

32



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

"INICIO Y DESARROLLO DEL NÍQUEL-TITANIO
HASTA LA ENDODONCIA"

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANO DENTISTA

PRESENTA

CARLOS ALBERTO ARMAS JIMÉNEZ.

2001

DIRECTOR: CARLOS TINAJERO MORALES.



México D.F.

Vº. Bº.
[Firma]

2001.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS:

A DIOS.

*Porque sobre todas las cosas
nunca me has abandonado,
y me enseñaste a valorar una
de mis grandes metas.
Gracias Dios mío.*

A MI PAPÁ.

*Porque siempre tuve tu apoyo
incondicional en los momentos
difíciles y porque has sido
para mí un ejemplo a seguir
Por todo tu esfuerzo Gracias
Papá.*

A MI MAMÁ.

*Porque esto es el resultado de
tus desvelos conmigo, y porque
gracias a tu guía soy un hombre
de bien.*

Gracias por eso y más Mamá.

A MIS HERMANOS.

*Por creer en mí en todo momento
gracias a los cuatro, ya que han sido
parte de este esfuerzo profesional.*

A MI QUERIDA U.N.A.M..

*Por ofrecerme un lugar para mis
estudios profesionales, y despertar en
mí el sentido de ver siempre hacia
delante. No te fallaré*

AL DR. CARLOS TINAJERO M.

*Por este esfuerzo compartido, y por
Tu amistad sincera. Gracias amigo.*

INDICE

TEMÁTICA

INTRODUCCIÓN.

	Pag.
CAPITULO 1 “<u>NÍQUEL</u>”	
1.1 PROCESO DE OBTENCIÓN DEL NÍQUEL.....	1
1.2 CARACTERISTICAS FISICO-QUÍMICAS DEL NIQUEL.....	3
1.3 CONFIGURACIÓN ATÓMICA Y - ELECTRÓNICA DEL NÍQUEL.....	4
1.4 CLASES O TIPOS DE NÍQUEL.....	5
- <i>Níquel A</i>	
- <i>Níquel D y E</i>	
- <i>Duraníquel</i>	
- <i>Permaníquel</i>	
1.5 ALEACIONES AL NÍQUEL.....	6
- <i>En base de Ni-Cu</i>	
- <i>En base de Ni-Cr-Fe</i>	
- <i>En base de Ni-Mo-Fe</i>	
1.6 ACEROS AL NÍQUEL.....	7
- <i>%Aceros Perlíticos y sus propiedades</i>	
- <i>%Aceros martensíticos y sus propiedades</i>	

- %Aceros Austeníticos y sus propiedades

CAPITULO 2. “TITANIO”

2.1	PROCESO DE OBTENCIÓN DEL TITANIO.....	10
2.2	CARACTERISTICAS FÍSICO-QUÍMICAS - DEL TITANIO.....	13
2.3	CONFIGURACIÓN ATÓMICA Y ELECTRONICA DEL TITANIO.....	14
2.4	RECOCIDO AL VACÍO.....	15
2.5	ALEACIONES AL TITANIO.....	17
	- <i>Aleaciones tipo Alfa</i>	
	- <i>Aleaciones tipo Alfa-beta</i>	
	- <i>Aleaciones tipo Beta</i>	

CAPÍTULO 3. “NÍQUEL-TITANIO”

3.1	NACE UNA NUEVA ALEACIÓN EN LA - ORTODONCIA (NITINOL).....	20
3.2	UN ACCIDENTE REVOLUCIONARIO.....	20
3.3	CICLO AUTENÍTICO-MARTENSÍTICO.....	21
3.4	SUPERELASTICIDAD EN NITI JAPONÉS.....	24
3.5	COMO ACTÚA LA SUPER ELASTICIDAD.....	25

3.6	NiTi CHINO.....	26
3.7	PROPIEDADES DEL 55Ni 45Ti.....	26
3.8	LAS ALEACIONES NÍQUEL-TITANIO - SE INTRODUCEN A LA ENDODONCIA.....	28
3.9	USO CLINICO DE LOS INSTRUMENTOS - ENDODÓNTICOS Ni-Ti.....	29
3.10	PROPIEDADES COMPARATIVAS ENTRE - LIMAS Ni-Ti Y ACERO INOXIDABLE.....	30
3.11	RECIENTES SISTEMAS ROTATORIOS - ENDODÓNTICOS NÍQUEL-TITANIO.....	32
	- LIGHTSPEED.....	34
	<i>a) Descripción de los instrumentos</i>	
	- ProFile.....	35
	<i>a) Componentes del Sistema ProFile.</i>	
	<i>b) Ventajas de la aleación Ni-Ti en el Sistema ProFile.</i>	
	<i>c) Perfil del Instrumental ProFile</i>	
	<i>d) Punta Modificada (Batt)</i>	
	- HERO 642.....	39
	<i>a) Evolución de las limas Helifile.</i>	
	<i>b) Descripción de los instrumentos</i>	
	<i>c) Valoración clínica del instrumental</i>	
	CONCLUSIONES.....	42

CAPÍTULO UNO. “NÍQUEL”

1.1 NÍQUEL Y SU OBTENCIÓN.

Elemento químico, Ni, de número atómico 28 y peso atómico 58.71. Metal de color gris plateado, dúctil, maleable y tenaz. Resistente a la corrosión y a los álcalis.

El níquel se obtiene principalmente de minerales a base de sulfuros de níquel por un proceso de tostación, seguido de reducción con carbono en un horno de cuba, esto es, según el proceso Orford, o de cabeza y cola. El producto que sale del horno de cuba se solidifica en dos capas: la superior conteniendo sulfuro de cobre, y la inferior sulfuro de níquel. El níquel obtenido se purifica a continuación electrolíticamente por el proceso Mond o proceso al carbonilo, el cual consiste en vaporizar el níquel en el seno de óxido de carbono y recoger el condensado.

La forma de obtención del níquel se hace primeramente fragmentando las rocas minerales ya sea en minas a cielo abierto (fig 1), o por minas subterráneas (fig 2).

El níquel se fabrica en varias formas.

Esferular, producida por la descomposición del gas níquel-carbonilo sin fusión.

Cátodos electrolíticos planos.

Bloques o granalla de níquel, fabricados colando lingoteras o vertiéndolo en agua sin reducirlo.

Níquel maleable, que es un níquel colado reducido.

Cubos de níquel, reducidos partiendo de óxidos.

Salas de níquel.

Polvos de níquel.

Los principales yacimientos de níquel se encuentran en las minas Sudbury en Ontario del Norte, Canadá, en Cuba y en la isla antiguamente caníbal de Nueva Caledonia, en el Pacífico. (1), (2)

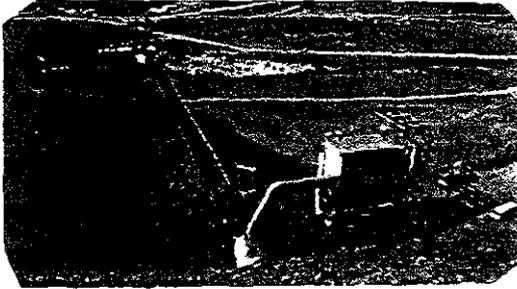


Fig.1 En las minas a cielo abierto de la región de Pilbara, perteneciente al estado de Australia Occidental, se fragmentan grandes masas de rocas minerales mediante palas mecánicas y camiones. La minería es una de las actividades económicas más importantes de Australia. El país posee grandes yacimientos de bauxita, carbón, diamantes, oro, **níquel**, uranio y otros minerales.



Fig.2 Las minas subterráneas se abren en zonas con yacimientos minerales prometedores.

1.2 CARACTERÍSTICAS

FÍSICO-QUÍMICAS DEL NIQUEL.

Este metal se caracteriza por tener buena resistencia a la corrosión y a la oxidación; es de color blanco y tiene gran capacidad de trabajo y buenas propiedades mecánicas, además forma aleaciones de solución sólida tenaces y dúctiles con muchos de los metales comunes. Aproximadamente el 60 % del níquel producido se utiliza en aceros inoxidable y aceros aleados al níquel.

Debido a su alta resistencia a la corrosión y dureza, el níquel es un recubrimiento ideal para piezas sometidas a corrosión y desgaste.

Al Níquel forjado no lo afectan adversamente el trabajo en frío, la soldadura o el calentamiento, retiene su resistencia a elevadas temperaturas, al igual que sus propiedades mecánicas, su ductilidad y tenacidad a bajas temperaturas. La conductividad eléctrica del níquel, aunque no tan alta como la del cobre o aluminio, es satisfactoria para conductores y terminales de corriente en muchas aplicaciones electrónicas (3).

