



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO ESPECIALIDAD DE ORTODONCIA

TESIS

PARA OBTENCIÓN DE EL GRADO DE:
ESPECIALISTA EN ORTODONCIA

PRESENTA:

C.D. ROXANA GARCÍA GARDUÑO

ANÁLISIS TOPOGRÁFICO MEDIANTE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE
BARRIDO (SEM) DE GRIETAS INTERNAS Y EXTERNAS EN ALAMBRES DE
ACERO INOXIDABLE 0.9 mm UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE APARATOLOGÍA
ORTOPÉDICA MAXILAR.

ASESOR:

C.D.E.O ELIZABETH ZEPEDA MALDONADO

ASESOR METODOLÓGICO:

M.C. HÉCTOR RUÍZ REYES

ASESOR EXTERNO:

DR. IGNACIO MEJÍA GRANADOS

Profesor e Investigador Titular "C"

, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO

FEBRERO 2012

INDICE GENERAL

RESUMEN	6
1.- INTRODUCCION	8
2.- ANTECEDENTES GENERALES	
2.1.-Ortopedia Maxilar	10
2.2.-Características de las Terapias Ortopédico Funcionales (TOF)	12
2.3.-Aparatos Ortopédicos	13
2.4.-Modelador Elástico Bimler	13
2.5.-Descripción general del diseño Bimler	15
-a) Arco vestibular superior	15
-b) Placas palatinas	15
-c) Resorte de coffin	16
-d) Arco lingual	16
-e) Resortes frontales	17
2.6.-Tratamiento temprano	17
2.7.-Deformación Elástica	18
2.8.-Diseño de la Aparatología Ortopédica Maxilar	22
2.9.-Características ideales de los alambres para uso ortodóntico	23
2.10.-Acero inoxidable en Ortodoncia	24
2.11.-Composición de los tres tipos de acero inoxidable	26
2.12.-Resistencia a la corrosión	28
2.13.-Valores del alambre	29
tabla de conversión de alambre ortodónticos	30
2.14.-Alambres Dentaurem Remanium	30
2.15.-Tratamiento con calor para los alambres de SS	31
2.16.-Agregados e impurezas en los materiales	32
2.17.-Importancia del MEB	33

3.- ANTECEDENTES ESPECÍFICOS_____	35
4.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA_____	42
-4.1.-Pregunta de investigación_____	43
5.-JUSTIFICACIÓN_____	44
6.- HIPÓTESIS_____	45
-6.1.-Hipótesis de Trabajo	
-6.2.-Hipótesis alterna	
7.- OBJETIVOS_____	46
-7.1.-Objetivo General	
-7.2.-Objetivos Específicos	
8.- MATERIAL Y MÉTODOS_____	47
-8.1.-Características de la muestra_____	47
-8.2.-Diseño del estudio_____	47
-8.3.-Criterios de Elegibilidad_____	48
-8.4.-Metodología_____	49
-8.5.-Análisis Estadístico_____	52
9.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
-9.1.-Resultados obtenidos de longitud grietas en región externa del dobléz_____	53
-9.2.-Resultados obtenidos de longitud grietas en región interna del dobléz_____	56
-9.3.- Resultados obtenidos de número de grietas en región externa del dobléz_____	60
-9.4.- Resultados obtenidos de número de grietas en región interna del dobléz_____	63
-9.5.- Resultados obtenidos de tamaño de grietas en región externa del dobléz_____	66
-9.6.- Resultados obtenidos de tamaño de grietas en región interna del dobléz_____	70
-9.7.-Resultados de Espectros Químicos_____	74

9.7.1-Resultados Generales de composición química de las diferentes marcas	74
9.7.2.-Espectros por EDS de las diferentes marcas	74
9.7.3.-Gráficas de espectros	80
9.7.3.1-Contenido de Carbono	80
9.7.3.2-Contenido de Cromo	81
9.7.3.3-Contenido de Níquel	82
9.7.3.4-Contenido de Hierro	84
9.7.3.5-Contenido de Silicio	85
9.7.3.6-Contenido de Titanio	86
9.7.3.7-Contenido de Molibdeno	87
9.7.3.8-Contenido Oxígeno	88
9.7.3.9-Contenido de Aluminio	89
10.- CONCLUSIONES	91
11.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
12.- ANEXOS	97

RESUMEN

Se observa que la creciente demanda del Servicio de Ortopedia maxilar en la Clínica Universitaria de la división de Estudios de Posgrado de la U.M.S.N.H, permite apreciar la necesidad de implementar dicha atención al tratamiento temprano de severas desarmonías dento-maxilares. Por tal motivo se requiere aportar los mejores materiales para llevar con éxito dichos tratamientos tan solicitados.

No hay evidencia de estudios similares a éste y debido a que existe gran variabilidad de marcas comerciales del alambre 0.9 mm de acero inoxidable, es de gran importancia conocer e incluso mejorar su composición química, superficie, propiedades y calidad para su mejor aplicación en la fabricación de los aparatos ortopédicos.

OBJETIVO: Con esta investigación será posible determinar el número y tamaño de grietas, así como la composición química de las 9 marcas comerciales de los alambres de acero inoxidable 0.9 mm en condición de doblez mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Esto permitirá seleccionar la marca de alambre más adecuado para el diseño de aparatos ortopédicos.

MATERIAL Y MÉTODOS: Se fabricaron dobleces de 90° en cada tramo de alambre de acero inoxidable de 0.9 mm de diferentes marcas comerciales (Dentaurum, 3M, ORMCO, American Orthodontic, American Orthotech, Morelli, Denti - cast, Tirdent y Gac.)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN: De acuerdo a los diferentes resultados obtenidos, hay gran variabilidad en cada una de las marcas comerciales en lo que respecta a su composición química y a su presencia de grietas, pero como se mencionó anteriormente, debemos resaltar los resultados obtenidos del tamaño de grieta de nuestro material, especificando lo que resultó en las regiones externas del doblez, ya que para determinar la calidad y durabilidad de nuestros alambres de acero

inoxidable 0.9 mm , ésta área es la que determina la situación más crítica, ya que su estado de esfuerzos es de tensión y facilita el crecimiento de grietas hasta la ruptura.

CONCLUSIONES: Tomando en cuenta el parámetro del tamaño de grieta, podemos determinar a la marca comercial Tirden como la de mejor calidad, ya que es la que presenta el menor tamaño de grieta, por lo que se considera a ésta marca como de las más resistentes y duraderas, ya que su tamaño de grieta nos da la confiabilidad que es la marca que menos tiende a propagar grietas grandes y por lo tanto la menos susceptible a la fractura. Es la marca que presenta la mayor cantidad de molibdeno esto hace que sea más resistente.

De lo contrario la marca American Orthotech se considera la de menor calidad por su gran propagación de grietas

I.- INTRODUCCION

El objetivo de la Ortopedia Maxilar es la prevención y corrección de las desarmonías dento-maxilo-faciales, con el fin de obtener una oclusión clase I mediante aparatos ortopédicos, los cuales logran la reestructuración de los tejidos y la modificación de las funciones musculares del sistema estomatognático.

Los beneficios reportados para el paciente con el tratamiento temprano con aparatos ortopédicos indican: mayor posibilidad para modificar el proceso de crecimiento, resolución o intercepción temprana de maloclusiones, resultados más estables, terapias más cortas, menor potencial para daños iatrogénicos y evitar daños como fracturas dentales (1).

Para ser efectivos, los aparatos funcionales deben usarse durante el crecimiento y proceso de erupción dental.

La selección del acero inoxidable para la fabricación de estos aparatos está basada en que posee una serie de propiedades que lo capacitan para cumplir con eficiencia y funcionalidad. Entre la amplia variedad de materiales disponibles comercialmente, sólo un número limitado pueden ser empleados como biomateriales en medicina y odontología. La razón para esto es que los biomateriales deben satisfacer dos requerimientos importantes: biofuncionalidad, y biocompatibilidad. Por suerte el acero inoxidable es uno de los materiales que presenta estas características, además de tener una resistencia de duración permanente, ser elástico y tener un costo razonable, presume que es un material ideal para la ortopedia maxilar.

El diseño de un aparato ortopédico depende de una comprensión total de las variables físicas y biológicas, es una buena idea ir más allá de la fuerza necesaria y crear un factor de seguridad, así se evitará que haya deformación permanente o

rotura por sobrecarga accidental.

La calidad de un material se basa en la cantidad y calidad de impurezas que lo conformen, hay materiales defectuosos que tienden a ser más quebradizos por la calidad de aleaciones que lo conforman. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo el análisis de grietas en áreas internas y externas en dobleces de acero inoxidable 0.9 mm utilizados en el diseño de aparatos ortopédicos maxilares de 9 marcas comerciales de aplicación ortopédica – ortodóntica, por medio de la microscopía electrónica de barrido.

2. ANTECEDENTES GENERALES

2.1 ORTOPEDIA MAXILAR

Etimológicamente, la palabra ortopedia tiene sus orígenes en (ortox), prefijo griego que significa derecho, y (pedia) que significa niño o extremidad (hueso), agregando el término “maxilar” para diferenciar el lugar anatómico (2)

La Ortopedia Maxilar es la rama de la Odontología que tiene por objeto el estudio, prevención y corrección de las desarmonías dento-maxilo-faciales, es decir, de las alteraciones de tamaño, forma, posición de los maxilares, dientes y además de los órganos que los rodean como labios, lengua, con el fin de restaurar el sistema estomatognático.(3)

Fue introducida en el mundo de la ortodoncia oficialmente en 1936 por Andresen y Haulp, bajo el concepto de ser una alternativa diferente en el tratamiento de las maloclusiones; como es conocido, esta filosofía de tratamiento fue objeto de profundos apasionamientos tanto de adherentes como de opositores.

Se desarrolló principalmente en Europa y fue trasladada a América por profesores de la talla de Egil Harvold, Rolf Fränkel, Hans P. Bimler.

La Ortopedia Funcional de los Maxilares es el sistema de tratamiento ortodóntico que hace uso de fuerzas que actúan en y alrededor de la dentición humana durante las actividades de la fase masticatoria.

En casos adecuados, el tratamiento con aparatos funcionales (Fig 1 y 2) ofrece un medio para tratar las maloclusiones graves de manera simple (4,5).

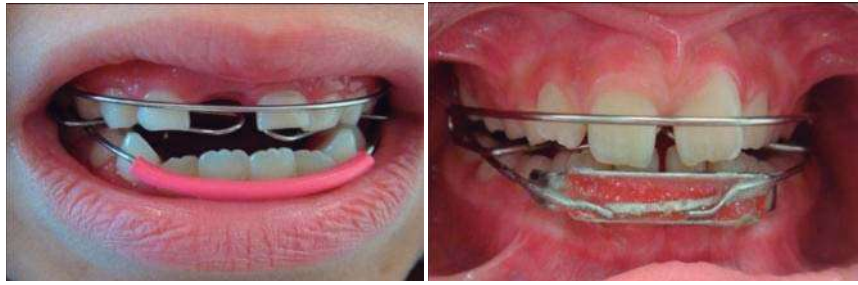


FIG. 1 Y 2. APARATOS ORTOPÉDICOS FUNCIONALES. FUENTE PROPIA

El objetivo de la ortopedia y ortodoncia es la corrección de las maloclusiones dentales con el fin de obtener una normooclusión mediante aparatos ortopédicos, los cuales logran la reestructuración de los tejidos y la modificación de las funciones musculares del sistema estomatognático.

Se dice que la Ortopedia Funcional usa cuatro fuerzas naturales: la de el crecimiento y desarrollo; la de la erupción; la de la postura y movimientos de la lengua y la mandíbula.(6)

Desde un punto de vista general, los aparatos de ortopedia se pueden subdividir en activos y pasivos, fijos y removibles, mecánicos y funcionales (Fig.3)(4,7)



FIG.3. APARATOS ORTOPÉDICOS. FUENTE PROPIA

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS TERAPIAS ORTOPÉDICO - FUNCIONALES MAXILARES (TOF)

Las principales características de las terapias ortopédico-funcionales son:

- a) Anclaje bimaxilar: la aparatología trabaja simultáneamente en ambos maxilares, los aparatos van sueltos en la cavidad oral y son transmisores de los estímulos funcionales provenientes de la lengua, la musculatura perioral, la deglución y demás funciones orales hacia los huesos y dientes.
- b) Terapia precoz: las TOF apuntan a generar cambios no sólo dentoalveolares sino también a nivel esquelético, lo cual significa que el paciente requiere tener aún potencial de crecimiento, por lo tanto se trabaja tempranamente a fin de combatir cualquier alteración en el normal desarrollo de las estructuras bucales y faciales de nuestros pacientes.
- c) Terapia no extraccionista: es aspiración de las TOF el procurar el máximo desarrollo de la cavidad bucal, suprimiendo los obstáculos que pudieran existir y procurando crear una atmósfera de funcionamiento adecuado a fin de que la función sea el motor del desarrollo armónico del sistema, como principio esperamos construir una oclusión sin tener que llegar a realizar exodoncias de piezas permanentes.

