y C2 (Ag-Pd), siendo las de poca estabilidad las aleaciones del grupo "B" (Cu-Al).

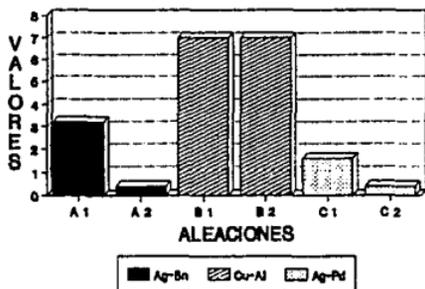
COMPORTAMIENTO DE LAS ALEACIONES
EN AC. LACTICO Y CLORURO DE SODIO



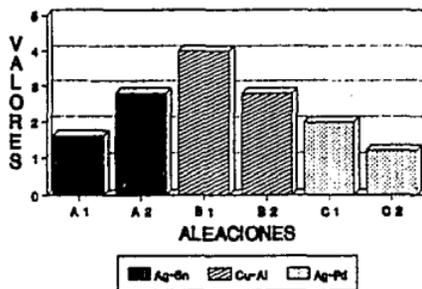
COMPORTAMIENTO DE ALEACIONES
EN SOLUCION SALINA



COMPORTAMIENTO DE LAS ALEACIONES
EN ACIDO LACTICO



COMPORTAMIENTO DE LAS ALEACIONES
EN AGUA BIDENTILADA



7.3.4. COMPORTAMIENTO DE LAS ALEACIONES EN AGUA BIDESTILADA.

En este medio ninguna de las aleaciones de prueba alcanzaron valores más allá de la escala de: cambio apreciable.

Las aleaciones del grupo "A" presentaron los siguientes parámetros: el valor A1 se encontró entre la escala de: sin cambio apreciable a cambio ligeramente apreciable. Alcanzando un parámetro de 1.6 puntos como máximo.

La aleación A2 presentó un poco menos de estabilidad que la A1 en este medio; ya que su valor fue de 2.8 puntos; dato que lo coloca entre las observaciones de cambio ligeramente apreciable a cambio apreciable.

El grupo "B" tuvo en este medio dos parámetros distintos entre sí. Los cuales fueron: para B1 4 puntos y para B2 2.8 puntos, lo que refiere mejor estabilidad alcanzada por la B2.

La diferencia entre las dos aleaciones fue de 1.2 puntos.

El grupo "C" fue en promedio el más estable en esta solución. Los valores alcanzados fueron: 2 puntos para C1 y 1.2 para C2, existiendo por lo tanto 0.8 puntos de diferencia entre una y otra.

Dentro de esta evaluación la aleación que presentó mejor estabilidad fue la C2.

7.3.5. COMPORTAMIENTO DE LAS ALEACIONES EN SULFURO DE SODIO.

En el grupo A se observaron los siguientes valores para cada aleación: A1 = 3.4 y A2 = 4.6. Lo que indica que su escala se encontró en: cambio ligeramente apreciable a cambio apreciable para A1. La aleación A2 se localizó entre cambio apreciable a cambio marcadamente notorio.

La mejor estabilidad la presentó la aleación A1.

Las aleaciones del grupo B se dispararon al máximo grado de nuestra escala. Además los observados registraron que estas aleaciones presentaban una mayor pigmentación en su superficie en comparación con las aleaciones (también del grupo B) sometidas a otras soluciones y que habían alcanzado a su observación este mismo valor (7 puntos).

El grupo C obtuvo los registros más bajos: C1 = 3.2 y C2 = 2.4. Por lo tanto el mejor comportamiento en cuanto a su estabilidad en la solución de sulfuro de sodio fue la aleación C2.

Y como se mencionó anteriormente las aleaciones del grupo B fueron las que menor estabilidad presentaron en el medio.

7.3.6. COMPORTAMIENTO DE LAS ALEACIONES EN ACIDO ACETICO.

En este medio las aleaciones que mayor estabilidad presentaron fueron las del grupo A. Alcanzando los valores de A1=2.4 y A2=4.2. Existiendo una diferencia entre ellas de 1.8 puntos.

Las aleaciones del grupo B presentaron parámetro de: B1=7 y B2=7.

La aleación que presentó la mejor estabilidad en Ac. Acético fue la A1; mientras que las aleaciones del grupo B y la aleación C2 presentaron una estabilidad nula.

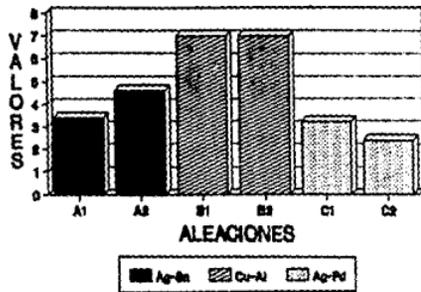
La diferencia existente entre la aleación de mejor y la de menor estabilidad fue de 4.6 puntos.