TABLA DE CARACTERÍSTICAS	
• Elemento:	Níquel
• Símbolo:	Ni
• Número atómico:	28
• Peso atómico:	58, 70
• Peso específico:	8, 9
• Punto de fusión	1453° C
• Configuración electrónica	1s ² 2s ² p ⁶ 3s ² p ⁶ d ⁸ 4s ²
• Electrones por nivel de energía	2, 8, 16, 2
• Estructura Cristalina	Cúbico de fase centrada
• Año de descubrimiento	1751
• Descubridor:	A.F. Cronstedt

Magnetismo. Hasta el 29 % de níquel, la transformación magnética presenta una **histéresis** marcada (**retraso en las variaciones de imantación de un cuerpo magnético respecto de las del campo de imantación**) Del 29 a 33% aproximadamente, la aleación es amagnética (4)

En la figura 3 se observa la disposición de los átomos de carbono que presenta el Níquel como elemento químico

En la figura 4 se observa al Níquel con la disposición de sus electrones (carga negativa), dentro de las órbitas magnéticas

1.3 CONFIGURACIÓN ATÓMICA Y ELECTRÓNICA DEL NÍQUEL (5)

Estructura Cristalina: Cúbico de Fase centrada

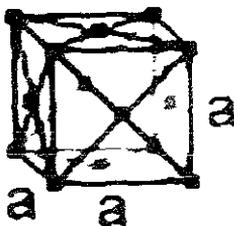


Fig. 3

Configuración electrónica: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$

Electrones por Nivel de energía: 2,8,16,2

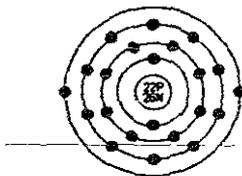


Fig. 4

1.4 CLASES DE NÍQUEL.

Las clases más importantes de Níquel son: Níquel A, Níquel D, Níquel E, Permaníquel y Duraníquel

El Níquel A es el material básico, con 99 % mínimo de níquel, incluyendo cobalto

Dentro del *Níquel A* existe también el Níquel fundido y el Níquel Laminado

El Níquel fundido y laminado comercialmente contiene aproximadamente 2 % de silicio para mejorar la fluidez y la capacidad de fundición. El Níquel fundido se utiliza donde se requiere resistencia en general, combinada con resistencia a la corrosión y oxidación.

El Níquel laminado se emplea en las industrias químicas y del jabón para construir evaporadores, hervidores encamisados, bobinas de calentamiento y otro equipo de procesamiento.

Los Níqueles D y E se aproximan generalmente a la composición del *Níquel A*, siendo la diferencia importante la inclusión alrededor de 4.5 y 2.0 % respectivamente, de manganeso que sustituye una similar cantidad de Níquel. Adicionar manganeso mejora la resistencia al ataque atmosférico a elevadas temperaturas. Como el *Níquel E* tiene menor cantidad de manganeso que el *D*, sus propiedades mecánicas son intermedias entre las de los *Níqueles A y D*.

Entre los usos típicos están cables para bujías, tubos de ignición y cables eléctricos para hornos, entre otros.

El Duraníquel es una aleación Níquel - aluminio forjada, endurecible por envejecimiento y resistente a la corrosión. Ofrece una combinación de alta resistencia.

Entre los usos del duraníquel están piezas de joyería y armazones ópticos.

El Permanníquel es una aleación de alto Níquel templable por envejecimiento que tiene propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión similares a las del Duraníquel, además de una buena conducción térmica y eléctrica. Se usa solo en aplicaciones en que sean esenciales mayor conductividad eléctrica y mejores propiedades magnéticas.

1.5 ALEACIONES AL NÍQUEL

Los elementos de aleación más comunes al Níquel son el cobre, hierro, cromo, silicio, molibdeno, manganeso y el aluminio.

-ALEACIONES DE BASE NÍQUEL-COBRE.

El cobre es completamente soluble en el Níquel y se añade para incrementar la formabilidad, disminuir el precio y aun retener la resistencia a la corrosión del Níquel. El monel es la más importante de las aleaciones de Níquel – cobre; contiene aproximadamente las dos terceras partes de Níquel y una de cobre, tiene alta resistencia a los ácidos, álcalis, aguas, productos alimenticios y a la atmósfera. También tiene buena tenacidad y resistencia a la fatiga y encuentra considerables aplicaciones a elevadas temperaturas. No oxida a una rapidez destructiva inferior a aproximadamente 542° C (1000° F) en atmósferas que no contengan azufre. El monel tiene gran aplicación en los campos químicos, farmacéutico, marino, energético, eléctrico, de lavandería, textil y equipo de fabricación de papel.

-ALEACIONES BASADAS EN NÍQUEL-CROMO-HIERRO.

Una variedad de aleaciones binarias Níquel-cromo y ternarias Níquel-cromo-hierro se emplean como aleaciones para resistencia eléctrica. Muestran buena resistencia a la oxidación, a la fatiga por calor y a los gases por carburización.

Se utilizan mucho en forma forjada y fundida para equipo de tratamiento térmico, piezas de horno, canastas para procesos de carburación, nitruración y ollas de cianurización.

El Inconel, es una composición nominal de 76Ni-16Cr-8Fe, combina la inherente resistencia a la corrosión, la resistencia y la tenacidad del níquel con la resistencia extra del cromo a la oxidación a alta temperatura

El Inconel es relevante por su capacidad de soportar calentamiento y enfriamiento repetidos en el intervalo de 0 a 868° C (1600°) F sin hacerse frágil; y se utiliza para calentadores de motores de avión

-ALEACIONES BASADAS EN NÍQUEL-MOLIBDENO-HIERRO.

La Hastelloy A (57Ni -20Mo -20Fe) y la Hastelloy B (62Ni -28Mo -5Fe) son las aleaciones de este grupo más comunes. Estas aleaciones son austeníticas, por lo cual no responden al endurecimiento por envejecimiento. Mediante trabajado en frío, es posible obtener resistencia y ductilidad comparables a las del acero aleado. Estas aleaciones son notables por su alta resistencia a la corrosión por ácidos hidrocórico, fosfórico y otros no oxidadores. Se utilizan en la industria química en equipo para manejar, transportar y almacenar ácidos y otros materiales corrosivos (3)

1.6 ACEROS AL NÍQUEL.

El empleo del Níquel como elemento de aleación del acero data casi de unos 50 años, aunque la presencia del níquel en los meteoritos y el aprovechamiento de este material por los antiguos para fabricar espadas puede considerarse como la primera aplicación del Níquel.

En el año de 1891, la Marina de los Estados Unidos hizo ensayos sobre el empleo del acero al carbono y acero al níquel para corazas. Estos ensayos probaron decisivamente la superioridad del níquel y estimularon el interés mundial sobre este metal.

El Níquel, cuando se añade al acero, se disuelve para formar una solución sólida con el hierro, disminuyendo la zona crítica en un grado acentuado, y de esta manera forma un acero que puede hacerse perlítico martensítico o austenítico mediante porcentajes variables del níquel

Los aceros al Níquel Perlíticos de contenido de carbono más bajo tienen desde 0.5 a 6 % de níquel, y son particularmente adecuados para aplicaciones estructurales debido a la tenacidad, resistencia mecánica y resistencia a la corrosión más grandes

Los aceros al Níquel Martensíticos se emplean muy poco debido a su fragilidad y dureza. Contienen desde 10 a 22 % de Níquel. Esta zona de las composiciones del Níquel fue elegida como la más probable para formar estructuras martensíticas mediante un enfriamiento lento.

El Níquel se usa extensamente en aceros especiales para aplicaciones de ingeniería, generalmente en cantidades hasta de 50 %. Cuando se usa así, su objeto es aumentar su resistencia a la tensión y su tenacidad.

Así pues la adición del 25 % de Níquel al hierro puro, lo hace **austenítico** y por lo tanto no magnético, aun después de un enfriamiento a la temperatura ambiente

El Níquel baja el coeficiente de expansión térmica del acero en forma progresiva hasta que, cuando se tiene aproximadamente 35 % de Níquel, la expansión es despreciable.

El Níquel al acero también mejora la resistencia a la fatiga, aumenta la resistencia a la corrosión, mejora la tenacidad y comunica propiedades notables al acero. Los aceros al níquel son más duros que los aceros al carbono, una característica de valor en piezas que se emplean para resistir el desgaste

Los aceros al Níquel Austensíticos presentan un estudio fascinador. Los ingenieros de investigación hallan constantemente nuevas aleaciones de este grupo.

Unas de las más comunes son las siguientes.

1.- Las de 25 a 30 % de níquel se emplean para obtener resistencia a la corrosión.

2 - De 20 a 30 %. las aleaciones hierro - Níquel no son magnéticas enfriándolas normalmente, y pueden hacerse magnéticas enfriándolas a la temperatura del aire líquido.

3 - La de 30 a 40 % de níquel tiene un coeficiente de dilatación muy bajo y se denomina Invar.

4 - La de 36 % de níquel y 12 % de cromo se denomina Elinvar y tiene un módulo elástico invariable a los módulos de temperatura.

5.- Con más de 50 % de níquel, el acero posee elevadas propiedades magnéticas. (1) (2) (4)

CAPÍTULO 2. “TITANIO”

2.1 EL TITANIO Y SU OBTENCIÓN.

Elemento químico, Ti de número atómico 22 y peso atómico 47,90

El Titanio metálico tiene lustre plateado, brillante y pulido, se asemeja en apariencia al acero

Los minerales de Titanio son grandes y son encontrados en una gran variedad de rocas. Los minerales más comunes para su producción son: el rutilo, óxido de Titanio (TiO_2), la ilmenita, trióxido de Titanio ferroso ($TiFeO_3$) A pesar de su amplia distribución pocos depósitos son explotados. Entre los más importantes productores de Titanio son la India y los Estados Unidos (New York, Florida), y depósitos que se empiezan a desarrollar en Canadá

Después de la concentración el óxido de Titanio, es convertido a tetracloruro de Titanio, el cual después es reducido con magnesio, calcio o sodio

Antes el metal impuro puede ser refinado por destilación para eliminar las impurezas

El Titanio puro es un metal fuerte y dúctil con bajo peso específico, alta resistencia a la corrosión por ácidos, y a temperaturas elevadas.