Si se incrementa y aplica la atención ortopédica de manera oportuna, se reducirá la incidencia de malas posiciones dentarias y problemas anatomofisiológicos del aparato estomatognático, además de disminuir y/o evitar los tratamientos de ortodoncia.

Se observa que la creciente demanda del Servicio de Ortopedia maxilar, como indicador estadístico, permite apreciar la necesidad de implementar dicha atención en más clínicas en el estado.

2.3 APARATOS ORTOPEDICOS

Los aparatos funcionales ortopédicos actúan a través de los músculos masticatorios, que tienen sus orígenes e inserciones en los huesos, o a través de los músculos craneofaciales o linguales, que tienen sus orígenes e inserciones, o ambos en tejidos blandos (8). Por mencionar algunos aparatos Ortopédicos, se encuentra el Activador, Bionator, Fränkel, Placas Schwarz etc. (Fig 4). Aunque es el Bimler, el más conocido por nosotros; por tal motivo es el que desarrollaremos su descripción.

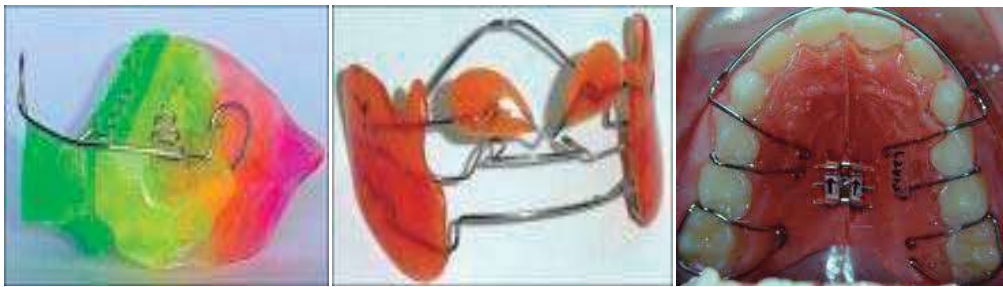


FIG.4. APARATOS ORTOPEDICOS. Ref 36.

2.4 MODELADOR ELÁSTICO BIMLER

Este aparato lo desarrolló el Dr. Bimler a finales de la década de los 50 del siglo XX, él inició la terapéutica “dinámico funcional” en 1943. El Modelador Elástico de Bimler es un aparato que se clasifica dentro del grupo de Aparatos Funcionales Elásticos con apoyo dental Activo.

Cabe recordar la palabra “dinámico” significa el conjunto de las fuerzas emanadas del movimiento permitido por la elasticidad de los elementos que lo forman (2,9)

Es un aparato reducido deacrílico, con una alta cantidad de estructura alámbrica en su diseño, esto es lo que le da su capacidad elástica. Se acompañan de una

gran cantidad de elementos activos para anclaje, apoyo y también para realizar movimientos dentarios.

Permite hacer movimientos de lateralidad y linguales, los cuales ayudan a estimular el crecimiento óseo; facilita las funciones de fonación y deglución, con lo cual permite llevarlo todo el día, y así se evita la posible recidiva que se produce con el activador que se usa sólo de noche.

La evolución de las formas iniciales llevó al autor a construir tres tipos de modeladores elásticos que son aplicados dependiendo de la maloclusión a tratar: (Figuras 5,6 y 7)

A (Standard) (Fig 5)

B (deck-biss) (Fig 6)

C (Progenie) (Fig 7)



FIG 5. MODELADOR ELÁSTICO STANDARD. FIG. 6 MODELADOR ELÁSTICO DECK-BISS. FIG 7. MODELADOR ELÁSTICO PROGENIE. FUENTE PROPIA

2.5.-DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DISEÑO BIMLER

A) ARCO VESTIBULAR SUPERIOR

El arco vestibular puede o no apoyarse sobre los incisivos superiores, va a extenderse hasta la mitad de la cara vestibular del primer o segundo premolar superior, desde ahí gira sobre sí mismo formando un asa en “U” en el plano vertical. Este diseño es similar al que realiza Balters en el Bionator con las asas buccinadoras y va a tener una función similar. Éste se muestra en la Figura 8.

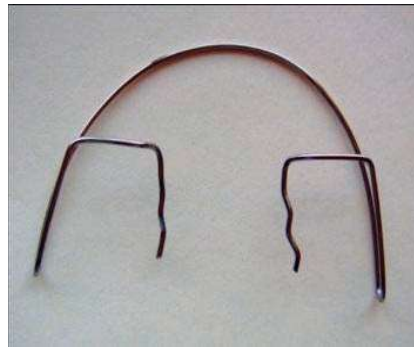


FIG 8. ARCO VESTIBULAR SUPERIOR. FUENTE PROPIA

B) PLACAS PALATINAS

Es de los pocos elementos de acrílicos que tiene este aparato. Están dispuestas y adaptadas a la bóveda palatina en su zona más vertical. De estas placas parten el arco vestibular y el arco lingual. Éste se muestra en la Figura 9.



FIG 9. PLACAS PALATINAS. FUENTE PROPIA

C) RESORTE DE COFFIN

Descrito por Walter Coffin en 1881(10). Se inserta entre las dos placas palatinas. No tiene la misma función que tiene el Bionator y puede activarse para realizar una expansión dentoalveolar activa (7). Éste se muestra en la Figura 10.



FIG 10. RESORTE DE COFFIN. FUENTE PROPIA

C) ARCO LINGUAL

Es el responsable de la posición mandibular y parte de las placas palatinas, extendiéndose hasta el borde mesial del canino inferior, girando sobre sí mismo y saliendo a la zona vestibular en el punto de contacto entre los dos premolares (11). Mostrado en la siguiente figura. Figura 11.

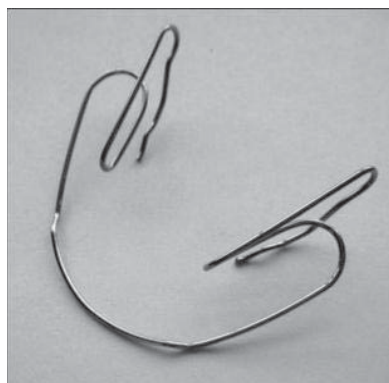


FIG 11. ARCO LINGUAL. FUENTE PROPIA

D) RESORTES FRONTALES

Son diseñados para casos en donde existe una retrusión de los incisivos superiores, y son utilizados para protrusión de éstos. Éstos son mostrados en la Figura 12.

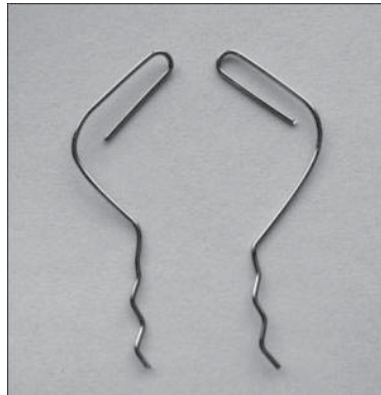


FIG 12. RESORTES FRONTALES. FUENTE PROPIA

2.6. TRATAMIENTO TEMPRANO

La Asociación Americana de Ortodoncia define al tratamiento temprano como el tratamiento comenzado, sea en la dentición primaria o mixta, que se realiza para mejorar el desarrollo dental y esquelético antes de la erupción de la dentición permanente y cuyo propósito específico sea corregir o interceptar maloclusiones y reducir el tiempo de tratamiento en la dentición permanente.

Los beneficios reportados para el paciente con el tratamiento temprano: mayor posibilidad para modificar el proceso de crecimiento, resolución o intercepción temprana de maloclusiones, resultados más estables, terapias más cortas, menor potencial para daños iatrogénicos y evitar daños como fracturas dentales.(1)

Para ser efectivos, los aparatos funcionales se deben usar durante el crecimiento y la erupción de los dientes. La mayor parte del crecimiento se da durante las

horas de la noche cuando se libera la hormona del crecimiento (la tiroxina y la somatometina)(12)

2.7 DEFORMACIÓN ELÁSTICA

La absorción de energía en un miembro flexible es resultado de la deformación elástica que ocurre durante la aplicación de una fuerza o carga. Las deformaciones elásticas son cambios en la forma o configuración que pueden revertirse cuando se retira la carga. Una fuerza que actúa a lo largo de el eje estructural del alambre puede generar “compresión o tensión” donde puede aumentar o disminuir la longitud del eje estructural, por consiguiente se le denomina “carga axial”. Fig13. En cambio si un momento actúa perpendicularmente al eje se produce “torsión” que es cuando el alambre rota en torno del eje estructural y la mayor deformación elástica ocurre en la periferia del alambre. Fig. 14. Cuando el eje estructural cambia su configuración transversalmente o en ángulo recto respecto de su eje estructural original existe “doblez o flexión” (13). Fig. 15.

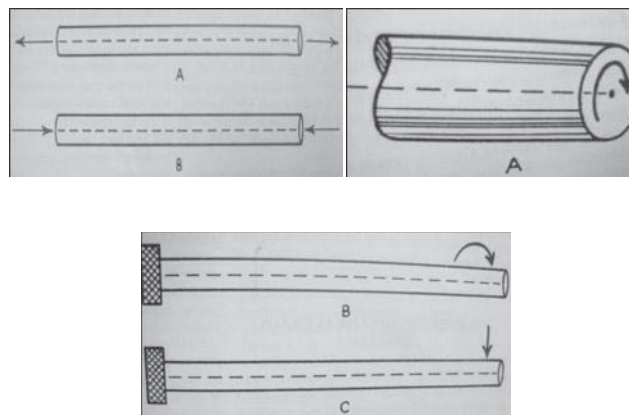


FIG 13.COMPRESIÓN Y TENSIÓN. FIG 14.TORSIÓN. FIG 15.DOBLEZ O FLEXIÓN. Graber Vanarsdall, 2003

Cuando hay una deformación no permanente o elástica, hay poco estrés, los átomos retornan a su posición original, si el estrés supera el límite elástico los átomos sufren un leve desplazamiento; y se dará una deformación permanente o plástica. Cuando el estrés es aún más grande el material se fracturará (13). En la siguiente figura (fig.16) se ejemplifica un alambre remanium cómo influye el aumento de la resistencia sobre la deformabilidad plástica. (A mayor resistencia, menor deformación de rotura y mayor fragilidad)

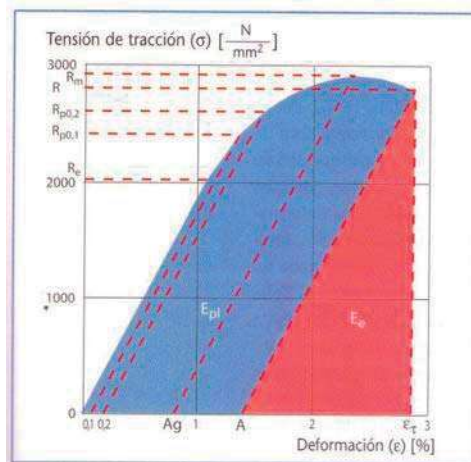


FIG 16. DEFORMABILIDAD PLÁSTICA. Friedrich Sernetz, Quintessence. Ref 7.

La marca de unos alicates (en este caso de unos alicates Ader sobre un alambre de Remanium de diámetro 0.9 mm. Fig.17 o de un dispositivo para ensayos de dureza constituye un signo de que se ha sobrepasado el límite de elasticidad.

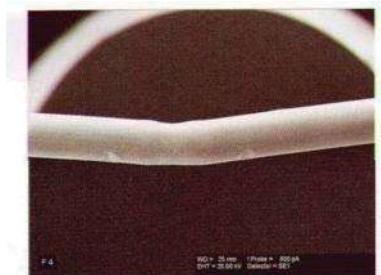


FIG 17. MARCA DE UNOS ALICATES SOBRE ALAMBRE REMANIUM. Friedrich Sernetz, Quintessence. Ref 7.

Cuanto mayor es la resistencia de un alambre menor es la deformación de rotura y mayor la fragilidad. Los alambres de alta resistencia tienen una elevada elasticidad, si bien presentan una deformabilidad plástica cada vez menor. Por tanto, se rompen aunque haya deformación plástica pequeña. Se requiere que se produzca una deformación plástica para doblar un alambre definitivamente. Un hélice, un bucle o un arco son ejemplos de cuando el doblado supera el límite de elasticidad.

En el doblado, la sección transversal de un alambre se presenta como si estuviera compuesta de fibras. Las fibras de los extremos soportan una carga diferente a la fibra neutra del interior del alambre, que se considera libre de fuerzas. Según lo pronunciado que sea el arco del alambre y de lo grande que sea su diámetro, enseguida se supera el límite de elasticidad en la fibra externa es decir, en la superficie del alambre, durante el correspondiente doblado. Figura 18.