7.3.7. REGISTRO GENERAL DE LOS VALORES OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS EN LOS DIFERENTES MEDIOS.

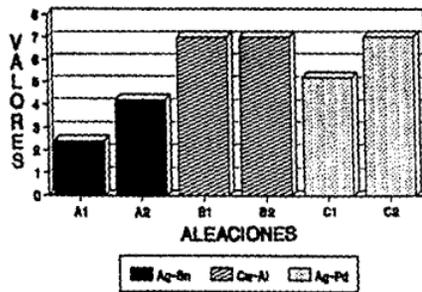
En relación a los registros obtenidos según el comportamiento de cada aleación en los diferentes medios se obtuvo el siguiente cuadro promedio.

ZONA	S O L U C I O N E S						PROMEDIO
	I	II	III	IV	V	VI	
A1	3.6	6.4	3.2	1.6	3.4	2.4	3.4
A2	5.8	1.6	0.4	2.8	4.6	4.2	3.2
B1	7	7	7	4	7	7	6.5
B2	7	7	7	2.8	7	7	6.3
C1	0.4	3.2	1.6	2	3.2	5.2	2.6
C2	1.6	1.2	0.4	1.2	2.4	7	2.3

COMPORTAMIENTO DE LAS ALEACIONES
EN SULFURO DE SODIO



COMPORTAMIENTO DE LAS ALEACIONES
EN ACIDO ACETICO



CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Dependiendo del medio empleado para valorar las diferentes aleaciones, se presentaron diversos registros sobre los niveles de pigmentación, oxidación y corrosión de acuerdo a cada aleación.

Las aleaciones Zeycodent y Etalloy "Liga de Plata" (ambas Ag-Sn); mostraron ciertas irregularidades en su superficie después del pulido; existiendo dificultad para pulirse, esto quizá debido a la técnica de vaciado. Posterior al período de inmersión, estas áreas presentaron mayor grado de pigmentación. Esto es una desventaja en cuanto a la obtención de una superficie tersa y su desempeño en la cavidad bucal.

Se sugiere valorar la calidad de la superficie pulida de estas aleaciones con diferentes técnicas de obtención del colado ya que creemos que esta sea la causa de las diferencias en la superficie.

Es pertinente mencionar que estas aleaciones mantuvieron los parámetros más bajos de pigmentación y corrosión de la totalidad de las muestras en solución de Ac. Acético. Fue por lo tanto el único medio donde superaron a los sistemas Cobre-Aluminio y Plata-Paladio.

Las aleaciones dentales para amalgama de alto contenido en cobre, se constituyen de mayor cantidad de granos Ag-Cu, lo que disminuye la fase γ (Ag-Sn). Asimismo, el cobre al alearse con el Sn, forma la fase Cu_3Sn , teniendo mayor resistencia a la oxidación y corrosión. Puede ser que este fenómeno se presente en la aleación Etalloy "Liga de Plata", ya que en su composición presenta Plata, Estaño y Cobre. En la saliva artificial (7.1), esta aleación tuvo mejor estabilidad que la aleación Zeycodent. En virtud de lo cual sería de primera elección la Etalloy "Liga de Plata".

En relación a los sistemas Cobre-Aluminio de las marcas: Mirage y Etalloy "Liga Dorada" se obtuvieron los registros más elevados de pigmentación y corrosión.

El mejor comportamiento logrado por estas aleaciones lo fue en Agua Bidestilada (solución no agresiva); destacando Etalloy "Liga Dorada".

Las cifras obtenidas en el proceso de acuerdo a la sugerencia de la Norma No. 5 en las aleaciones a base de Cobre-Aluminio y después de analizar los resultados con otras aleaciones se concluye que:

El proceso de corrosión se constituye de:

- 1.- Ganancia de electrones (reducción), y
- 2.- Pérdida de electrones (oxidación).

En base a lo anterior la escasa diferencia entre el pesaje inicial y final de las aleaciones Mirage y "Liga Dorada" indicaron, que ya habían pasado de el proceso de reducción al proceso de oxidación.

La pigmentación y corrosión presentadas en el hundimiento de la aleación Mirage nos indica que al ser empleadas en la cavidad bucal; debido a la anatomía de un diente, puede presentar este mismo fenómeno; ya que las fosetas y fisuras presentan este tipo de depresiones. Quizá esto sea debido a la diferencia de potencial entre los elementos de la aleación.