El uso del titanio es poco, aún con sus propiedades debido a su afinidad al oxígeno, nitrógeno y carbono, impidiendo un proceso de obtención sencillo

El Titanio no es un elemento descubierto recientemente (fue descubierto en Cornwall en 1721 por William Gregor, un religioso inglés) y es raro solamente en el sentido de que es un metal que se emplea poco y que es costoso de producir. En la naturaleza se encuentra ampliamente distribuido siendo el décimo elemento en orden de abundancia en la corteza terrestre. De los metales metalúrgicamente útiles solamente el aluminio, hierro, cobre y magnesio, se presentan con mayor abundancia (6)

En la figura 5 se puede observar su apariencia física

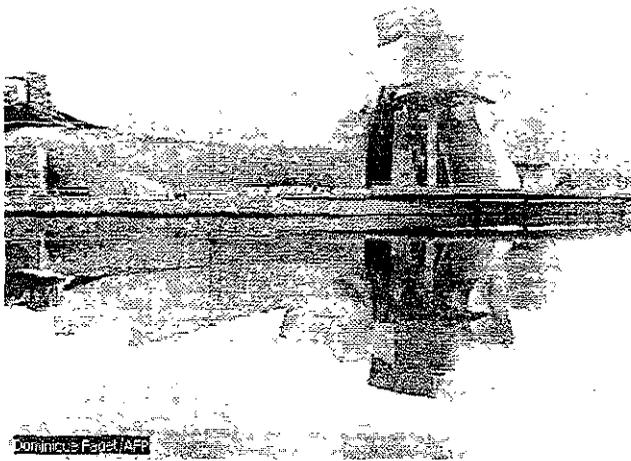


Fig. 5

En esta imagen se puede apreciar la peculiar belleza externa del edificio que alberga al Museo Guggenheim Bilbao. De barco varado o gran flor se ha calificado la forma final que adquirió esta gran estructura, recubierta, casi en su totalidad, de láminas de titanio.

El metal de alta pureza tiene una resistencia relativamente baja a la tensión (2. 2 ton/ cm²) y alta ductilidad (40 %) , pero los grados comerciales del metal pueden contener impurezas que elevan la resistencia a la tensión a 2. 5 ton/cm² y reducen la ductilidad a 20 %. Una aleación de Titanio que contenga 4 % de aluminio y 4 % de manganeso, tiene una resistencia a la tensión de 10 ton/cm².

Puesto que la densidad del Titanio es de sólo 4. 5 %, el metal tiene una alta relación resistencia/peso. A temperatura ambiente esta relación evidencia poca ventaja sobre algunas de las aleaciones de aluminio y magnesio, pero el Titanio tiene su resistencia a temperaturas mucho más altas que estas aleaciones.

El Titanio por consiguiente encuentra aplicaciones en los compresores de motores aéreos de reacción. en los que la tendencia moderna es aumentar la relación de compresión con el aumento consiguiente en el calentamiento termodinámico. Además el Titanio tiene un alto punto de fusión (1725°C) combinado con una buena resistencia a la corrosión. (2)

En 1938. W.J. Kroll descubrió el proceso de producir Titanio-esponja mediante la reducción de magnesio del tetracloruro de titanio. Un poco después, los servidores armados de Estados Unidos se interesaron en el metal, principalmente por su punto de fusión (1725° C). Había la posibilidad de desarrollar aleaciones al titanio con alta resistencia a elevadas temperaturas, las cuales podrían sustituir en equipo militar las aleaciones a base de níquel y cobalto. El Titanio tiene una densidad de aproximadamente 0.16/lb/pulg³, comparada con la del acero, de 0.28; por tanto, las estructuras de aleación al Titanio tienen una alta razón resistencia-peso y son particularmente útiles para piezas de avión. El Titanio tiene excelente resistencia a la corrosión.

El Titanio tiene estrecha afinidad para los gases de hidrógeno, nitrógeno, y oxígeno, los cuales forman soluciones sólidas intersticiales con el titanio. Todos tienen un marcado efecto de fortalecimiento.

Cuando la cantidad de oxígeno, nitrógeno o hidrógeno absorbidos excede los límites especificados, fragilizan al Titanio, reduciendo las cargas aplicadas con impacto y da lugar a fallas por fragilidad bajo cargas constantes a bajos esfuerzos.

El Titanio puro es menor en resistencia en general, más resistente a la corrosión y menos costoso que las aleaciones al Titanio. Tiene aplicaciones como tubería para procesos químicos, válvulas y tanques, paredes cortafuegos para avión, tubos de escape, cubiertas para compresor, entre otros (3)

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS DEL TITANIO	
Elemento:	Titanio
• Símbolo:	Ti
• Número atómico:	22
• Peso atómico:	47, 9
• Estructura Cristalina a temperatura ambiente:	Hexagonal compacta
• Color:	incoloro
• Año de descubrimiento	1791
• Descubridor:	William Gregor

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL TITANIO.

Metal de los llamados de transición que se encuentra en la mayoría de los minerales y es muy parecido al silicio

Una de sus **menas (mineral que contiene metal)** importantes es la ilmenita. Es un reductor enérgico. Se utiliza en metalurgia, ya que le concede al acero gran resistencia y tenacidad, haciéndole capaz de soportar tensiones y choques súbitos. Por su ligereza y resistencia a la corrosión se usa en depósitos para agua marina.

También es importante su dióxido, utilizado como pigmento blanco en pintura, para dar opacidad al papel, para producir un esmalte amarillo sobre la porcelana y para teñir dientes artificiales (blanco titanio). El tetracloruro se emplea para producir cortinas de humo. Fue aislado por primera vez por el sueco J. J. Berzelius en 1825 (7)

En la figura 6 se observa la disposición de los átomos de carbono que presenta el Titanio como elemento químico

En la figura 7 se observa al Titanio con la disposición de sus electrones (carga negativa), dentro de las órbitas magnéticas

2.3 CONFIGURACIÓN ATÓMICA Y ELECTRÓNICA DEL TITANIO. (5)

Estructura Cristalina del Titanio: Hexagonal compacta

El metal Titanio tiene una estructura cristalina hexagonal compacta, llamada alfa a temperatura ambiente, estructura que se transforma a beta cúbica centrada en el cuerpo a 1 625° F (882° C)

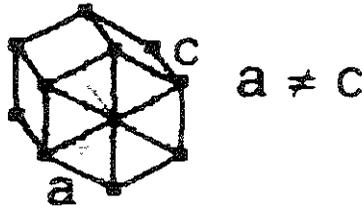


Fig. 6

Configuración electrónica del Titanio: $1s^2 2s^2p^6 3s^2p^6d^2 4s^2$

Electrones por nivel de energía: 2,8,10,2

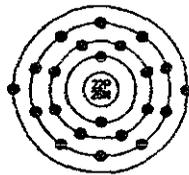


Fig. 7

2.4 RECOCIDO AL VACÍO.

El Titanio puede recocerse más convenientemente en un horno al vacío. Este tratamiento asegura también que se extraiga el hidrógeno del metal durante el recocido. Además el tántalo y otros metales que se recuecen en esta forma y en la ausencia de una atmósfera oxidante asegura un producto recocido brillante.

Los hornos al vacío son generalmente del tipo de calefacción por resistencia eléctrica. En algunos modelos la cámara de vacío o retorta se calienta externamente; mientras que en otros, los elementos calefactores están contruidos dentro de la cámara al vacío. En el primer tipo, o sea el de retorta caliente, la cámara al vacío está hecha de acero inoxidable, Inconel o una aleación Nimonic, dependiendo el material usado y de la máxima temperatura requerida. El tipo de horno de retorta caliente se emplea en trabajos en que se utilizan temperaturas de hasta 1000° C.

La introducción reciente del horno de elemento interno o retorta fría (fig 8) ha permitido utilizar temperaturas superiores a los 2000° C en una cámara al vacío, sobre una base de producción industrial. En este horno los elementos calefactores se localizan inmediatamente fuera del área de carga pero dentro de la cámara de vacío. Las pantallas de radiación o reflectores de calor, están dispuestos en el exterior de los elementos calefactores, y el conjunto se encuentra contenido en una retorta de acero dulce o inoxidable enfriada por agua. Puesto que la cámara de vapor opera a temperaturas cercanas a la ambiente, los sellos de vapor no están sujetos a altas temperaturas. Además, puesto que no hay aislamiento de tabique, la capacidad térmica del horno es baja. Esto permite la calefacción y el enfriamiento rápidos de la carga.

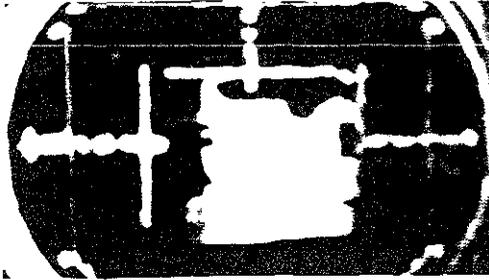


Fig. 8

Horno al vacío de retorta fría para procesos de tratamiento térmico a altas temperaturas.