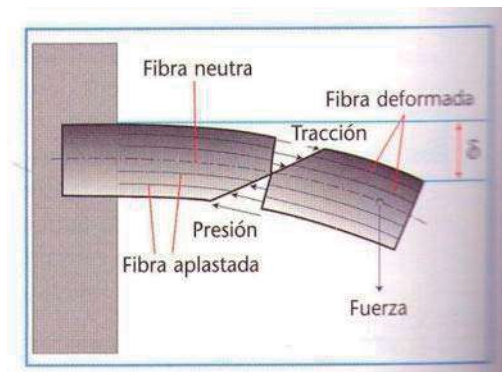


FIG.18. TRAYECTORIA RADIAL DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN Y PRESIÓN DURANTE EL DOBLADO DE UN ALAMBRE. Quintessence. Ref 7.

Si hay poca deformabilidad plástica, es decir, si la deformación de rotura es baja o la fragilidad es alta, también se supera la resistencia a la rotura (en los ensayos de tracción, también llamada resistencia del desgarro) en la superficie del alambre. En éste caso, el alambre no debe romperse todavía, aunque después de la descarga puede quedar una pequeña grieta en la fibra externa de la superficie a menudo solo perceptible al microscopio.

Hay que entender la rotura de una alambre como el final de un fenómeno de agrietamiento, por daños causados ya sea por el fabricante o por el ortodoncista, y asimismo, puede apreciarse en la superficie real de la rotura si se trata de un problema de el material. (14). Cuando se dobla un alambre, habrá alargamiento y tensión en su porción externa del dobléz y en su parte interna habrá contracción y compresión, lo que provocará un endurecimiento del material. Figura 19.

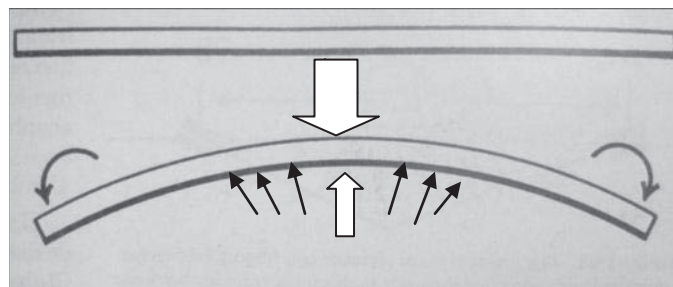


FIG 19 ENDURECIMIENTO DEL MATERIAL AL DOBLADO. .Graber Vanarsdall, 2003.Ref 2.

La situación más crítica del doblado es el área externa del dobléz, ya que el estado de esfuerzos es de “tensión” donde es fácilmente que se produzcan grietas y propagación de ellas, por lo que es más susceptible a que haya fracturas en esta región. La teoría de “Nucleación y propagación de grietas” habla de el tamaño crítico de grieta, mencionando que las grietas que se presenten menores a éste tamaño crítico no afectan, pues se mantienen en su tamaño, pero las grietas

mayores a éste tamaño crítico afectarán al material ya que tienden a propagarse y causar grietas más grandes.

Por lo tanto, el parámetro más importante con el que se relaciona la calidad de un alambre es “el tamaño de grieta”.

2.8 DISEÑO DE LA APARTOLOGIA ORTOPEDICA MAXILAR

El conocimiento integral de las propiedades mecánica y físicas de una aleación es importante en el diseño de un aparato ortodóntico (13).

La Ortopedia Funcional de los Maxilares comprende el tratamiento con el diseño de un aparato, al cual se le colocan aditamentos holgados con el propósito de producir una reorientación en las presiones de los músculos faciales o masticatorios a los dientes y sus estructuras de soporte para producir mejorías en la alineación y relaciones oclusales.(4)

Al diseñar un aparato es una buena idea ir más allá de la fuerza necesaria y crear un factor de seguridad, así se evitará que haya deformación permanente o rotura por sobrecarga accidental.

El diseño de un aparato ortopédico depende de una comprensión total de las variables físicas y biológicas.

1.- La persona que haga el diseño debe considerar ciertas premisas sobre la naturaleza de la fuerza y el movimiento dentario. Fig.20. Sus objetivos deben ser biológicamente sanos, reconociendo no solo los cambios histológicos alrededor de los dientes sino los del crecimiento facial.



FIG 20. SE MUESTRA COMO EL ALAMBRE ES DOBLADO CON LOS DEDOS Y SOSTENIDO CON LA PINZA. FUENTE PROPIA.

- 2.- Se debe decidir un diseño el cual tendrá que generar el sistema de fuerzas requerido.
- 3.- Una vez establecido el diseño general, puede determinarse sus dimensiones generales, tener en cuenta la comodidad e higiene bucal del paciente.
- 4.- Cuando se conoce las dimensiones de un miembro es posible elegir el tipo de material con que se ha de hacer.

Esto no quiere indicar que los aparatos deban diseñarse siempre siguiendo la misma secuencia lógica. Los principios básicos de ingeniería, física y biofísica abren el camino hacia el mejor diseño de los aparatos ortodónticos. Si los investigadores y clínicos son capaces de cuantificar los sistemas de fuerza aplicados a los dientes, habrían de comprender mejor las respuestas clínicas e histológicas, lo que puede permitir mejores resultados terapéuticos. A su vez el desarrollo del diseño implica cierto porcentaje de intuición, así como experimentación clínica y de laboratorio.(13)

2.9 CARACTERÍSTICAS IDEALES DE LOS ALAMBRES PARA USO ORTODÓNTICO

Un metal está formado por átomos que se relacionan entre sí constituyendo una red atómica de forma determinada. Los alambres son metales en forma de hilo

que han sufrido estiramiento por fuerzas traccionales.(15) Si se observa la estructura de un alambre bajo el microscopio electrónico se podrá apreciar que consta de diversos cristales o granos de forma irregular, que tropiezan en sus límites entre sí. A los granos se les denomina también monocristales. La red de átomos de cada grano puede presentar una estructura más o menos ordenada.

Entre la amplia variedad de materiales disponibles comercialmente, sólo un número limitado pueden ser empleados como biomateriales en medicina y odontología. La razón para esto es que los biomateriales deben satisfacer dos requerimientos importantes: (a) biofuncionalidad, y (b) biocompatibilidad. La biofuncionalidad se refiere a la capacidad de los biomateriales para desempeñar las funciones deseadas durante un periodo esperado en el cuerpo. La biocompatibilidad es la capacidad de los materiales para no presentar toxicidad durante el periodo implantando.

Antes de los años cincuenta, solían utilizarse aleaciones de metales preciosos para usos ortodónticos, debido fundamentalmente a que no existía ningún otro material que soportase las condiciones intraorales. El Oro era el material pionero en la aplicación ortodóntica, se empleaba en la confección de bandas y arcos, pero el oro utilizado no era puro, sino que se combinaba con plata, paladio, platino y otros elementos; de ese modo variaba su comportamiento, ya que el metal puro resulta muy blando. Su elevado costo y su falta de determinadas propiedades mecánicas, junto con su aparición del acero inoxidable, hicieron que fuese totalmente reemplazado en ortodoncia.(16)

2.10. ACERO INOXIDABLE EN ORTODONCIA

La aparición del acero inoxidable en Odontología fue en 1919 por el Dr. F. Hauptmeyer y en 1937 se confirmaba el valor del acero inoxidable como material

ortodóntico. A pesar de su mayor rigidez, se convirtió en el alambre clínico ortodóntico de elección sobre el oro (17,18)

Desde mediados de este siglo las aleaciones usadas en ortodoncia son casi en su totalidad aceros inoxidable debido a que estos por sus grandes propiedades permiten mejores resultados que algún otro material. Cuenta con un balance en su medio ambiente de estabilidad, rigidez, resiliencia y maleabilidad desde su introducción a la ortodoncia.(19,20). Debido a las exigencias a que están sometidos los aparatos ortodónticos, por el hecho de permanecer en la boca durante períodos de tiempo, expuestos a tensiones, al ambiente corrosivo, y debido a que ellos mismos deben realizar el trabajo, la aleación con la cual deben fabricarse tiene que poseer necesariamente algunas propiedades biológicas, físicas y mecánicas que les permitan ser eficaces y duraderas.

La selección del acero inoxidable para la fabricación de estos aparatos está basada en que posee una serie de propiedades que lo capacitan para cumplir con eficiencia su función.

Dentro del grupo de los aceros aleados vamos a encontrar al conjunto de los aceros inoxidables, que son los más recomendados para la realización de aparatos ortodónticos.

Composición.

Los principales elementos que constituyen a los aceros inoxidables son: Hierro (Fe), Carbono (C), Cromo (Cr) y Níquel (Ni).

La proporción en que ellos intervienen en la aleación va a producir modificación de las propiedades y en base a ello se encuentran diferentes categorías que se reconocen en la literatura dental y metalurgia como: ferríticos, martensíticos y austeníticos, los cuáles van a permitir:

- Mejorar la resistencia a temperatura ambiente.
- Aumentar la resistencia al desgaste.

- Aumentar la resistencia a la corrosión.
- Mejorar las propiedades físicas a cualquier temperatura.

Clasificación: Los aceros se clasifican según el Sistema del American Iron and Steel Institute (AISI) Ésta clasificación equivale al Unified Number System (UNS) y a las normas Alemanas (DIN). Los aceros que poseen números AISI que comienzan con la cifra 3 son todos los austeníticos; cuanto mayor sea el número menos no ferrosa (o sea más cara) será la aleación. La letra L denota bajo contenido de carbono(13)

2.11. COMPOSICIÓN DE LOS TRES TIPOS DE ACERO INOXIDABLE

Grupo Ferríticos:

Cromo%: 11,5 – 27

Níquel%: 0

Carbono%: Max: 0,2

Hierro%: 88,3 – 78,3

Grupo Martensíticos:

Cromo%: 11,5 – 17

Níquel%: 0 – 2,5.

Carbono%: Max: 0,25

Hierro%: 88,3 – 80,2

Grupo Austeníticos:

Cromo%: 16 – 26

Níquel%: 7 – 22

Carbono%: 0,08 – 1,20

Hierro%: 76,95 – 50,8

Los aceros inoxidable que contienen solamente cromo, se llaman "ferríticos", ya que tienen una estructura metalográfica formada básicamente por ferrita. Son magnéticos, y se distinguen porque son atraídos por un imán. Estos aceros, con elevados porcentajes de carbono, son templables y, por tanto, pueden endurecerse por tratamiento térmico pasando a llamarse aceros inoxidable "martensíticos", por tener martensita en su estructura metalográfica.

Los aceros inoxidable ferríticos y martensíticos son conocidos como aceros al cromo, ya que, como puede verse en el cuadro, contienen muy poco o nada de níquel.

Estos aceros se emplean en la fabricación de instrumentos y partes de equipos en los cuales se desea alguna resistencia a la pigmentación. El uso de estos tipos de acero es muy limitado en Ortodoncia.

Los aceros inoxidable que contienen más de un 7% de níquel, se llaman "austeníticos", ya que tienen una estructura metalográfica en estado recocido, formada básicamente por austenita. No son magnéticos en estado recocido, y por tanto no son atraídos por un imán. Estos aceros austeníticos se pueden endurecer por deformación, pasando su estructura metalográfica a contener "martensita". En esta situación se convierten en parcialmente magnéticos.

Este grupo representan a las aleaciones que se utilizan con más frecuencia en ortodoncia, para aparatos o estructuras a utilizar en boca.

Dentro de las aleaciones austeníticas, la más popular y empleada en ortodoncia es la conocida como 18 - 8, donde 18 corresponde al contenido porcentual de cromo y el 8 al de níquel, además posee un contenido de carbono entre 0,08% y 0,2% y el resto de hierro.(13,12,21,22,16,35)

Propiedades:

Las propiedades de estas aleaciones que las hacen aptas para su uso en Ortodoncia son:

- Mayor ductilidad y capacidad de asimilar mayor trabajo en frío, sin fracturarse.
- Maleabilidad, es decir, permiten ser laminados.
- Mayor facilidad para ser soldados con soldadura eléctrica.
- Resistencia a la corrosión. (21,23)

2.12. RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

La resistencia a la corrosión de estos aceros es debida a la formación de una capa superficial de óxido de cromo eficazmente de la acción de ciertos agentes de corrosión. A este fenómeno se le llama pasivación. Cómo es lógico suponer mientras más cromo tenga, más resistente a la corrosión será la aleación.

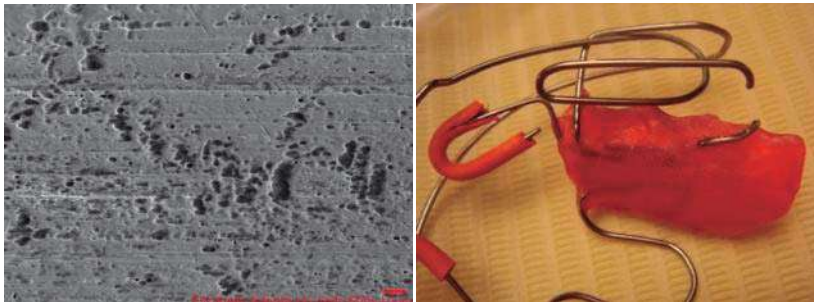


FIG 21. CORROSIÓN MOSTRADA POR EL MEB. Pérez Campos.R.H.A.2009. Ref 19. FIG 22. ALAMBRE FRACTURADO EN APARATO ORTOPÉDICO. FUENTE PROPIA

El acero 18 - 8 es el que tiene mayor resistencia a la pigmentación de entre las aleaciones de uso corriente. En éstas, el cromo y el níquel forman soluciones sólidas con el hierro, lo que brindan una mayor protección contra la corrosión.