Se sugiere evitar el uso de aleaciones dentales cuyo contenido principal esté constituido por el elemento cobre o que éste se encuentre en porcentajes elevados.

Los sistemas Plata-Paladio de las marcas: Zeyccast y Aleación "W"; a excepción de su comportamiento en Ac. Acético, fueron los que menor grado de pigmentación y corrosión presentaron en los diferentes medios.

Excluyendo el comportamiento de ambas aleaciones en Ac. Acético, se considera que los sistemas Plata-Paladio de dichas marcas proporcionan ser una adecuada elección para su aplicación en restauraciones dentales.

La Plata por ser un elemento susceptible a la pigmentación en el medio bucal, se recomienda evitar el uso de aleaciones con porcentajes elevados de este elemento; a excepción de aquellas aleaciones que contengan elementos (como el paladio) que en proporciones adecuadas disminuyan la tendencia a la corrosión y aumenten la dureza de la aleación (Plata-Paladio).

Recomendamos dejar una superficie lisa y pulida para facilitar su limpieza y disminuir la acumulación de residuos con el objeto de prevenir la corrosión ulterior.

En el manejo de las aleaciones, se sugiere a los fabricantes proporcionar datos de acuerdo a la norma No. 5 para aleaciones dentales ya que no se encontraron estos en ninguna de las aleaciones.

Conforme a los resultados obtenidos, el Cirujano Dentista decidirá la aleación a utilizar, de acuerdo al caso clínico.

Se propone realizar futuras investigaciones en base al comportamiento de estas aleaciones con otras soluciones y bajo otras condiciones, para predecir conforme a estos resultados, cuál aleación nos dará mejor resultado.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ADAMS. D. M. "Sólidos inorgánicos" Ed. Alhambra, S.A. Madrid, 1986.
- 2.- AMERICAN NATIONAL STANDARD/AMERICAN DENTAL ASSOCIATION "Especificación No.5 for dental alloys" December, 1989.
- 3.- ANDERSON, MC CABE. "Materiales de aplicación dental" Salvat Editores, S. A. Barcelona, 1988.
- 4.- BARCELO SANTANA, F. "Cátedra de Materiales Dentales" 1987-1988.
- 5.- BARDZINSKI, M.A. "Evaluation of an Ag-In.Pd" casting alloy for preclinical teaching". J. Dent Education 49(8):589-591, 1985.
- 6.- BASU. "Dental Material Science" India, 1989.
- 7.- BERTOLOTTI R.L. "Selection of alloys for today's crown and fixed partial denture restorations". J. Am Dent. Assoc. 108:959. 1984.
- 8.- BESSING C, LUNDQVIST P, TILLSTROM B. "A clinical comparison of alternative alloys". Acta Odontol Scand 1988. 46: 207-217. Oslo ISSN 001-6357.
- 9.- BESSING C, FAGERLUND B. "In vivo tarnish of alternative alloys". Acta Odontol Scand. 1988. 46:185-193. Oslo ISSN 001-6357.
- 10.- BESSING C, BERGMAN M, THOREN A. "Potenciodynamic polarization analysis of low-gold and silver-palladium alloys in three different media". Dent. Mater. 1987 153:159.
- 11.- BRIEN R. LANG, STEVEN H. BERNIER, ZULTAN GIDAY, KAMAL ASGAR. "Tarnish and corrosion of noble metal alloys". The Journal of Prosthetic Dentistry. Sept. 1982. Vol. 48 No.3.
- 12.- COMBE, E.C. "Materiales Dentales". Edi. Labor 1a. Edición. Barcelona 1990.

- 13.- CONUNCIL ON DENTAL MATERIALS AND DEVICES. "Report on base metal alloys for crown and bridge applications: benefits and risks". JADA Vol.III September 1985. 479:483.
- 14.- CONUNCIL ON DENTAL MATERIALS AND DEVICES. "Status report on palladium silver based crown and bridge alloys". JADA 89: 383:385, 1974.
- 15.- CRAIG, ROBERT "Materiales Dentales". Ed. Interamericana 3a. edición. México, 1986.
- 16.- CRAIG, ROBERT. "Restorative Dental Materials". Ed. Mosby. 8a. Edición. U.S.A. 1989.
- 17.- CHANA M.S., KUHN A.1. "A critique of de Lucillo-Nielsen wheel method for tarnish testing of dental alloys". Journal of Dentistry. Vol. 12/No.4 1984. 314:318 Great Britain.
- 18.- DENTAL ABSTRACTS "Oxidation of high palladium alloys". Vol. 33 No. 31 262-263. May 1986.
- 19.- DENTAL ABSTRACTS "Performance of low gold casting alloy compared". Vol. 33 No.5 262:263. May 1988.
- 20.- ETAL. "Etalloy Liga Dorada" Instructivo del fabricante.
- 21.- EARNSHAW. A. "Química de los elementos de Transición". Ed. Manual Moderno. México 1987.
- 22.- FILLAW, H. M. "Prevención de la corrosión-oxidación en amalgamas dentales usando el complejo Iodo-Polivinil Pirrodilona". tesis de Doctorado, U.N.A.M. México, 1985.
- 23.- FUSAYAMA T, KATAYORI T, NOMOTO S. "Corrosion of gold and amalgam placed in contact with each other". J. Den. Res. September-october, 1963. Vol. 42 No.5. 1183:1197.
- 24.- GEIST-GERSTORFER J, WEBER H. "In vitro corrosion behavior of four Ni-Cr dental alloys in lactic acid and sodium chloride solutions". Dental Materials 1987. 3:6, 289:295.
- 25.- GUZMAN, B. "Biomateriales Odontológicos de uso Clínico". Cat Editores. 1a. Edición. Colombia Sur América 1990.