El uso de la técnica de alto vacío en el tratamiento térmico de los metales se ha desarrollado con rapidez en los últimos años principalmente como resultado de las demandas de las industrias aeronáutica y de ingeniería nuclear.

El tratamiento térmico al vacío elimina la posibilidad de que ocurra alguna reacción entre la carga y la atmósfera que de otra manera la rodearía. Además, el tratamiento térmico en el vacío presenta las siguientes ventajas:

- 1- Se obtiene "atmósfera" protectora de alta pureza y uniformidad (puesto que todos los espacios entre las piezas de trabajo se evacúan, la atmósfera es uniforme en todo el espacio de trabajo)
- 2- Además del hidrógeno, se evaporan otras impurezas. Las impurezas con alta presión de vapor, por ejemplo el cadmio, el magnesio, y el manganeso se eliminan en esta forma.
- 3- Aquellas reacciones químicas bajo la influencia de las condiciones de temperatura y presión, se aceleran en el tratamiento térmico al vacío. Así

pues, el tratamiento ayuda a la disociación de los óxidos y nitruros de hierro, níquel, cromo y cobalto a temperaturas relativamente bajas

El recocido de piezas de titanio, resulta en una alta ductilidad y un acabado superficial muy limpio.

Además el Titanio se desgasifica al mismo tiempo que se recuece, para eliminar el hidrógeno en una sola operación. Algunos hornos al vacío muy grandes se hicieron para esta aplicación en los Estados Unidos, y sus capacidades ascienden a 4500 kilogramos de lámina de Titanio (8)

2.5 ALEACIONES AL TITANIO.

El agregar elementos de aleación al titanio influirá en la temperatura de transformación alfa a beta

Es práctico referirse a los elementos de aleación como estabilizadores **alfa, o beta.**

Un estabilizador alfa significa que al agregarse el soluto, la temperatura de transformación alfa a beta es elevada, asimismo, un estabilizador beta disminuye la temperatura de transformación

El aluminio es un estabilizador alfa

El cromo, el molibdeno, el vanadio, el manganeso y el hierro son importantes estabilizadores beta. Los sistemas de aleación Ti-Mo y Ti-V muestran completa solubilidad sólida, formando la solución sólida beta sobre todo el intervalo. El campo de fase alfa es severamente restringido, con su máxima extensión de 1.8 % de Mo y 3.5 % de V

Las relativas cantidades de estabilizador alfa y beta en una aleación, además del tratamiento térmico, determinan si su microestructura es predominantemente alfa unifásica, una mezcla de alfa y beta, o la fase única de beta sobre el intervalo útil de temperatura.

Las propiedades están relacionadas directamente con la microestructura. Las aleaciones de fase única son soldables con buena ductilidad, algunas de dos fases son también soldables, pero sus partes

soldadas resultan menos dúctiles. Las aleaciones básicas alfa-beta son más fuertes que las unifásicas alfa, principalmente porque la beta b.c.c. es más fuerte que la alfa c.p.h.

Aleaciones alfa.

La mayoría de las aleaciones alfa contienen algunos elementos de aleación y estabilización beta. Las composiciones de estas aleaciones están balanceadas por el alto contenido de aluminio, de manera que las aleaciones son esencialmente unifásicas.

Las aleaciones alfa tienen dos atributos principales: ***la capacidad de soldado y la retención de resistencia a altas temperaturas.*** La primera resulta de la microestructura unifásica, en tanto que la segunda es causada por la presencia de aluminio.

Aleaciones alfa-beta.

Estas aleaciones contienen suficientes elementos de estabilización beta para provocar que la fase beta persista hasta la temperatura ambiente, y son más fuertes que las aleaciones alfa. ***La fase beta, fortalecida por las adiciones de aleación beta en solución, es más fuerte que la alfa.*** Si esta última en las aleaciones alfa-beta es fortalecida por aluminio, ***la aleación alfa-beta será todavía más fuerte, especialmente a altas temperaturas.***

Las aleaciones alfa-beta pueden fortalecerse posteriormente por medio de tratamiento térmico. Esencialmente esto se lleva a cabo templando desde una temperatura en el campo alfa-beta, seguida por un envejecimiento a temperatura moderadamente elevada. En contraste con el procedimiento usual de endurecimiento por envejecido, en la primera etapa no se forma una solución homogénea beta. Si se formara una estructura de solo beta, el tamaño de grano beta sería demasiado grande, y la formación subsecuente de alfa sería principalmente en los límites de grano beta. Estos factores reducen la ductilidad de la aleación envejecida.

En algunos casos, las estructuras templadas de aleación al Titanio pueden ser de forma inestable alfa, designadas alfa prima y llamadas martensita de Titanio. Esta designación se tomó originalmente de la Metalurgia del acero, en la que la martensita es una estructura metaestable formada por una transformación de fase sin difusión cuando el acero se temple desde una alta temperatura; sin embargo en la terminología moderna, la martensita es una palabra para designar cualquier estructura metálica tipo aguja formada por un cambio sin difusión, generalmente de enfriamiento rápido.

Aleaciones beta.

De manera diferente, las aleaciones beta pueden reforzarse mediante tratamiento térmico. Este tipo de aleaciones son soldables en las condiciones de recocido y de tratamiento térmico. ***Después de este tratamiento las aleaciones beta, son más resistentes en un 50 % que las aleaciones alfa.*** Las aleaciones beta se han utilizado para sujetadores de alta resistencia y para componentes aeroespaciales que requieren de alta resistencia a temperaturas moderadas. (3)

CAPÍTULO 3.

3.1 NACE UNA NUEVA ALEACIÓN EN LA ORTODONCIA (NiTiNOL).

El nombre que se le da a esta aleación es un acrónimo **Ni**=Níquel

Ti=Titanio, **NOL**= Nacional Ordnance Laboratory

Esta aleación tuvo su origen en el año de 1961 en la Naval Ordnance Laboratory, en la ciudad de Silver Springs, Maryland, E U A, por el investigador metalúrgico **Williams F. Buehler**, quien después de hacer varios estudios observó las cualidades en las propiedades físicas que presentaba esta aleación como son su **alta resistencia a la corrosión, gran flexibilidad**, y capacidad de regresar a su estado original sin deformarse a lo que se llamó **capacidad de memoria**, estas últimas cualidades descubiertas por accidente (9)

3.2 UN ACCIDENTE REVOLUCIONARIO.

Un Accidente que revolucionaría muchas aplicaciones científicas fue dado en una junta científica, cuando fue presentado una tira de NiTiNOL para observar sus propiedades de flexibilidad, cuando una de las personas presentes el Dr. David S. Muzzey por accidente calentó con su pipa la tira flexionada de NiTiNOL, y sorprendentemente ésta regresó a su estado original.

La pregunta que vendría fue ¿Qué fue lo que exactamente pasó para que este metal regresara o recordara su estado original?

El Dr. Frederick E. Wang, un experto en física cristalina atómica, precisó los cambios estructurales de los niveles atómicos los cuales contribuyeron a las únicas propiedades que estos metales tienen

3.3 CICLO AUTENÍTICO-MARTENSÍTICO.

El Dr Frederick E Wang encontró que el NiTiNOL tuvo cambios en su fase cristalina por un lapso muy breve. Estas fases cambian, martensítica y austeníticamente (fig.9), se cambia la estructura cristalina atómica de una forma **cúbica o hexagonal** perteneciente a una fase **Austenítica**, a una fase cristalina atómica desordenada, bajo la influencia de temperatura. En el que encontramos una fase martensítica en diferentes composiciones de NiTiNOL a temperaturas de -50° hasta 166° C.

Fig. 9

FASE AUSTENÍTICA. (hasta 500° C)



FASE MARTENSÍTICA. (- 50° hasta 166°)

En la fase martensítica, el NiTiNOL puede ser flexionado en varias formas, para regresarlo a su forma original debemos de calentarlo a temperaturas elevadas (máx. 500° C), esto provoca que los átomos que están desacomodados se vuelvan a configurar a su estructura cristalina cúbica de fase centrada para el Ni y su estructura cristalina hexagonal para el Titanio, que se conoce como fase Austenítica

Este ciclo puede ser repetido millones de veces (10)

Posteriormente Civan y cols en el año de 1975 trabajando para el Instituto de Investigaciones Dentales del Ejército de los Estados Unidos de América del Centro Médico del Ejército Walter Reed, fueron los primeros en sugerir que la aleación de NiTiNOL poseía propiedades que se ajustaban mejor en un porcentaje de 55NiTiNOL en lugar de un 60NiTiNOL para los alambres de ortodoncia (fue la primera Especialidad que usó esta aleación)

Este cambio de porcentaje en la aleación fue debido a que había mayor capacidad de memoria que en la de NiTiNOL con 60 % de Níquel (11)

El 60 NiTiNOL se empezó a usar en operaciones bajo los océanos

Walia, Brantley y Gerstein refinieron por primera vez el uso de un sistema metalúrgico totalmente nuevo, el alambre de ortodoncia de NiTiNOL, para la fabricación de limas de Endodoncia. Los resultados de sus pruebas mecánicas mostraban que las limas de NiTiNOL tenían 2 o 3 veces más la flexibilidad elástica de las limas de acero inoxidable, a la vez que una resistencia superior a la fractura por torsión horaria y antihoraria (figs 10 y 11)

Estos resultados sugirieron que las limas endodónticas de NiTiNOL podrían ser mas útiles para la preparación de conductos radiculares curvos.