Estas aleaciones no son afectadas por los ácidos lácticos o acéticos o por los compuestos sulfurados, los cuales son unos de los contribuyentes de la dieta diaria del hombre.

Está totalmente comprobado lo antes mencionado sobre este tipo de aleaciones; hasta el momento éste es el metal más utilizado para la realización de bandas y retenedores para aparatos Ortodónticos, circunstancia que se puede comprobar al leer cualquier libro de prótesis o Biomateriales Dentales. Es cierto que se necesitan aparatos que puedan ser más resistentes a las alteraciones del medio ambiente, y como este material presenta las características necesarias para lograrlo, apoyamos las teorías antes planteadas, ya que lo que estos autores manifiestan es totalmente valedero y real.

Las grandes propiedades que poseen estos metales (Aceros 18 - 8), han permitido que su uso para la realización de aparatos ortodónticos sea casi indispensable, debido a que estos metales van a originar que el aparato fabricado con éste tenga un mayor tiempo de duración, sea resistente a la corrosión y que a la vez pueda efectuar su trabajo eficazmente y se puedan obtener los resultados esperados.(21)

Por suerte el acero inoxidable es uno de los materiales que presentan resistencia de duración permanente ,esto presume que es un material ideal para la ortopedia maxilar, además de su elasticidad, biocompatibilidad y coste razonable; mientras que por ejemplo, el cobre o el aluminio puros sólo son resistentes por un tiempo limitado. El cobre y el aluminio se rompen siempre que hay una carga oscilante, incluso ante una carga tan pequeña (14)

2.13. VALORES DEL ALAMBRE

La selección de las pulgadas o milímetros para los materiales ortodónticos depende de las costumbres y educación pero es útil saber el equivalente de los calibres de alambre en los 2 sistemas de manera que se puedan utilizar a voluntad y transpolar las dimensiones de una escala a otra cuando se requiera.

La siguiente tabla de conversión de alambres ortodónticos (tabla #1) muestra los valores equivalentes de uso frecuente en la práctica ortodóntica (4) Fig. 21.

Tabla #1. TABLA DE CONVERSIÓN DE ALAMBRES ORTODÓNTICOS. Samir E. Bishara. ORTODONCIA. México: edit. Mc Graw Hill; 2003, pag.315.

Pulgadas	Milímetros
0.014	0.35
0.016	0.40
0.018	0.45
0.020	0.50
0.024	0.60
0.026	0.65
0.028	0.70
0.030	0.75
0.036	0.90

0.001 pulgadas= 1 milésima de pulgada=0.0254mm

2.14. ALAMBRES DENTAURUM REMANIUM

Se distinguen por su absoluta resistencia en boca, exactamente definida solidez y calidad constante. Estos alambres están hechos de acero a base de cromo – níquel de la mejor calidad, de alta resistencia a la corrosión, estirados al diamante. Éstos reúnen todas las propiedades que requiera la ortodoncia, con una amplia gama de calidades y medidas. Sus aplicaciones pueden ser para: ganchos Adams, ganchos triangulares, arcos labiales, ganchos, refuerzos. Fig.23.

Calidad: **duro** - Resistencia a la tracción: 1400 – 1599 N /mm²



FIG 23. ALAMBRES REMANIUM. Ref 35.

2.15. TRATAMIENTO CON CALOR PARA LOS ALAMBRES DE ACERO INOXIDABLE

El doblar los alambres de acero inoxidable produce endurecimiento y conjunto de tensiones que hacen que el alambre regrese a su forma original previa. En la práctica, éstos efectos en las características físicas no causan ningún problema en la construcción del aparato ortodóntico si se tiene cuidado de no sobretrabajar el alambre, y si es necesario, se pueden aliviar las tensiones de trabajo con el calor controlado del alambre después de darle forma.

El tratamiento con calor para liberar tensiones se obtiene al calentar los arcos de alambre con una corriente eléctrica hasta que el alambre se vuelve de un color paja medio. Algunas punteadoras ortodónticas tienen terminales con salidas variables de algunos voltios con los que es posible tratar los arcos de alambre. Los arcos de alambre complejos que contienen resortes no reaccionan de manera uniforme a éste método de tratamiento con calor.

Otro método, recomendable para los alambres de cualquier grosor y forma, es colocarlos en un horno que tenga una temperatura exacta controlada de 399°C por 10 minutos. (4)

2.16. AGREGADOS E IMPUREZAS

En la mayor parte de los casos las imperfecciones de los cristales por ejemplo: huecos, intersticios y dislocaciones contribuyen a debilitar el material. Los huecos son sitios atómicos vacíos. Los intersticios son átomos más pequeños que penetran en la red de estructura cristalina. El carbono, el hidrógeno, el boro, el nitrógeno y el oxígeno son ejemplos de impurezas que a menudo distorcionan estructuras metálicas. (13)(Fig. 24)

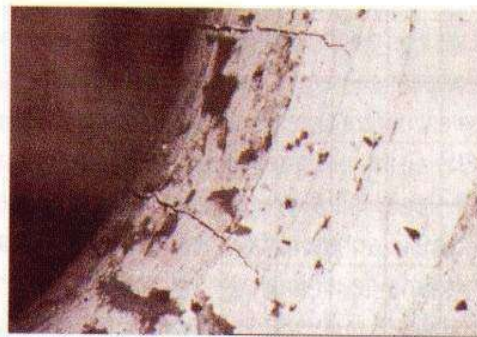
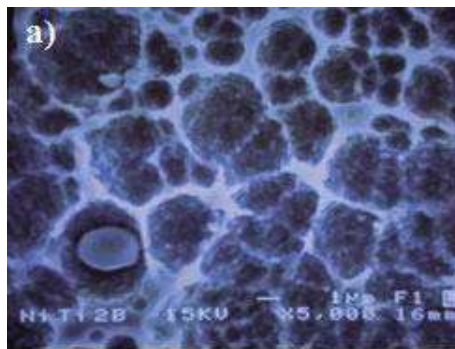


FIG 24. IMPUREZAS Méndez G.M. 2009. Ref 17. FIGURA 25. GRIETAS. Friedrich Sernetz, Quintessence. Ref 7.

La calidad de un material también se basa en la cantidad y calidad de impurezas que lo conformen, hay materiales defectuosos que tienden a ser más quebradizos por la calidad de aleaciones que lo conforman.

Cuando un material se agrieta se dice que primeramente se formó un núcleo de grieta, de ahí pasa a tamaño crítico de grieta, si éste tamaño es más pequeño no afecta, pero si éste tamaño es mayor al “tamaño crítico de grieta” afectará propagándose una grieta grande. (Fig.25)

2.17. IMPORTANCIA DEL MEB

El microscopio electrónico de barrido (SEM) (Fig.26 y 27) es un instrumento que permite la observación y caracterización superficial de materiales inorgánicos y orgánicos, entregando información morfológica del material analizado. A partir de él se producen distintos tipos de señal que se generan desde la muestra y se utilizan para examinar muchas de sus características. Con él se pueden realizar estudios de los aspectos morfológicos de zonas microscópicas de los distintos materiales con los que trabajan los investigadores de la comunidad científica y las empresas privadas, además del procesamiento y análisis de las imágenes obtenidas. Las principales utilidades del SEM son la alta resolución ($\sim 100 \text{ \AA}$), la gran profundidad de campo que le da apariencia tridimensional a las imágenes y la sencilla preparación de las muestras.

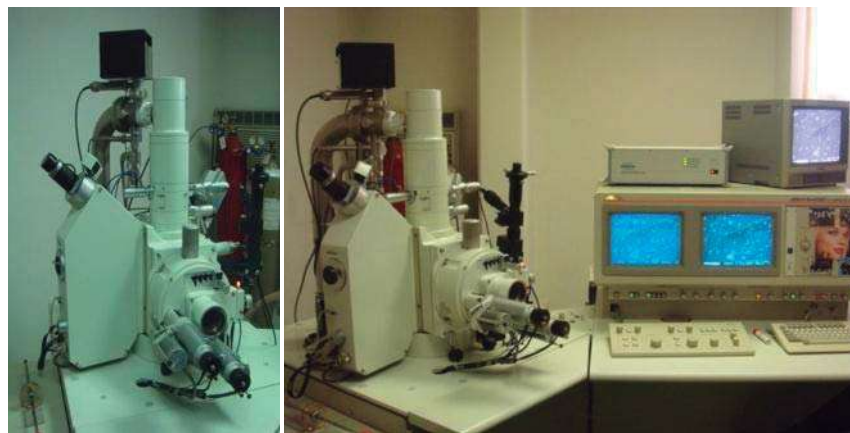


FIG 26 Y 27. MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO. FUENTE PROPIA.

El microscopio electrónico de barrido puede estar equipado con diversos detectores, entre los que se pueden mencionar: un detector de electrones

secundarios para obtener imágenes de alta resolución, un detector de electrones retrodispersados que permite la obtención de imágenes de composición y topografía de la superficie, y un detector de energía dispersiva EDS. En el campo de la odontología son muchas las aplicaciones de las caracterizaciones morfológicas que se pueden realizar con el microscopio electrónico de barrido. (27,28).

El MEB empleado es un SEM (Scanning Electrón Microscopy) modelo JSM 6400, marca JEOL, equipado con microanálisis EDS (Energy Dispersive Spectroscopy), con resolución a 35kv. El área de la muestra a ser examinada es irradiada con un haz de electrones firmemente enfocado de barrido sobre la superficie de la muestra. El tipo de señales utilizadas cuando el haz incide sobre la muestra incluyen electrones secundarios, retrodispersados, y Rayos X característicos.(29)

3. ANTECEDENTES ESPECIFICOS

En un estudio de Friedrich Sernetz y cols. titulado: **¿Porqué a veces se rompen los alambres de los aparatos de Ortopedia Maxilar? Quintessence técnica (ed. esp.) mayo 2005;16(5):44**, realizaron un trabajo el cuál tuvo como objetivo presentar y mostrar las posibles causas de fractura del alambre durante el tratamiento, así como soluciones para evitarlas. Menciona que cuando un alambre se rompe hay una causa detrás, es cuando excede su resistencia de rotura. Aquí hay que diferenciar si el material soporta una carga de tracción, deformación elástica o torsión, en el caso de los aparatos de ortopedia maxilar sólo soportan una carga de deformación elástica, que es cuando queda deformado.

Hay que entender la rotura de un alambre como el final de un fenómeno de agrietamiento. Se demostró que las roturas tienen su origen en una construcción deficiente o en fallos de la superficie del alambre. Cuanto más elástico sea un aparato más se exponen los elementos de alambre a las cargas variables. Algunas normas que pueden ayudar a evitar la rotura de elementos de alambre son: la elección correcta del alambre, evitar daños en la superficie del alambre y tener una construcción del aparato de alta precisión.