- 26.- GRAN LAROUSSE UNIVERSAL. Ed. Plaza & Janes. Tomos I, V, VIII. Barcelona, España, 1990.
- 27.- HODGES, R.J. "The corrosion resistance of gold and base metal alloys". Johnson & Johnson Dental Productos Co. New Jersey.
- 28.- INDIUM CORPORATION OF AMERICA. "High Purity Indium". Catálogo U.S.A.
- 29.- INDIUM CORPORATION OF AMERICA. "Indalloy Fusible Alloys". Catálogo U.S.A.
- 30.- JENSEN. "Mirage" Instructivo del fabricante.
- 31.- MEYER M, NALLY N. "Influence of artificial salivas on the corrosion of dental alloys". J. Dent. Res. May-Jun. 1975. Vol. 54 No. 3 678.
- 32.- MJOR, IVAR. A. "Dental Materials". Biological properties and clinical evaluations. C.R.C. Press U.S.A. 1985.
- 33.- MULLER, A.W.J, MAESSEN F.J.M.J., DAVIDSON C.L. "Determination of the corrosion rates of six dental NiCrMo alloys in an artificial saliva by chemical analysis of the medium using ICP-AES". Dental Materials January, 1990.
- 34.- NATIONAL INSTITUTE OF DENTAL RESEARCH. "Workshop: biocompatibility of metal in dentistry". JADA. Vol. 109 Sept. 1984. 475:477.
- 35.- NIJKIN, DONALD A. "Evaluation of alternative alloys to type III gold for use fixed prosthodontics". J. Am. Dent. Assoc. 93:622, 1976.
- 36.- O'BRIEN - RYGE "Materiales Dentales y su elección". Ed. Panamericana. Buenos Aires. 1980.
- 37.- OSBORNE, JOHN. "Tecnología y Materiales Dentales". Ed. Limusa. México, 1987.
- 38.- PHILLIPS, R. W. "La ciencia de los materiales dentales de Skinner". Nueva Editorial Interamericana. 8a. Edición. 1986.
- 39.- QUINTERO E, BARCELO S, PALMA C. "Aleaciones Dentales Protésicas". 1a. Parte. P.U. Vol. 11 No.11 Nov. 1990. 53:56.

- 40.- QUINTERO E, BARCELO S, PALMA C. "Aleaciones Dentales Protésicas". 2a. Parte. P.O. Vol. 11 No. 12 Dic. 1990. 39:42.
- 41.- QUINTERO E. BARCELO S, PALMA C. "Aleaciones para trabajos Metal-Cerámicos". 3a. Parte. P.O. Vol. 12 No. 1 Enero 1991. 21:25.
- 42.- REISBICK, M. H. "Materiales Dentales en Odontología Clínica". Ed. Manual Moderno, México. 1985.
- 43.- RODRIGUEZ HERNANDEZ. "Deslustre, pigmentación y corrosión de las amalgamas dentales in vitro". P.O. Vol. 12, No.8. 1991.
- 44.- SMITH BERNARD. G. "The clinical handling of dental materials". Wright Bristol. Great Britain. 1986.
- 45.- STEELE, D. "Química de los elementos metálicos". Ed. Alhambra, S.A. Madrid, 1971.
- 46.- TUCILLO, JOSEPH. "Composition and functional characteristics of precious metal alloys for dental restorations". Valega, T.M. (ed): Alternatives gold alloys in dentistry. D.H.E.W. Pub. No. (NIH) 77-1227, 1977.
- 47.- WILLIAMS, D. "Materiales en Odontología Clínica". Ed. Mundi 1a. Edición, Argentina, 1982.