Fig. 10

Fotografía del tercio apical en una lima número 15 de acero-inoxidable, en una prueba de fractura por torsión.



Fig.11

Fotografía del tercio apical en una lima número 15 de NiTiNOL, en una prueba de fractura por torsión (12)

3.4 PROPIEDADES DE SUPER-ELASTICIDAD EN NiTi Japonés.

La capacidad de memoria de las aleaciones de NiTiNOL tuvo una atención especial por todos los investigadores en metalurgia alrededor del mundo esto originó la creación de una nueva aleación de níquel titanio llamada **NiTi japonés**. La cual mostraba características de **super elasticidad y excelente resistencia a la corrosión**.

Las áreas donde más se aplica es en la industria medicina, aeronáutica y otros campos científicos.

En 1971, Andresen y sus asociados reportaron resultados de investigaciones del uso clínico en las aleaciones Ni-Ti en cuanto a su alto límite de elasticidad, y su bajo módulo de elasticidad

En 1978, **Furukawa Electric Co., Ltd. Of Japan** produjo un nuevo tipo de aleación el **Ni Ti Japonés**, que poseía tres excelentes propiedades **excelente flexibilidad, capacidad de memoria, y superelasticidad** (fig. 13)

Para dar a comprender la propiedad de super elasticidad en el Ni Ti japonés, se realizaron pruebas de flexión, de curvatura, y una prueba de la influencia del calor en la aleación.

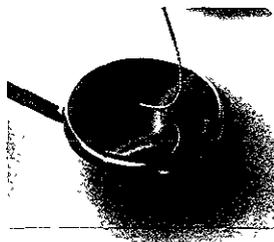


Fig. 12 Cortesía del Dr Carlos Tinajero M.

La aleación tratada a una temperatura de 500° C por 120 minutos, tuvo una super elasticidad, pero a temperaturas más elevadas como 600° C durante 5 min. Se observó su pérdida de estas características

3.5 COMO ACTÚA LA SUPER ELASTICIDAD.

La característica más sobresaliente en esta aleación como ya se ha mencionado es la super elasticidad

Esta puede ser activada por el estrés, y no solamente por la diferencia de temperatura, y a esto se le dio el nombre de transformación martensítica por inducción de estrés

La transformación Martensítica empieza cuando una fuerza externa es aplicada de manera excesiva sobre la aleación, las fuerzas externas se van acumulando, de manera que va aumentando los niveles de estrés y esto provoca una deformación progresiva induciendo la transformación a la fase martensítica, a esto se le conoce como fenómeno de super elasticidad

Por otro lado si el estrés disminuye, la aleación retorna a su forma original o fase austenítica

Se realizaron pruebas comparativas donde el NiTiNOL no mostró la super elasticidad como reacción al estrés, sino que tuvo un patrón similar al de las aleaciones de acero inoxidable y aleaciones de Níquel cromo

Recientemente, a esta investigación, Burtstone reportó que las aleaciones NiTi Chinas también presentaron características similares a las del NiTi japonés (13), (14)

3.6 NiTi CHINO.

Las primeras aleaciones Níquel-Titanio que fueron introducidas a la profesión fueron las de NiTiNOL basadas en las investigaciones de Buehler, quien desarrolló aleaciones Níquel-Titanio que tenían características únicas de capacidad de memoria, estas aleaciones tuvieron gran aceptación por su alta capacidad de flexibilidad y baja rigidez

Pero posteriormente a este descubrimiento se desarrolló una nueva aleación de Níquel-Titanio para aplicación en la ortodoncia, desarrollada por el Dr. Tien Hua Cheng y el Instituto General de Investigación para metales no férricos en Beijing, China. La aleación **NiTi China** tuvo características marcadas de las aleaciones de NiTiNOL, una de ellas fue la **baja temperatura de transición (22° C)** que se necesita para la activación de las fases ***martensítica y austenítica***, en comparación con el NiTiNOL de (37° C). Otras pruebas a las que fueron sometidas fue a la rigidez y deformación, en el que se demostró la superioridad de la aleación NiTi de 1.6 veces mayor que las de NiTiNOL.

Propiedades mecánicas del Ni Ti Chino

Los arcos de NiTi tienen 4.4 veces más deformación que los A. I., y 1.6 veces más que los de NiTiNOL (15)

3.7 “PROPIEDADES DEL Ni55 / Ti45”

PROPIEDADES FÍSICAS DEL Ni55/Ti45

Densidad 6,5 g cm⁻³

Punto de Fusión 1310 ° C

PROPIEDADES TÉRMICAS DEL NI55/TI45

Coeficiente de Expansión térmica @ $\Delta^{\circ}C$	Au: 11, Ma: $6,6 \times 10^{-6} K^{-1}$
Conductividad térmica @ PTA	Au: 18, Ma: $8,6 Wm^{-1} K^{-1}$
Temperaturas Austenítico	18,36 $^{\circ}C$
Temperaturas Martensítico	2, -15 $^{\circ}C$

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL NI55/TI45

Alargamiento	15 - 40 %
Módulo de elasticidad	60 - 90 Gpa
Módulo de Tensión	60 - 90 Gpa
Resistencia a la tracción	1140 MPa

PROPIEDADES ELECTRICAS DEL NI55/TI45

Resistividad Eléctrica Au: 100, Ma: 80 μ Ohmcm

3.8 LAS ALEACIONES NÍQUEL-TITANIO

SE INTRODUCEN A LA ENDODONCIA.

La aleación de Níquel-Titanio se ha introducido en el mundo de la Endodóncia siendo una aleación ideal para la fabricación de los instrumentos tanto manuales como rotatorios. Tienen grandes ventajas, superiores a muchas otras aleaciones sobre todo para trabajar en conductos con curvaturas muy marcadas de casi 90 °

Se han estado haciendo investigaciones en cuanto al diseño modificaciones del área de la sección transversal, del ángulo y la profundidad de las espiras cortantes, y del diseño de la punta de las limas

Pese a que las primeras limas de Ni-Ti se fabricaron a partir de alambres de ortodoncia, la composición y el procesado metalúrgicos del NiTi se han adaptado para el uso Endodóntico. Las fórmulas químicas del Ni-Ti y sus técnicas de procesado están restringidas, y han sido desarrolladas fundamentalmente mediante pruebas de ensayo y error. El proceso de producción de un lingote de Ni-Ti es complejo, e incluye la utilización al vacío. Hay escasos centros capaces de producir lingotes de Ni-Ti. Quality Dental Products (QDP), en los Estados Unidos de Norteamérica, ha desarrollado varias formulaciones de aleación de Ni-Ti basándose en la combinación de flexibilidad y resistencia a las fracturas deseadas. Se utilizan diferentes composiciones para diferentes tamaños de lima, por ejemplo fórmulas más rígidas para los calibres pequeños, y más flexibles para los calibres grandes. De cara a mantener las propiedades superelásticas del Ni-Ti, podemos asumir que la composición de las aleaciones se mueve en torno a porcentajes del 55% Níquel y 45% Titanio en peso. En 1991 se llevó a cabo por QDP un análisis de los elementos de una barra de Ni-Ti del calibre 0,40 utilizada para hacer limas tipo K de Ni-Ti de QDP, de los calibres 50, 55 y 60. El análisis mostró una composición del 58,01% de Ni y 41,9% de Ti en peso.

3.9 USO CLÍNICO DE LOS INSTRUMENTOS ENDODÓNTICOS DE NI-TI.

La principal ventaja de las limas Ni-Ti es su flexibilidad. Esta flexibilidad debería, en teoría, permitir al clínico abordar, limpiar y modelar los conductos curvos con una menor incidencia de transporte de los conductos, transportes apicales, escalones y perforaciones. En la actualidad están apareciendo numerosos artículos que tienden a apoyar más y más el uso del Ni-Ti en conductos curvos.

La flexibilidad de las limas Ni-Ti hace posible el uso de la instrumentación mecánica, que hace esperar un incremento de la eficacia y velocidad. Sin embargo se necesitan modificaciones en el diseño. Las limas para instrumentación mecánica deben diseñarse de modo que prevengan un excesivo enclavamiento de las mismas en las paredes del conducto y la tendencia a "atornillarse" en el mismo.

Las limas manuales y rotatorias de Ni-Ti se fabrican con y sin apoyos radiales, utilizando los mismos diseños que para las de acero inoxidable. Ya están disponibles versiones de Ni-Ti en limas K, U, H, Flex.

Además de las limas de Endodoncia, se fabrican también espaciadores y compactadores de Ni-Ti. Los espaciadores digitales de Ni-Ti han demostrado ser capaces de penetrar a mayor profundidad y provocar menor tensión en los conductos curvos que los espaciadores de acero inoxidable (16)

3.10 PROPIEDADES COMPARATIVAS ENTRE LIMAS Ni-Ti Y ACERO INOXIDABLE.

Las aleaciones de Níquel-Titanio presentan muchas propiedades interesantes como son: capacidad de memoria, superelasticidad, buena biocompatibilidad y alta resistencia a la corrosión

Hay un sinnúmero de artículos que hablan sobre las diferencias entre las limas Ni-Ti y las de acero inoxidable en las que resaltan las propiedades de las limas Ni-Ti, para preparar conductos curvos

En un estudio de J J. CAMPS Y W J PERTOT (1995) se compararon las propiedades de torsión y flexibilidad entre limas tipo K de acero inoxidable y limas K de Níquel-Titanio, para lo cual se utilizaron limas Colorinox de la casa Maillefer, limas tipo K de la casa Brasseler, limas K de JS Dental, y por último de la casa MacSpadden. Para cada tipo de limas se usaron medidas del 15 al 40 que fueron sometidas a las pruebas ya mencionadas

Los resultados demostraron la superioridad de las limas Ni-Ti en cuanto a prueba de torsión y flexibilidad

Las conclusiones de su estudio fueron las siguientes

Las limas Ni-Ti tipo K satisficieron la especificación N 28 de la ANSI/ADA que trata de evaluar los momentos de fractura ante pruebas de torsión.