Fig.28



Fig.29

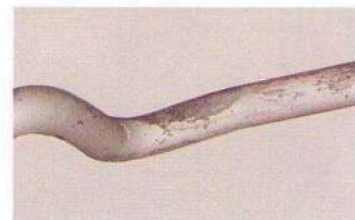


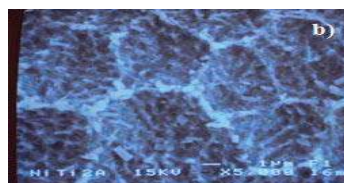
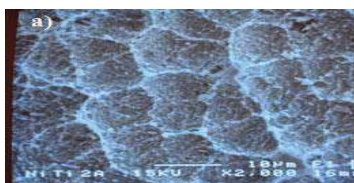
Fig.30

En las imágenes se muestra: (Fig. 28) Mancha de herrumbre como consecuencia de una licuación (aquí, falta de cromo) en la superficie de un alambre de acero inoxidable. (Fig.29) Desfibrado de la superficie de un alambre de acero causado por la fabricación. (Fig.30) Deterioro de la superficie a causa del procesamiento (marcas de pulido y grietas) en alambres utilizados en aparatos de ortopedia maxilar(14). FIG.28, 29 Y 30:

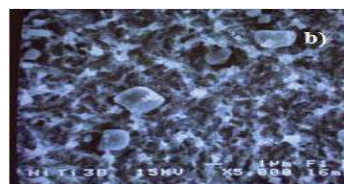
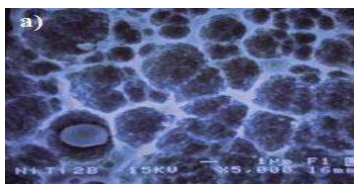
En otro estudio de Friedrich Sernetz y cols.titulado: **Caratcterísticas físicas y técnicas de los alambres utilizados en ortopedia maxilar y ortodoncia. Aleaciones. Quintessence técnica (ed. esp.)enero 2000;11(1):23-36**, menciona de las propiedades de los alambres utilizados en ortodoncia, procedimientos metalúrgicos y de construcción que influyen sobre las características finales de los mismos; primeramente se exponen algunos requisitos generales de los alambres ortodónticos: No deben ser tóxicos, pero si compatibles, resistentes a la corrosión, soldables por soldadura Eléctrica , soldables con metal de aportación, de baja fricción y de dimensiones exactas

Menciona que un metal está formado por átomos que se relacionan entre sí, constituyendo una red atómica de forma determinada, la red de átomos de cada grano o monocristal puede presentar una estructura más o menos ordenada; la dureza y resistencia de un alambre se encuentra determinada por el grado de desorden. Los diversos fenómenos como consecuencia de desorden pueden ser: espacios vacíos, espacios entre gránulos y sustituciones de átomos. Cuanto más se deforme un alambre más duro se vuelve. Un tratamiento térmico permite añadir energía a un alambre deformado en frío. Los átomos que se habían desplazado de su lugar en la red pueden de éste modo volver a su posición original. El tratamiento en caliente da lugar a la aparición de un nuevo sistema ordenado.(30)

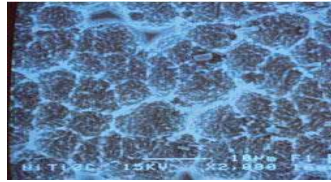
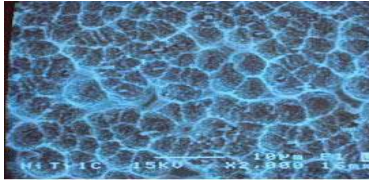
En un estudio de Méndez G.M., Vargas P. M de la L., Mejía G. I. titulado: **Caracterización Metalográfica de Alambres termoactivados Ni-Ti de marcas comerciales para aplicaciones ortodónticas.** Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría "Ortodoncia.ws edición electrónica Marzo 2009. Se analizaron las marcas 3M, TP y Gac en alambres termoactivados Ni-Ti de 0.016 x 0.022 mm con un análisis de Microscopía óptica de reflexión y un análisis de fluorescencia de difracción de rayos x donde nos muestran los resultados de una aleación binaria de níquel – titanio en fase austenita (los 3 materiales). Entre las impurezas presentadas se encontraron: carbono, vanadio y aluminio. La presencia de impurezas de carbono está asociada a la formación de precipitados de carbono de titanio (TIC) las cuales repercuten negativamente sobre las propiedades mecánicas del alambre. GAC- se caracteriza el material (Fig.31), TP- el que presenta mayor cantidad y tamaño de precipitados (Fig.32) y 3M es el que presenta el grano más fino y menor cantidad de precipitados (Fig.33). Se concluyó que el alambre que presenta menor cantidad de impurezas, tamaño del grano más fino y mejores propiedades mecánicas es el de la marca 3M. (29)



GAC(Fig.31)



TP(Fig.32)



3M(Fig.33)

Méndez G.M. 2009

En un estudio de Isabella Silva Vieira Marques; Adriana M.Araujo;Julio A.Gurgel ; David titulado: **Debris, Roughness and Friction of Stainless Steel Archwires Following Clinical Use** Angle Orthodontics 2010;80(3):521-527. Se evaluaron los cambios que ocurren en los arcos de acero inoxidable antes y después de 8 semanas de uso clínico; en la muestra se presentaron 8 pacientes, 2 sets de segmentos para cada paciente, en total 16 segmentos de arco de SS 0.019 x 0.025 mm de primer premolar a molar. Se utilizó el MEB para observar el debris, se midió la dureza (aparato Mitutoyo SJ-201) y se midió la fricción(EMIC DL 2000 machine)y posteriormente se realizaron pruebas estadísticas. En los resultados se observó un acúmulo importante de debris; estadísticamente los tres tuvieron aumentos significativos después del uso clínico de 8 semanas, aunque la fricción fue la que aumentó más de un 20% como consecuencia del aumento de dureza y debris. Se concluye que los diferentes análisis mostraron la significancia de relación entre el debris, dureza y fricción así como la importancia que tiene la limpieza del arco en cada cita del paciente, ya que remover la placa previene el incremento de fricción (Fig. 34) (31)

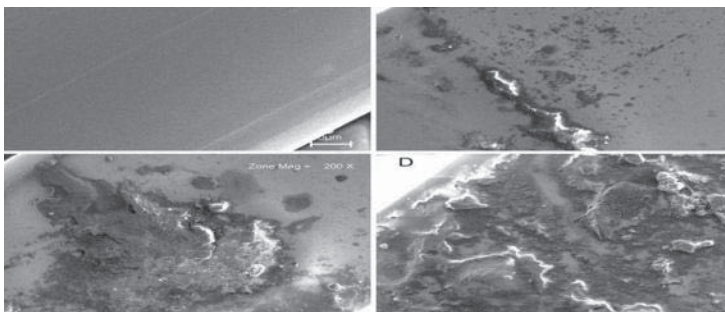


Figura 34. Isabella Silva. 2010

En un estudio de Rodríguez García Luis H., Alcántar Pedraza José Luis., Marcuschamer Miller Alejandro. Titulado: **“Evaluación Microscópica de la Superficie de alambres ortodónticos expuestos a diferentes periodos del medio bucal.”** Actual 2010;3(11):28-33. Se Realizó la caracterización topográfica de la superficie de alambres redondos de NiTi y acero inoxidable recuperados de 1-29 meses en periodo activo y se compararon con arcos nuevos; éstos fueron segmentos de arcos en lo que corresponde al área de canino. En los resultados de niti se observó que a los 5 meses además de biofilm ya presentaban fisuras y cavitaciones, mientras que en los arcos de acero presentaba igualmente biofilm y fisuras pero cavitaciones aún no. Evidentemente existe maduración de la placa mientras más prolongado sea el periodo en la cavidad bucal; un arco recuperado con un periodo de permanencia en boca de 9 meses presenta corrosión en fisura y cavitada, además de gran cantidad de biofilm.

Se concluye que las características topográficas del alambre Niti(Fig. 35) reflejaron mayor aspereza en frecuencia y dimensión que en los alambres de acero(Fig. 36) (32,33,)

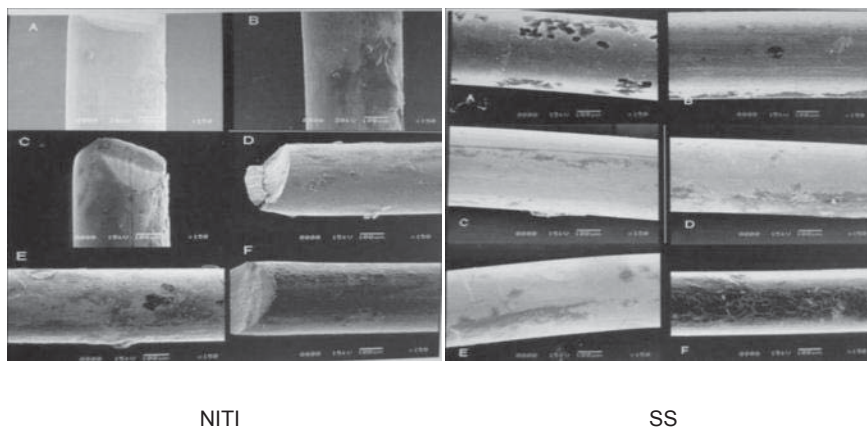


Fig.35 y 36. Rodríguez García Luis H. 2010

En un estudio de Y.V. Murty Titulado: **“Use of Stainless Steels in Medical Applications.”** Medical Device Materials 2004;Sanjay Shrivastava, editor,pag 289-293. Menciona que los biomateriales han venido siendo una parte importante en la medicina ya que son utilizados para reemplazar partes funcionales del cuerpo, éstos deben ser seguros, económicos, fiables y fisiológicamente aceptables, ya que deben mejorarse las condiciones de salud e higiene. El acero inoxidable es interesante ya que proporciona el mejor compromiso, además de que es conocido por ingenieros por su elasticidad, resistencia a la corrosión, resistencia a la oxidación a temperaturas arriba de los 550°C,y es dividido en 4 grupos: ferríticos, martensíticos, austeníticos y dúplex. el de más amplio uso en aplicaciones médicas es el 316, ya que es considerado un producto cómodo, que ofrece varias versiones que pueden influir en la superficie y presentación de los componentes,. El acero inoxidable usado por ortodoncistas es el austenítico 304, conocido como 18-8(18% de cromo y 8% de níquel en peso) y se distingue por ser resistentes a la corrosión(34)

En un estudio de Dos Santos R.L. Y Pithon M.M. Titulado: **Resorte de Coffin: Estudio de 2 Diferentes Tipos de Ligas Metálicas.**Int.J.Odontostomat.,2010.,4(2):133-137.Investigaron acerca de las propiedades mecánicas de los alambres con una baja cantidad de níquel, que como sabemos, hoy en nuestros días, son un gran avance en ortodoncia , ya que suplen la necesidad para los pacientes que pueden tener hipersensibilidad de éste ión. El objetivo de éste estudio fue probar la hipótesis de que no había diferencia en el desempeño mecánico de los alambres de acero inoxidable y alambres de acero inoxidable con bajo contenido de níquel, se evaluó la fuerza, resistencia y modulo de elasticidad producida por el resorte “coffin” hecho con alambre de 0.032 y 0.036 pulgadas. Todos los alambres fueron sometidos a la prueba

mecánica de compresión en la máquina EMIC DL-10000, simulando 4,6,9 y 12 mm de activación. Los resultados mostraron que para el mismo grosor no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los 2 tipos de aleaciones, con excepción de los dispositivos con activación de 9mm y espesor de 0.036 pulgadas que mostraron una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Por la tanto se concluyó que los resortes coffin evaluados para ambas aleaciones metálicas produjeron fuerzas adecuadas para el tratamiento ortodóntico, pero se debe estar atento a la activación que se vaya a utilizar, ya que los aparatos de acero inoxidable con bajo contenido de níquel mostraron una mayor liberación de fuerza, resistencia y módulo de elasticidad, lo que podrá influir en el movimiento dentario.(10)

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe gran variedad de marcas de alambres de acero inoxidable de calibre 0.9 mm en el mercado, y en la mayoría de las ocasiones se carece de información sobre las propiedades de los alambres así como de su composición exacta. Aunque se comprenda que los fabricantes quieran proteger el secreto industrial, el desconocer su composición y comportamiento afecta los resultados del tratamiento ortodóntico.

Se ha demostrado que el mayor riesgo en el tratamiento ortopédico maxilar es la fractura del alambre, aunque no haya riesgo de lesión importante, es molesto tanto para el paciente como para el Ortodoncista. Por lo tanto el tratamiento se ve interrumpido, ya que se tendría que reparar el aparato e inclusive volver a fabricarlo, esto requerirá de más tiempo incrementando los costos del tratamiento.

La fractura del alambre se debe a variedad de aspectos, una de ellas es la manufactura del doblez, la persona que lo confecciona debe aplicar una fuerza moderada, sosteniendo el alambre con las pinzas y doblándolo con los dedos (37), otro aspecto es también la calidad defectuosa del material, siendo más susceptible a generar grietas, y por lo tanto a la fractura; por lo que es importante conocer la composición química exacta de cada marca comercial, para así identificar la aleación más apropiada, que genere los mejores resultados clínicos en Ortodoncia, y así evitar el menor riesgo posible a la fractura.

Con esta investigación será posible comparar la composición química, especificaciones, calidad y propiedades de distintas marcas de acero inoxidable 0.9 mm. Esto permitirá seleccionar la marca de alambre más adecuado para el diseño de aparatos ortopédicos.

4.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué marca de alambre de acero inoxidable 0.9 mm presentará las características mecánicas y de composición química más adecuadas, para el diseño de dobleces para la aparatología ortopédica maxilar?

5. JUSTIFICACIÓN

Se observa que la creciente demanda del Servicio de Ortopedia maxilar en la Clínica Universitaria de la división de Estudios de Posgrado de la U.M.S.N.H, permite apreciar la necesidad de implementar dicha atención al tratamiento temprano de severas desarmonías dento-maxilares. Por tal motivo se requiere aportar los mejores materiales para llevar con éxito dichos tratamientos tan solicitados.

No hay evidencia de estudios similares a éste y debido a que existe gran variabilidad de marcas comerciales del alambre 0.9 mm de acero inoxidable, es de gran importancia conocer e incluso mejorar su composición química, superficie, propiedades y calidad para su mejor aplicación en la fabricación de los aparatos ortopédicos.