Las limas Ni-Ti tipo K presentaron una superioridad en cuanto a la fractura por prueba de torque a la misma rotación que las limas tipo K de acero inoxidable

Los mismos resultados arrojaron las pruebas de flexibilidad, en una prueba de flexión de 45°. Las limas Ni-Ti sobresalieron 5 a 6 veces más en flexibilidad que las de acero inoxidable.

Así mismo se ha observado la cualidad de no deformar el conducto al prepararlo con limas Ni-Ti y una mejor preparación apical en conductos curvos que con limas de acero inoxidable.

Un factor interesante que presentan las limas Ni-Ti es el diseño en su punta, ya que es una punta no cortante o roma, que evita las falsas vías o transportaciones apicales por el contrario de la mayoría de las limas de acero inoxidable en el que la punta hace un ángulo de 45° perforando o realizando falsas vías en los conductos curvos (17), (18), (19)

Por otra parte el estudio realizado por el Dr Joseph Silvaggio y M Lamar Hicks mostraron las ventajas que tiene esta aleación, ya que demuestra sus propiedades termosensitivas

Analizaron el efecto positivo en la esterilización en autoclave para las limas de Niquel-Titanio, teniendo un efecto de activación en su fase austenítica. Fueron analizadas 900 limas agrupándolas de diez en diez y esterilizándolas en tres formas diferentes, que incluían autoclave y calor seco teniendo como resultado más resistencia a la fractura por torsión

Sus resultados fueron que el incremento de la fuerza torsional se observó después de algunos ciclos de esterilización, lo cual es un efecto positivo en la resistencia a la fractura. Otras ventajas que se mencionan en esta aleación son

- *Fácil manipulación de los instrumentos en canales curvos*
- *Menos transportación del canal.*
- *Mayor conservación de las paredes dentinarias en la curvatura.*
- *Reducción del fenómeno Zipping*
- *Velocidad de rotación y torque controlados por un motor especial*

(20)

3.11 RECIENTES SISTEMAS ROTATORIOS ENDODÓNTICOS NIQUEL-TITANIO.

Durante los últimos años han salido al mercado diversos sistemas rotatorios para el trabajo y la limpieza de conductos radiculares, dichos sistemas utilizan la aleación de Níquel-Titanio por sus grandes propiedades y por la facilidad que ofrece esta aleación para trabajar conductos que presentan curvaturas de 90° o inclusive más de 90°. Estos sistemas en su mayoría trabajan con la técnica Crown-Down o Corono-apical, la cual consiste en ir preparando el conducto de la parte coronaria hacia el ápice en vez del enfoque clásico que opuestamente busca instrumentar el conducto del ápice hacia la corona (fig 13)

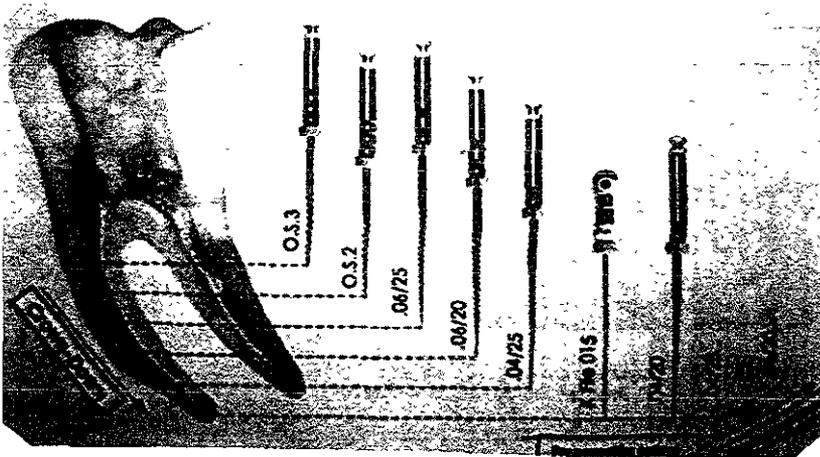


Fig.13 (cortesía del Dr Carlos Tinajero M)

El uso de estos sistemas se realiza con un motor eléctrico que permite regular la velocidad de manera muy precisa ofreciendo un alto torque un trabajo cómodo sin vibración y con un nivel sonoro muy débil (fig 14)

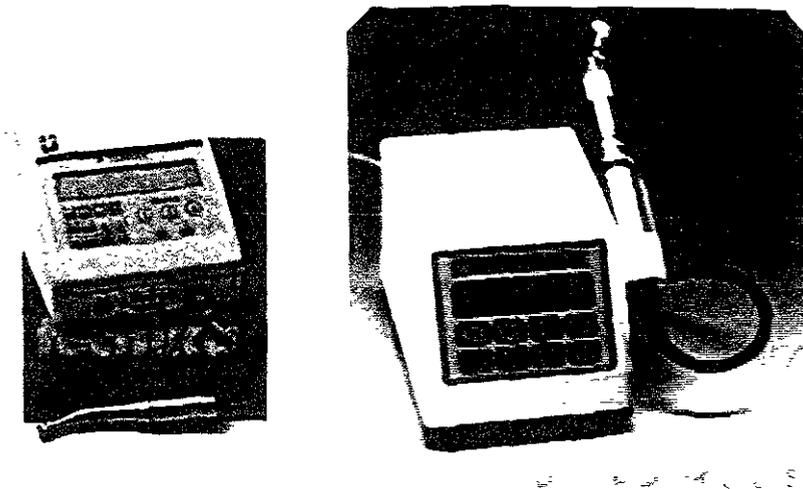


Fig.14 (motor Moyco U B cortesía del Dr Carlos Tinajero)

Las revoluciones para cada sistema rotatorio son variables pero por lo general trabajan desde 150 hasta 2000 rpm según el sistema del que se trate. A continuación se describirán brevemente 3 sistemas rotatorios de Ni-Ti para la preparación de conductos radiculares. El orden en el que se describen es de acuerdo a su antigüedad, publicidad y eficacia respectivamente.

Sistema **LIGHTSPEED** de la casa LightSpeed technology Inc

Sistema **ProFile** de la casa Maillefer. Dr Donald E. Arens

Sistema **HERO 642** de la casa Micromega Dres J M Vulcan P Callas

SISTEMA LIGHTSPEED.

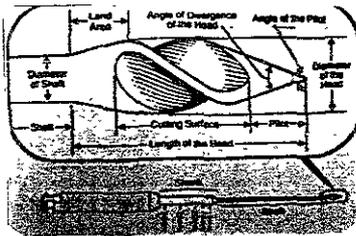
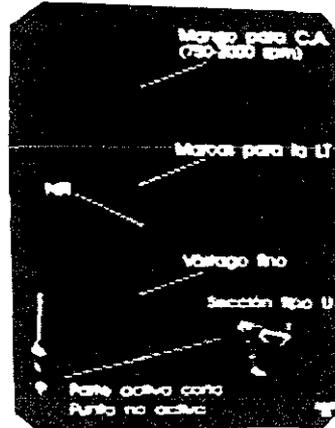


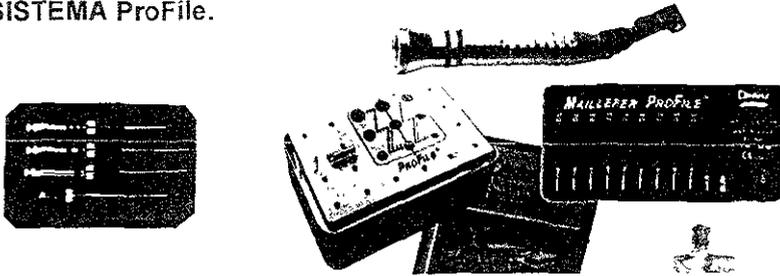
Fig. 15

a) Descripción del Instrumental.



El sistema de instrumentación Lightspeed se basa en la utilización de unos instrumentos con un diseño muy particular. Tienen una parte activa corta, una punta no activa y un vástago fino (fig 15), lo que reduce la tensión en el instrumento, evitando deformaciones en el sistema de conductos. Este efecto se ve además favorecido por tener la parte activa una sección en "U" que determina la existencia de apoyos radiales que reducen hasta niveles ínfimos la tendencia a la deformación de las paredes. Estos instrumentos, fabricados en Ni-Ti, están diseñados para ser utilizados mediante un contraángulo, por rotación horaria a una velocidad constante entre 750 y 2000 r.p.m. El Ni-Ti tiene, además de la conocida superelasticidad, una resistencia a la fatiga cíclica muy superior a la del acero inoxidable, lo cual es muy favorable a la hora de utilizar los instrumentos activados mediante un sistema mecánico. Los instrumentos se suministran de los tamaños 20 a 100 según la numeración ISO, con la salvedad de que utilizan números intermedios concretamente desde el 22.5 hasta el 65 (las normas ISO pasan directamente del 60 al 70), lo que hace tener un sistema de 22 instrumentos (21).

SISTEMA ProFile.



a) Componentes del Sistema Fig.16

Los Mailefer ProFile son unos instrumentos endodónticos en Níquel Titanio que permiten la puesta en forma y la limpieza de la totalidad del sistema del conducto radicular los cuales utilizan una rotación continua de 150 a 350 r p m y están perfectamente adaptados al concepto de preparación del conducto radicular según la técnica del 'crown-down'

La presentación de los Mailefer ProFile comprende 3 tipos de instrumentos fácilmente identificables por los anillos de color en su mango (fig 16)

Los **Orifice Shapers** los cuales presentan una conicidad de .05 a .08 N° 1 a 6 (20 a 80), longitud 19 mm

Conicidad (Taper)(Fig 17): *(es el número de centésimas de milímetro que se incrementa gradualmente en cada milímetro de su longitud total en una lima)*

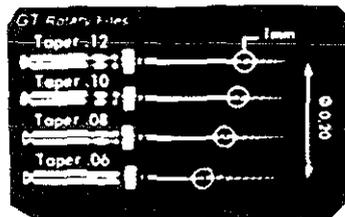


Fig.17

Ejemplo: Estas limas señalan que en cada milímetro de su longitud total hay un incremento gradual de .012, .010, .08 y .06 respectivamente

Estos instrumentos son usados al inicio del tratamiento (acceso fácil) y realizarán la preparación de la parte coronaria del conducto. También pueden ser utilizados para la eliminación de la Guta-Percha antes de la colocación de un endoposte, o para un retratamiento.

El mango de los Orifice Shapers posee 3 anillos de color

Los **Maillefer ProFile .06** los cuales presentan una conicidad de .06 N° 15 a 40 longitud 21 mm y 25 mm. Estos instrumentos serán utilizados para la preparación del cuerpo del conducto (incluso su utilización hasta el ápice para los conductos moderadamente curvos)

El mango de los Maillefer ProFile .06 posee 2 anillos de color

Los **Maillefer ProFile .04** los cuales presentan una conicidad de .04. N° 15 a 90, longitud 21 mm, 25mm, y 31 mm. Estos instrumentos serán usados para la preparación de la parte terminal del conducto

El mango de los Maillefer ProFile .04 posee un anillo de color.

b) Ventajas de la aleación Níquel Titanio en el Sistema ProFile.

Los Maillefer ProFile están fabricados en una aleación de Níquel Titanio lo que les otorga los siguientes beneficios:

Flexibilidad

El Níquel Titanio está caracterizado por su gran flexibilidad en situaciones extremas (conductos muy curvos) sometido a una tensión (curvatura del conducto radicular) la fuerza del retroceso del instrumento hacia su posición original es débil e inferior a la dureza de la dentina, por lo que los instrumentos respetan perfectamente el trayecto del conducto radicular, sin causar ningún daño interno. Sin embargo, el tiempo y la calidad de preparación del conducto rectilíneo o curvo será prácticamente el mismo.

Memoria de Forma

El Níquel Titanio está igualmente caracterizado por su gran capacidad de regreso sin deformación a su forma original después de haber estado trabajando en un conducto curvo.

Estos instrumentos están entonces perfectamente adaptados a movimientos de rotación continua en conductos curvos, sin que los instrumentos sufran una deformación plástica

c) Perfil del Instrumental ProFile.

Los Maillefer ProFile poseen una sección transversal en "U" con una nivelación "Radial Land" de la zona de contacto entre el instrumento y el conducto.

Esta sección asociada al movimiento de rotación continua procura las siguientes ventajas:

Eficacia

El espacio libre importante entre el instrumento y el conducto asociado al "Radial Land". permiten un buen ascenso y eliminación de los excedentes mientras que se trabaja con los instrumentos, evitando la creación de los atascos dentinarios o de propulsión de restos en el periápice

Respeto del Trayecto del conducto

El Radial Land asociado a la rotación continua, permite en los canales curvos minimizar la acción del instrumento del costado externo de la curvatura conservando un perfecto centrado del instrumento en el conducto (supresión de los riesgos de zipping o deformación de la forma original del conducto)

Seguridad

Asociado a la rotación continua, el Radial Land permite evitar todo el atornillamiento del instrumento en el conducto.

Los riesgos de la fractura son así considerablemente reducidos

d) Punta Modificada.

Los instrumentos convencionales poseen un enlace entre la punta y cuerpo del instrumento marcado por un ángulo de transición

Este ángulo es el responsable de los topes y de los transportes del trayecto del conducto durante la preparación, sobre todo si el instrumento es animado por un movimiento de rotación. Convirtiendo así, este ángulo de transición *más agresivo*

Los instrumentos ProFile tienen una punta modificada (Batt) con la eliminación del ángulo de transición

La punta del instrumento no estará entonces activa pero servirá de guía para la preparación del conducto, esto facilitará la penetración del instrumento al conducto, y reducirá la necesidad de ejercer mayor presión al instrumento

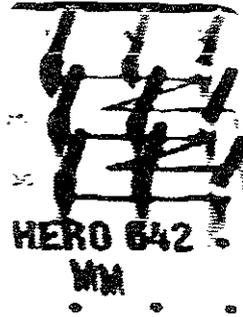
Los riesgos de creación de ensanchamiento y de desviación del trayecto del conducto quedan suprimidos. Por lo tanto pueden ser usados hasta la longitud de trabajo manteniendo el foramen en su posición espacial original

(22)

SISTEMA HERO 642.



Fig.18



a) Evolución de limas Helifile

En 1997, Micromega (Besancon, Francia), con el soporte científico de los doctores J.M. Vulcain (Universidad de Reenes, Francia) y P. Callas (Universidad de Toulouse, Francia), desarrollaron un sistema de instrumentación mecánica en rotación continua con las limas de Níquel-Titanio en tres conicidad distintas denominado **HERO 642** fig 18 (**Haute Elasticitee en Rotation**)= Alta elasticidad en rotación. El diseño de las limas HERO es la evolución de las limas Helifile (Micromega, Besacon, Francia) hacia la mecanización. fruto de su fabricación con una aleación Níquel-Titanio

b) Descripción del Instrumental.

Las limas HERO son instrumentos mecánicos de Níquel-Titanio, de 16 mm de parte activa, con un mango (metálico o de plástico) para contraángulo. A diferencia de otros fabricantes, no llevan impresas, en el vástago, marcas de referencia de la longitud de trabajo, pero los topes de hule se presentan en 3 colores para diferenciar más fácilmente cada una de las tres conicidad: negro= 06, gris= 04 y blanco=.02

La punta tiene un ángulo isométrico de 60° y una zona de transición suave, fruto de la desaparición de espiras y prolongación del cuerpo central de la lima, en su punta

La sección transversal del instrumento es semejante al de las limas Helifile o heliapicales de Micromega (hélice de tres puntas), aunque con un cuerpo central mucho más grueso (Fig 19).

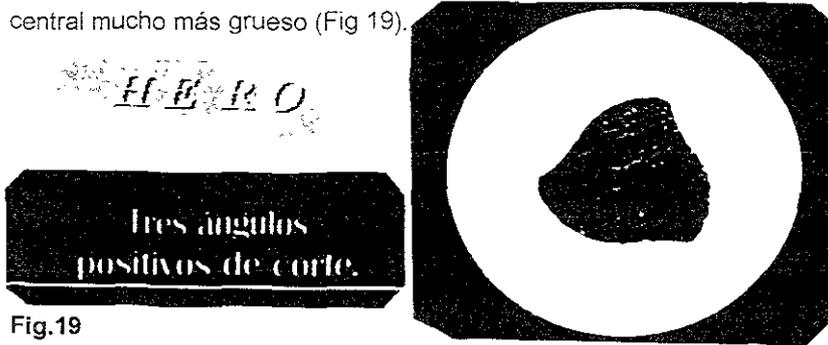


Fig.19

Consta de tres ranuras de evacuación que recorren toda la parte activa, desapareciendo en la punta, y que permiten canalizar los restos dentinarios helicoidalmente hacia coronal.

El sistema HERO 642 se presenta en un Kit básico de 9 limas: 3 de conicidad del 06 (calibres 20,25 y 30), 3 de conicidad del .04 (calibres 20,25 y 30), y 3 de conicidad del .02 (calibres 20,25 y 30)

Las limas están dispuestas en una caja en la cual se agrupan de acuerdo a sus conicidades y calibres. Los receptáculos de las limas están conectados por tres líneas de colores, en función de la dificultad de instrumentación del conducto a tratar (azul conducto fácil, roja conducto de dificultad media, y amarilla conducto difícil).

Las limas de conicidad 06 se comercializan en dos longitudes (21 y 25 mm), mientras que las de conicidad 04 y .02 están disponibles a 21, 25 y 29 mm

En nuestro país por el momento sólo se encuentran disponibles las .06 en 21 mm. Y las 04 y 02 en 25 mm

Para configurar mejor la terminación apical de los conductos anchos y rectos o moderadamente curvos existen limas del 02 de conicidad de los calibres 35 y 40 en longitud de 25 mm

c) Valoración clínica del instrumental.