El interés del estudio de estos alambres es precisamente identificar que elementos químicos son los favorables en la aleación para así proponer algún material de mayor tenacidad que no genere grietas, sin perder las propiedades esenciales para hacer más eficiente nuestro tratamiento.

Por otra parte se pueden proponer diferentes tratamientos a nuestro mismo alambre, ya confeccionado por ejemplo: “el tratamiento de relevado de esfuerzos” que tiene como objetivo disminuir el endurecimiento y hacer nuestro alambre menos quebradizo, además que retardaría el crecimiento de grietas, esto con un proceso de calentamiento a no más de 400°C en un tiempo de 10 a 15 minutos

Este último se considera interesante y de aplicación inmediata ya que no involucra inversión, no involucra tiempo y nos ayudaría a disminuir las propiedades de corrosión.

6. HIPÓTESIS

6.1. Hipótesis de trabajo.

- H_T : Los alambres de acero inoxidable marca Dentaaurum presentarán menor número y tamaño de grietas durante los dobleces para la fabricación de aparatos ortopédicos respecto a otras marcas comerciales.

6.2. Hipótesis nula.

- H_0 : Todas las marcas comerciales de alambres de acero inoxidable presentarán el mismo número y tamaño de grietas durante los dobleces para la fabricación de aparatos ortopédicos.

7. OBJETIVOS

7.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el número y tamaño de grietas, así como la composición química de las 9 marcas comerciales de los alambres de acero inoxidable 0.9 mm en condición de doblez mediante microscopía electrónica de barrido (SEM).

7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ⦿ Analizar la superficie del alambre de acero inoxidable 0.9 mm en el área de dobleces internos y externos de las diferentes marcas comerciales por MEB.
- ⦿ Analizar irregularidades en cada uno de los dobleces de las diferentes marcas comerciales por MEB.
- ⦿ Comparar las características de longitud, tamaño y número de grietas de cada uno de los alambres respecto al área del doblez.
- ⦿ Determinar la marca comercial que presenta menor longitud, tamaño y cantidad de grietas para clasificarlo como el más favorable.
- ⦿ Determinar la composición química de los alambres en cada uno de los dobleces de las diferentes marcas por análisis espectral de MEB.
- ⦿ Demostrar cuál de las 9 marcas comerciales cumple con las mejores características para evitar la fractura prematura del material.

8. MATERIAL Y MÉTODOS

8.1 CARACTERÍSTICAS DEL UNIVERSO DE LA MUESTRA

-Se fabricaron dobleces de 90° en cada tramo de alambre de acero inoxidable de 0.9 mm de diferentes marcas comerciales (Dentaurum, 3M, ORMCO, American Orthodontic, American Orthotech, Morelli, Denti - cast, Tirdent y Gac.)

8.2 DISEÑO DEL ESTUDIO

-Prospectivo ya que el estudio se realizó llevando un seguimiento de la naturaleza y su comportamiento de los alambres

-Transversal ya que se analizaron los alambres en un solo momento

-Comparativo porque se comparó la naturaleza entre cada uno de los alambres de diferentes marcas comerciales.

-Experimental, porque el investigador estuvo directamente involucrado en el desarrollo del estudio y se utilizó la técnica de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y análisis estadístico.

8.3 CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD

8.3.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Tramos de 7 cm en alambre 0.9 mm de acero inoxidable nuevos.
- Se incluyeron 9 marcas comerciales (Dentaurum, 3M, ORMCO, American Orthodontic, American Orthotech, Morelli, Denti_cast, Tirdent y Gac).
- Pinza dos picos (Masel #638).

8.3.2 CRITERIOS DE NO INCLUSION

- Aquél alambre que no cumpla con los criterios de inclusión

8.4 METODOLOGÍA

A) Se cortaron tramos de alambre de 7cm de longitud de cada una de las marcas, para la confección de dobleces. (Fig.37)



FIG.37 FUENTE PROPIA

B) Se realizaron 2 dobleces de 90° en cada tramo y se analizó el área interna y externa del doblez. (Fig.38)

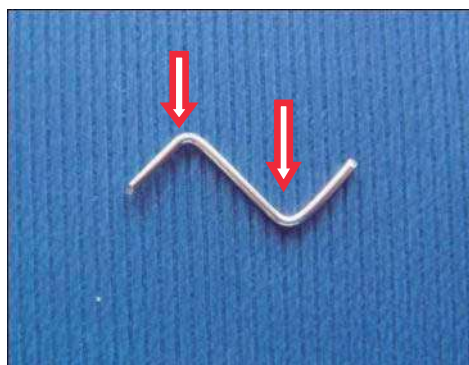


FIG.38 FUENTE PROPIA

C) Obtenidas las muestras se colocaron en porta muestras con pinzas de disección para evitar contaminación, y se introdujeron a la cámara de vacío del Microscopio Electrónica de Barrido del Instituto de Investigaciones Metalúrgicas - UMSNH. (Marca JEOL. MOD. JSM-6400) (Fig.39-42)



FIG.39 Y 40 FUENTE PROPIA

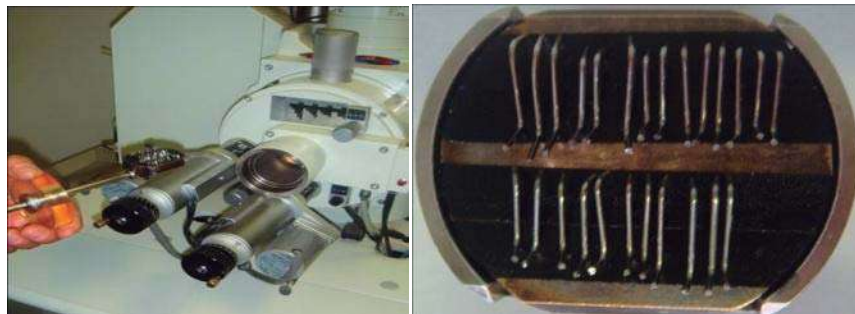


FIG.41 Y 42 FUENTE PROPIA

D) Obtenidas las imágenes topográficas se observaron y analizaron cada una de las grietas presentadas, se midieron y se hizo la conversión de milímetros a micras para la obtención de la medida real de las grietas (Fig. 43)

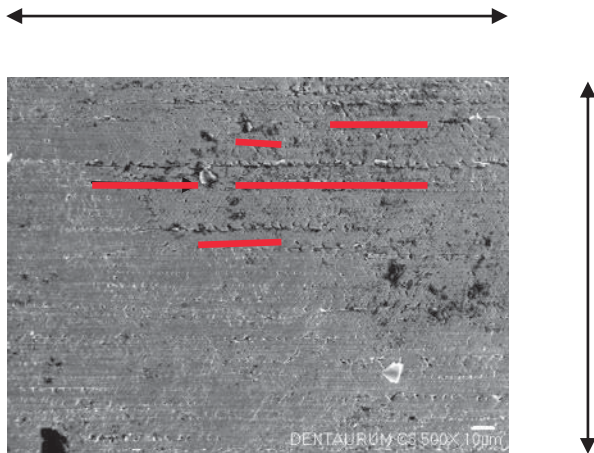


FIG. 43

1.-AREA = A X B. Se calculó el área de cada una de las imágenes, multiplicando base por altura en milímetros

2.- Calculada su área, se hizo la conversión a micras, tomando como referencia la línea de 10 µm aportadas por el MEB.

$$7 \text{ mm (longitud línea)} = 10 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\text{AREA} = \mu\text{m}^2.$$

3.-Se midieron cada una de las grietas, y su medida milimétrica se convirtió a micras.

4.-Obtenidas todas las medidas en micras, se determinó la longitud total de grieta por área, mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{\text{Longitud total } \mu\text{m}}{\text{Área } \mu\text{m}} = \text{Longitud de grieta} / \text{Área } (\mu\text{m})$$

Nota: El área de estudio en todos los casos es de 0.0834 mm²

E) De ésta forma se logró calcular la longitud de grieta de cada una de las marcas comerciales de alambres de acero inoxidable 0.9mm.

8.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

-Estadística Descriptiva.

-Se calcularon medidas de tendencia central (media aritmética) y medidas de dispersión (desviación estándar)

-Se realizaron algunos histogramas de dispersión para la representación gráfica de los resultados.

9.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

A continuación se describen los resultados obtenidos mediante el análisis de Microscopía Electrónica de barrido (SEM), en donde se observa la longitud de las grietas promedio, número de grietas promedio y tamaño de grietas promedio presentes en el área externa y en el área interna de cada una de las marcas comerciales analizadas.

9.1 RESULTADOS OBTENIDOS DE LONGITUD DE GRIETAS EN REGIÓN EXTERNA DEL DOBLEZ

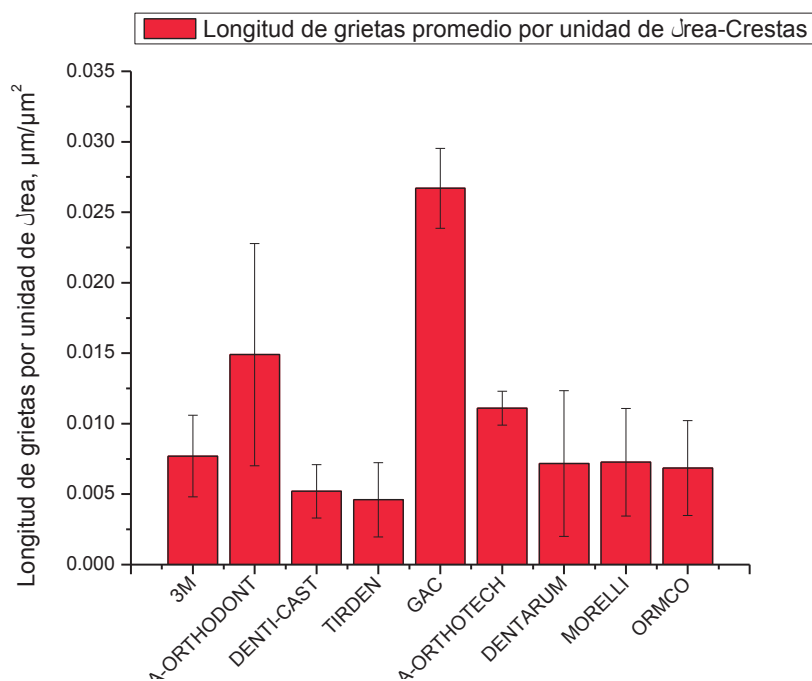


Fig.45. LONGITUD DE GRIETAS PROMEDIO POR UNIDAD DE ÁREA EN REGION EXTERNA DEL DOBLEZ DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

De acuerdo a la información mostrada en ésta gráfica se puede apreciar que la mayoría de las marcas comerciales presentan un valor promedio bajo de **longitud de grieta por unidad de área (LGUA)** *Nota: El área de estudio en todos los casos es de 0.0834 mm^2* . Mostrando que el valor más alto lo presentó la marca Gac con un valor de $0.026 \text{ }\mu\text{m}/\text{ }\mu\text{m}^2$, los valores medios los presentaron las marcas American Orthodontic y American Orthotech., Por último los valores más bajos fueron presentados por las marcas: Dentaureum, 3M,Ormco, Morelli, Denti_cast y Tirdent siendo éste último el más bajo de todos con $0.004 \text{ }\mu\text{m}/\text{ }\mu\text{m}^2$.

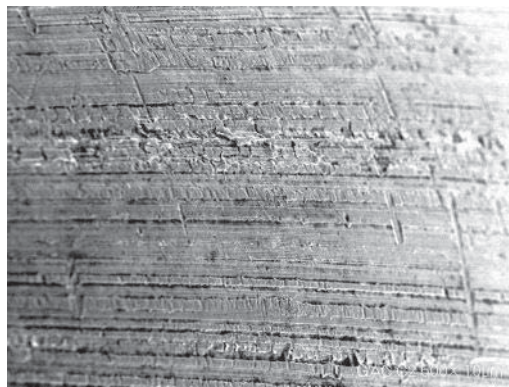


Fig.46 Muestra la micrografía tomada por MEB a una magnificación de 500x indicando el valor más alto respecto a longitud de grieta por unidad de área en región externa correspondiente a la marca comercial "Gac":

Las fig.47 y 48 muestran las micrografías tomadas por MEB a una magnificación de 500x indicando los valores medios respecto a longitud de grieta por unidad de área en región externa correspondiente a las marcas comerciales American Orthodontic y American Orthotech.



Fig.47. A.Orthodontic

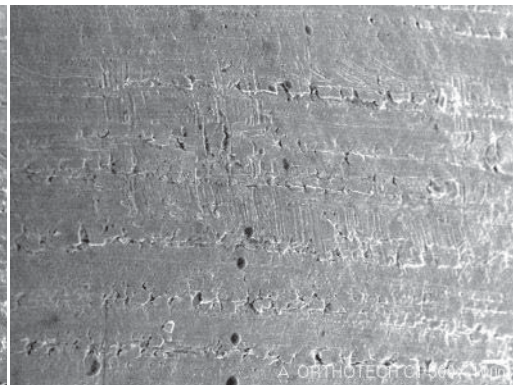


Fig.48. A. Orthotech

Las figs.49-54 Muestran las micrografías tomadas por MEB a una magnificación de 500x indicando los valores más bajos respecto a longitud de grieta por unidad de área en región externa correspondientes a la marcas comerciales 3M, Dentaureum, Morelli, Ormco, Denticast y Tirden.

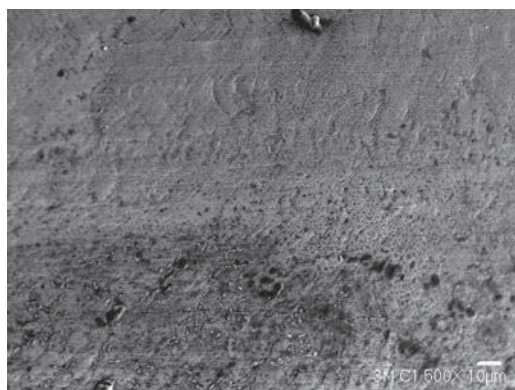


Fig.49.3M

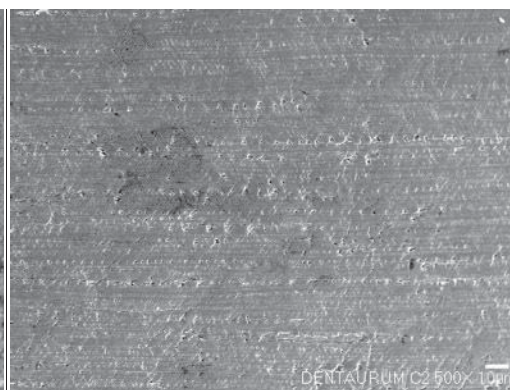


Fig.50.Dentaureum

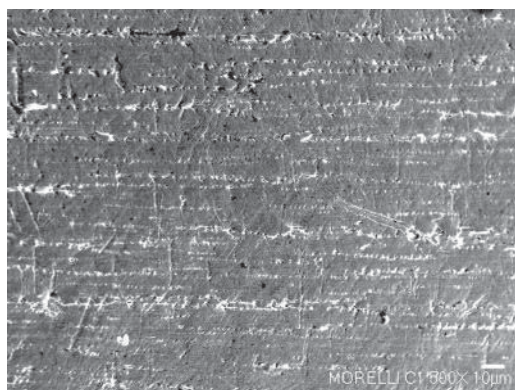


Fig.51. Morelli

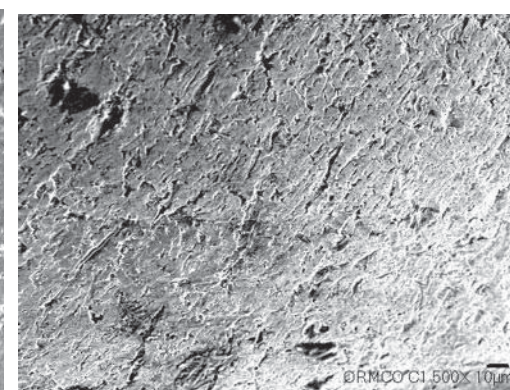


Fig.52. Ormco



Fig.53.Denti – Cast

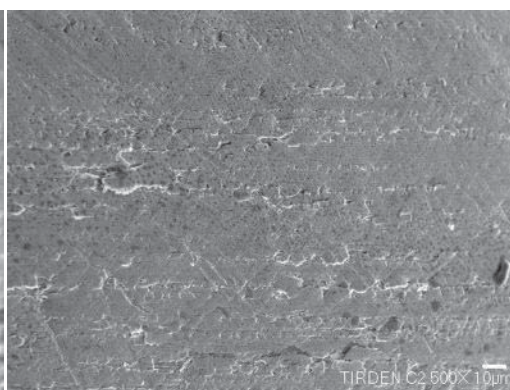


Fig.54. Tirden

Por lo que en términos de calidad respecto a LGUA en región externa del doblez se concluye que las marcas más favorables son: 3M, Dentaaurum, Morelli, Ormco, Denticast y Tirden, siendo ésta última la del valor más bajo respecto a las demás marcas comerciales, de lo contrario la marca más desfavorable sería Gac por ser la que presentó valores más altos en LGUA.

9.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE LONGITUD DE GRIETAS EN REGIÓN INTERNA DEL DOBLEZ

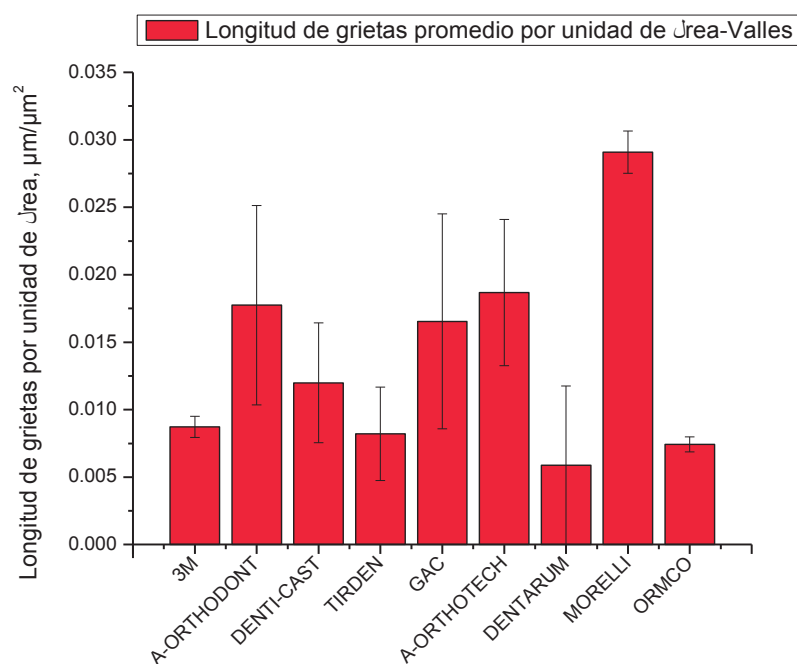


Fig.55 LONGITUD DE GRIETAS PROMEDIO POR UNIDAD DE ÁREA EN ÁREAS INTERNAS DEL DOBLEZ DE LAS DIFERNETES MARCAS COMERCIALES.

De acuerdo a la información mostrada en ésta gráfica, se puede apreciar que en las partes internas de las diferentes marcas comerciales de acero inoxidable, existe una variabilidad respecto a **la longitud promedio de las grietas por unidad de área (LGUA)** *Nota: El área de estudio en todos los casos es de 0.0834 mm^2* . Observando que el valor más alto lo presentó la marca Morelli con un valor de $0.029 \text{ } \mu\text{m}/\text{ } \mu\text{m}^2$, los valores medios los presentaron las marcas: Gac, American Orthodontic, American Orthotech. Por último los valores más bajos fueron presentados por las marcas: 3M, Denti-cast, Tirden, Ormco y Dentaureum, siendo éste último el más bajo de todos con $0.005 \text{ } \mu\text{m}/\text{ } \mu\text{m}^2$



Fig.56 Muestra la micrografía tomada por MEB a una magnificación de 500x indicando el valor más alto respecto a longitud de grieta por unidad de área en región interna correspondiente a la marca comercial Morelli.

Las fig.57-59 muestran las micrografías tomadas por MEB a una magnificación de 500x, indicando los valores medios respecto a longitud de grieta por unidad de área en región interna correspondiente a las marcas comerciales Gac, American Orthodontic y American Orthotech.

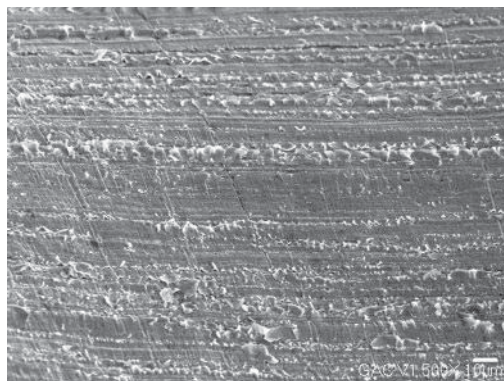


Fig.57.Gac

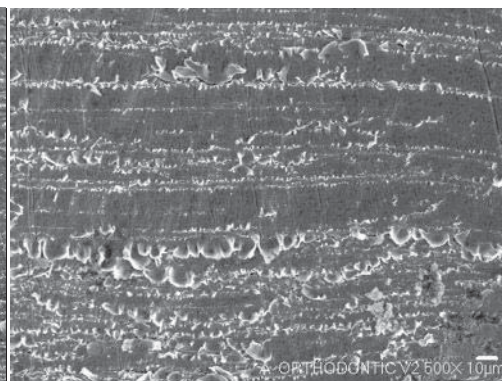


Fig.58. A. Orthodontic

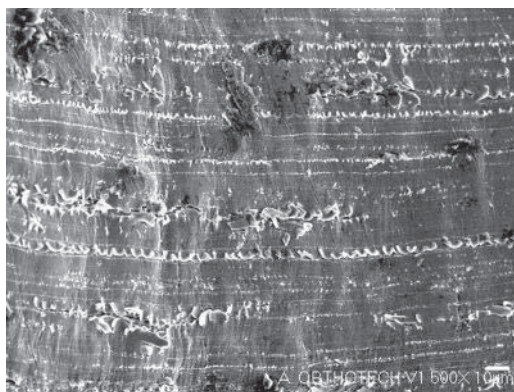


Fig.59. A.Orthotech

Las figs.60-64. Muestran las micrografías tomadas por MEB a una magnificación de 500x indicando los valores más bajos respecto a longitud de grieta por unidad de área en región interna correspondientes a la marcas comerciales 3M, Denticast, Ormco, Tirden y Dentaurem.



Fig.60.3M

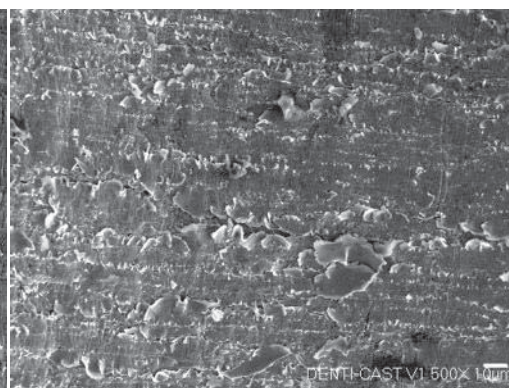


Fig.61.Denti-cast

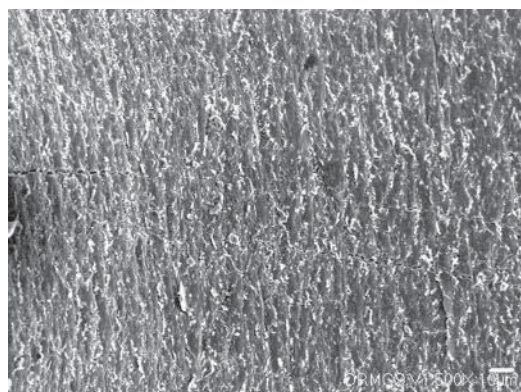


Fig.62.Ormco

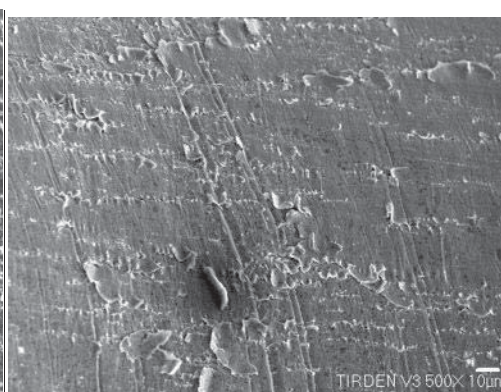


Fig.63.Tirden

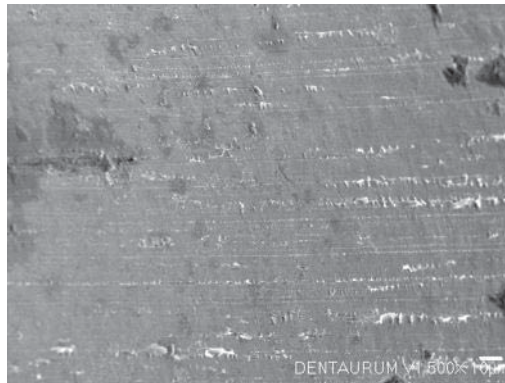


Fig.64.Dentaaurum

De acuerdo a estos resultados consideramos que las marcas comerciales más favorables y de mejor calidad serían: 3M, Denti-cast, Tirden,Ormco y Dentaaurum por presentar su LGUA promedio más cortas en áreas internas, de lo contrario la marca Morelli sería la marca de menor calidad por presentarse con mayor LGUA.

Cabe mencionar que las marcas comerciales 3M, Tirden, Dentaaurum y Ormco presentaron niveles bajos tanto en áreas externas como en áreas internas.