Estas limas siguen casi todos los requisitos exigidos a las limas mecánicas de acción rotatoria Níquel-Titanio, punta inactiva, conicidades radicales y ranuras de evacuación de residuos. El hecho de carecer de apoyos radiales convierte a la lima HERO en un instrumento teóricamente menos agresivo.

Además, el diseño de la hélice de tres brazos proporciona un ángulo de ataque ligeramente positivo, por lo que estas limas muestran mejor acción en el corte

La velocidad de giro debe ser de 300 a 600 r.p.m., ejerciendo un movimiento de picoteo (pecking motion) rápido y de poca amplitud (23)

CONCLUSIONES.

Gracias a la Naval Ordnance Laboratory e investigadores como Buehler WJ (1969), Civjan et al (1975), entre muchos otros, se logró descubrir la aleación de **Níquel-Titanio** que a principios de la década de los 60's tuvo aplicación en la Endodoncia

Ahora en nuestros días se han perfeccionado los instrumentos por diferentes compañías ayudando al clínico a simplificar su trabajo con mejores resultados y en menor tiempo gracias a sus propiedades físico-químicas la superelasticidad y la capacidad de memoria que nos ofrecen sobre todo en conductos con curvaturas de 90° o mayores, que hasta hace dos décadas se consideraban con un rango de gran dificultad para trabajarlos. Con los recientes sistemas, ya sean manuales o rotatorios, y sobre todo con la aleación de **Níquel-Titanio** se abre una nueva etapa en esta ciencia endodóntica facilitando en gran medida lo que antes era casi imposible

Sin embargo no hay que olvidar las bases y principios que rigen a la Endodoncia, ya que ninguna aleación o sistema es la panacea además que debemos empezar por los conocimientos básicos que nos ayudarán a comprender y descubrir en un futuro mejores aleaciones y sistemas para el beneficio de nuestro trabajo y por consiguiente de nuestros pacientes

En nuestro país ha sido muy lenta la difusión que se le está dando a esta aleación y será necesario consultar más autores e investigadores a fin de conocer al máximo los beneficios y limitaciones que nos ofrece el **Níquel-Titanio**.

Dentro de nuestra área Odontológica son muchos los beneficios que recibimos con esta aleación sobre todo por su alto límite elástico (gran flexibilidad) . ya que nos permite trabajar de una forma más sencilla en conductos muy curvos sin deformarse o modificarse en cuanto a su estructura física (capacidad de memoria), lo que desde hace años no nos ha permitido el acero inoxidable

Además quiero agregar la gran importancia que tiene el conocer un nuevo adelanto científico en nuestra profesión, ya que tenemos el compromiso con nuestros pacientes de realizar cada día mejores tratamientos en menor tiempo (ergonomía)

Por último quiero resaltar que en este trabajo he observado grandes ventajas en la aleación de **Níquel-Titanio** la cual ha llevado al hombre al desarrollo y crecimiento en muchas áreas como la Aeronáutica, la Cibernética el área Médica, la Odontología, la Óptica entre muchas otras, no sin antes advertir que en muy poco tiempo es posible que estemos presenciando la aparición de nuevas aleaciones, o por lo pronto una en particular la K3 de la casa Kerr de la cual ha sido enterado recientemente el Dr Carlos Tinajero M, director de esta tesina

Espero que con este trabajo el lector se haya dado una clara idea y fácil entendimiento del **“INICIO Y DESARROLLO DEL NÍQUEL TITANIO HASTA LA ENDODONCIA”**.

REFERENCIA DE FIGURAS.

Fig. 1 Mina a cielo abierto pag.8 (Enciclopedia Encarta 2000 Microsoft.)

Fig. 2 Mina subterránea pag.8(Enciclopedia Encarta 2000 Microsoft.)

Fig. 3, 4, 6, 7 Configuración atómica y electrónica del Níquel y del Titanio pags 10, 20 Internet Explorer www.environmentalchemistry.com

Fig. 8 Horno de procesamiento del Titanio Ingeniería Metalúrgica de Raymond A. Higgins. Pag.22 (1960)

Fig. 9 Fase austenítica-martensítica Internet Explorer www.a1avisio.com shape memory alloys.

Fig. 10, 11 Pruebas de fractura por torsión pag.29 JOE 1988 WALIA H. An Initial Investigation of the Bending and Torsional Properties of NITINOL Root Canal Files.

Fig. 12 Flexibilidad del NiTi pag.41cortesía del Dr. Carlos Tinajero M.

Fig. 13 Técnica Crown-Down pag.38 cortesía del Dr. Carlos Tinajero M.

Fig. 14 Motor Técnica www.dentsply.com, motor Moyco U.B. cortesía del Dr. Carlos Tinajero M. Pag.39

Fig. 15 Internet Explorer www.lightspeedinc.com, y punta activa de un instrumento Lightspeed cortesía del Dr. Carlos Tinajero M. Pag.40

Fig. 16,17 Internet Explorer www.profile.com pag.41

Fig.18,19 Internet Explorer www.prodonta.com pag.45,46

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. CARL G. JOHNSON (1961). Metalurgia. Información moderna y práctica sobre la obtención de los metales partiendo de sus minerales, así como las operaciones para su afino y aleación. 4ª. Ed. Pp. 55, 264-267
2. RAYMOND A. HIGGINS (1974). Ingeniería Metalúrgica. "Metalurgia Física Aplicada" Tomo I. 1ª Ed. Pp. 241- 242, 368-369.
3. SYDNEY H. AVNER (1979) Introducción a la Metalurgia Física. 2ª Ed. Capítulo 12. Metales y Aleaciones no Ferrosas. Pp. 503-512, 520-526
4. C. CHAUSSIN, G. HILLY, P. CHEVENARD (1967) Metalurgia. Tomo I. "Aleaciones Metálicas". Pp 226-228.
5. ENVIRONMENTAL CHEMISTRY.COM (PERIODIC TABLE OF ELEMENTS).
6. L.F. MONDOLFO, OTTO ZMESKAL (1955) Engineering Metallurgy. Chapter 14. "Iron and similar Metals". Pp. 339
7. CARLOS ONTIVEROS PELÁEZ (INFORMACIÓN OBTENIDA DE INTERNET. COPr.)www.altavista.com /Titanio.
8. RAYMOND A. HIGGINS (1960). Ingeniería Metalúrgica. Tomo II. "Tecnología de los procesos metalúrgicos".
9. TERAMOTO OHARA, ALBERTO. Práctica Odontológica. "Aleaciones de Níquel-Titanio". Vol 16 Num.2, Feb. 1995 Pp. 7-8
10. KAUFFMAN, GEORGE, AND ISAAC MAYO. Chem Matters "Memory Metal" Oct. 1993: 4-7
11. SIMON CIVJAN. Journal of Dental Reserch. "Potential Applications of Certain Nickel-Titanium (Nitinol) Alloys". Jan-Feb 1975. Pp. 89-96.
12. WALIA H, BRANTLEY WA, GERSTEIN H. J Endodon "An inicial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files". 1998; 4 (7):346-351.

13. FUJIO MIURA, MASAKUNI MOGI, YOSHIAKI OHURA, HITOSHI HAMANAKA. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. "The super-elastic property of the japanese NiTi alloy wire for use in orthodontics". Vol 90 Number 1 July 1986. Pp.1-10
14. SALWA E. KHIER, WILLIAM A. BRANTLEY. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. "Bending properties of superelastic and non superelastics nickel-titanium orthodontic wires". (1991); 99:310-318
15. CHARLES J. BURSTONE. American Journal of Orthodontics. "Chinese NiTi wire- A new orthodontic alloy". Vol 87. Number 6 June 1985:445-452.
16. GERALD N. GLICKMAN, DDS, MD. Revista de Operatoria y Endodóncia. "Níquel-Titanio en Endodóncia" (1997),1,3 Universidad de Michigan (EE.UU.)
17. J. J. CAMPS, W. J. PERTOT. International Endodontic Journal. "Torsional and Stiffness properties of nickel-titanium K files". (1995), 28, 239-243.
18. PETER T. ESPOSITO. Journal of Endodontics. "A Comparasion of Canal Preparation whith Nickel-Titanium and Stainless Steel Instruments." (1995), 21, 173-176.
19. W. G. KUHN, DAVID L. CARNES, D.J. CLEMENT, W.A. WALKER III. Journal of Endodontics. "Effect of Tip Design of Nickel-Titanium and Stainless Steel Files on Root Canal Preparation" (1997), 23, 735-738.
20. JOSEPH SILVAGGIO, DMD. Journal of Endodontics. "Effect of Heat Sterilization on the torsional Proprieties of rotatory Nickel-Titanium Endodontic Files". (1997), 23, 731-734.
21. MIGUEL ROIG CAYÓN, CARLOS CANALDA SAHLI, ESTEBAN BRAU AGUADÉ. Operatoria Dental Endodóncia 1997; 1 (3) "Sistema de instrumentación mecánico Lightspeed"
22. DONALD E. ARENS, DDS, MSD. Dentistry Today. "The crown-down Technique: A Paradigm Shift. August 1996.

23. J. PUMAROLA SUÑE, C. CANALDA SAHLI, E. BRAU AGUADÉ.
Endodóncia "*Valoración de las limas mecánico-rotatorias HERO 642:Propuesta de una nueva secuencia clínica*". Vol.17. Numero 3
Jul-Sept 1999.