9.3.- RESULTADOS OBTENIDOS DE NÚMERO DE GRIETAS EN REGIÓN EXTERNA DEL DOBLEZ:

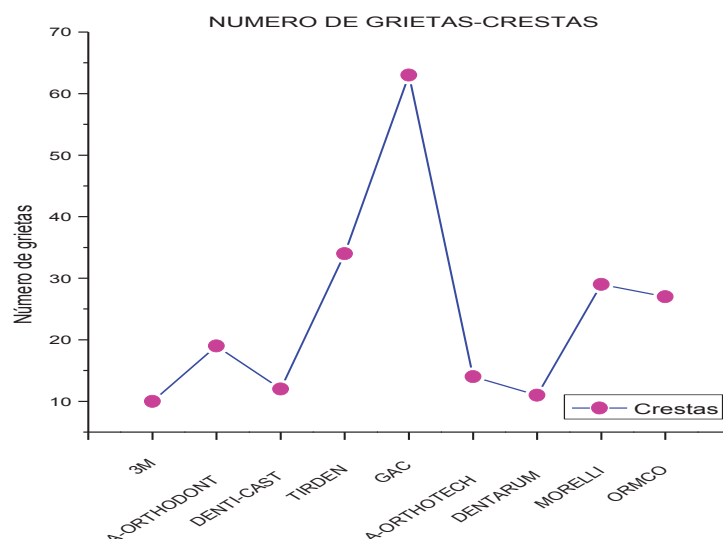


FIG.65. NÚMERO DE GRIETAS POR UNIDAD DE ÁREA EN REGIÓN EXTERNA DEL DOBLEZ DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

De acuerdo a la información mostrada en ésta gráfica, se puede apreciar que en las partes externas de las diferentes marcas comerciales de acero inoxidable, existe una variabilidad respecto al **número de grietas por unidad de área (NGUA)** *Nota: El área de estudio en todos los casos es de 0.0834 mm^2* . Observando que el valor más alto lo presentó la marca Gac con un promedio de 63 grietas, los valores medios los presentaron las marcas Tirden, Morelli y Ormco:. Por último los valores más bajos fueron presentados por las marcas: American Orthodontic, American Orthotech, Denti-cast, Dentaurum y 3M, siendo ésta última la del valor más bajo con 10 grietas promedio

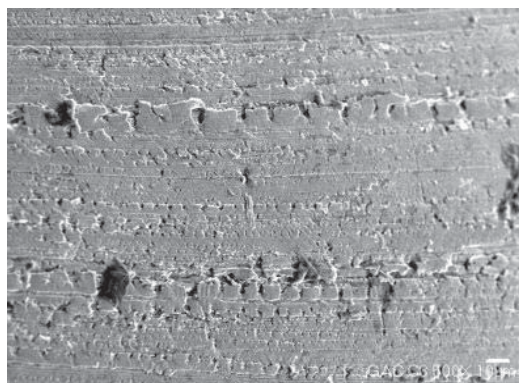


Fig.66.Muestra la micrografía tomada por MEB a una magnificación de 500x indicando el valor más alto respecto al número de grieta por unidad de área en región externa correspondiente a la marca comercial Gac.

Fig.66.Gac

Las figs.67-69.Muestran las micrografías tomadas por MEB a una magnificación de 500x indicando los valores medios respecto al número de grietas por unidad de área en región externa correspondiente a la marca comercial Tirden, Morelli y Ormco.

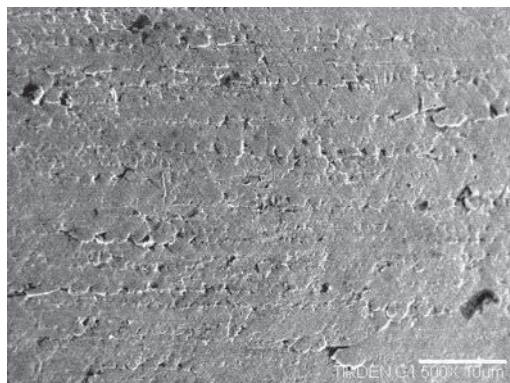


Fig.67.Tirden

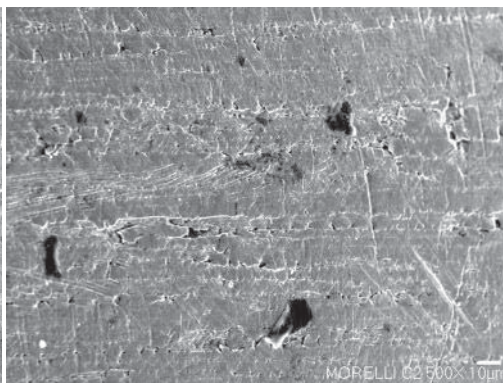


Fig.68.Morelli

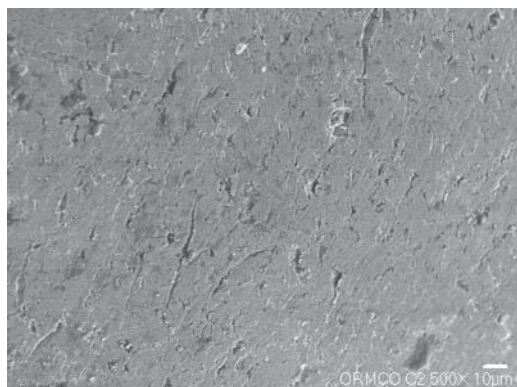


Fig.69.Ormco

Las figs.70-74.Muestran las micrografías tomadas por MEB a una magnificación de 500x indicando los valores bajos respecto al número de grietas por unidad de área en región externa correspondiente a la marcas comerciales American Orthodontic, Denti-cast, American Orthotech, Dentaureum y 3M.

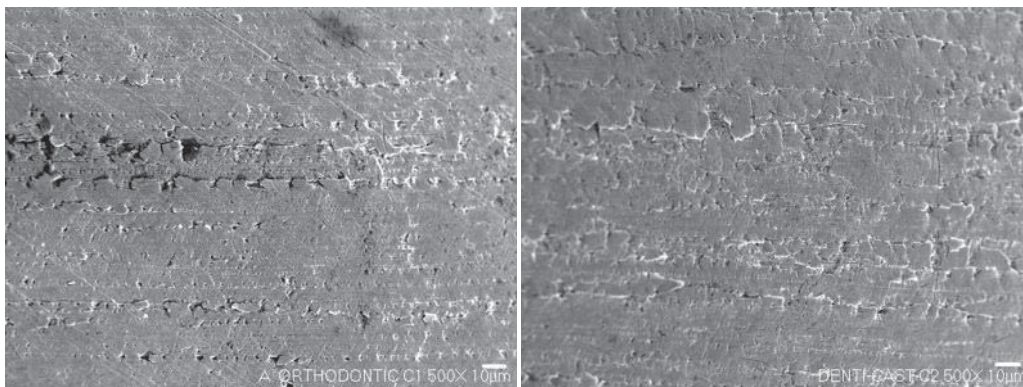


Fig.70.American Orthodontic

Fig.71.Denti-cast

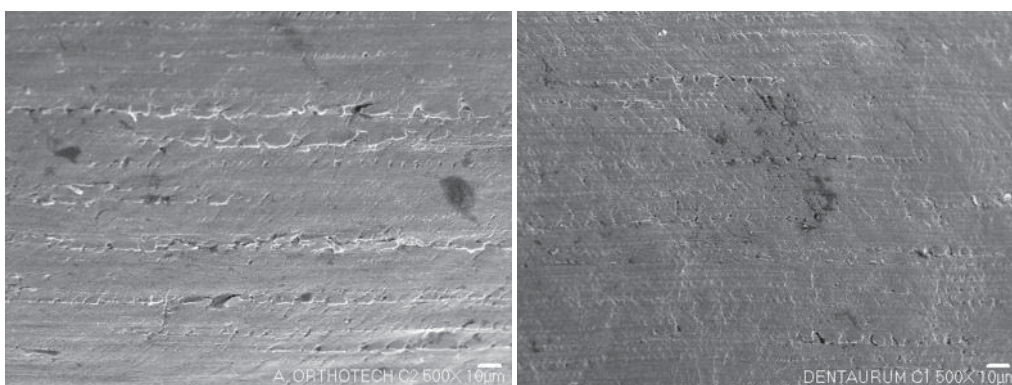


Fig.72.American Orthotech

Fig.73.Dentaureum

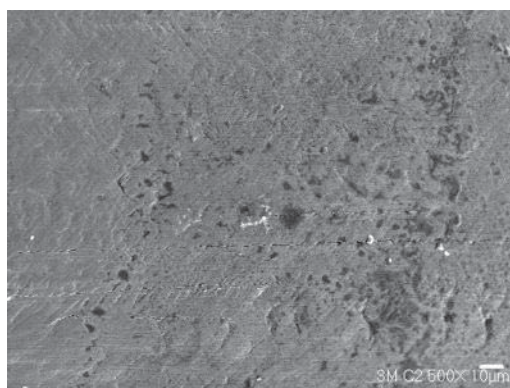


Fig.74.3M

Se clasifica en términos de buena calidad por presentar el menor NGUA promedio en áreas externas a las marcas 3M, American Orthodontic, American Orthotech, Denti-cast y Dentaurum. La marca Gac se considera de baja calidad por presentar la mayor cantidad de grietas en el área externa del dobléz.

9.4.- RESULTADOS OBTENIDOS DE NÚMERO DE GRIETAS EN REGIÓN INTERNA DEL DOBLEZ:

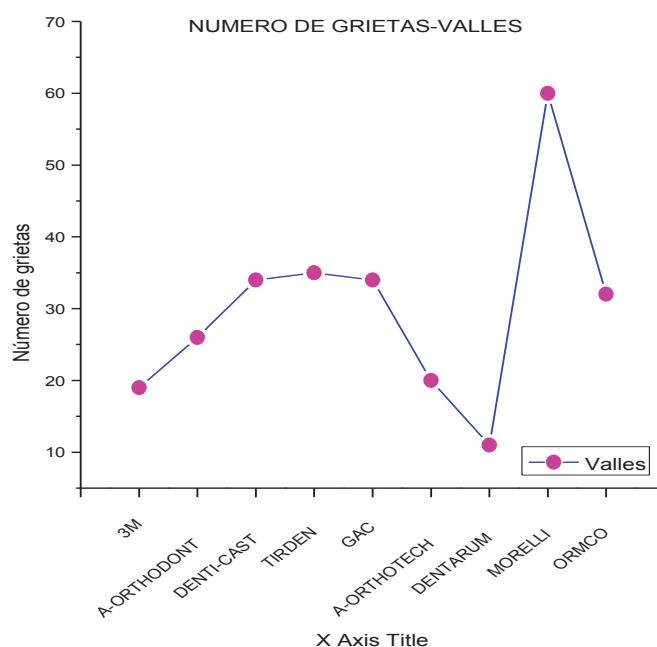


FIG.75 NÚMERO DE GRIETAS POR UNIDAD DE ÁREA EN REGIÓN INTERNA DEL DOBLEZ DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

De acuerdo a los datos proporcionados en ésta gráfica, se puede observar que en las partes internas de las diferentes marcas comerciales de acero inoxidable,

existe una variabilidad respecto al **número promedio de las grietas por unidad de área (NGUA)** *Nota: El área de estudio en todos los casos es de 0.0834 mm²*. Mostrando que el valor más alto lo presentó la marca Morelli con un promedio de 60 grietas, los valores medios los presentaron las marcas: Denticast, Tirden, Gac y Ormco. Por último los valores más bajos fueron presentados por las marcas: 3M, American Orthodontic, American Orthotech y Dentaureum, siendo ésta última el valor más bajo con un promedio de 11 grietas.

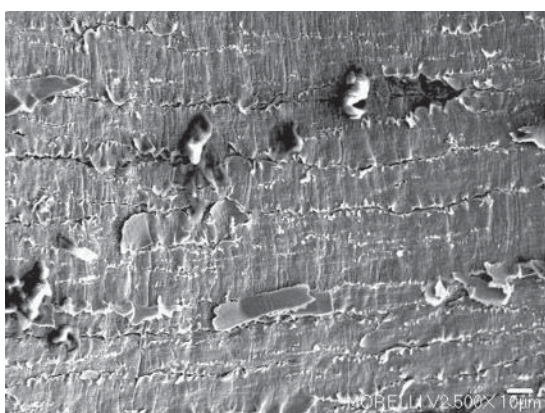


Fig.76. Muestra la micrografía tomada por MEB a una magnificación de 500x indicando el valor más alto respecto al número de grieta por unidad de área en región interna correspondiente a la marca comercial Morelli.

Fig.76. Morelli

Las figs.77-80. Muestran las micrografías tomadas por MEB a una magnificación de 500x indicando los valores medios respecto al número de grieta por unidad de área en región interna correspondiente a las marcas comerciales Denti-cast, Tirden, Gac y Ormco.

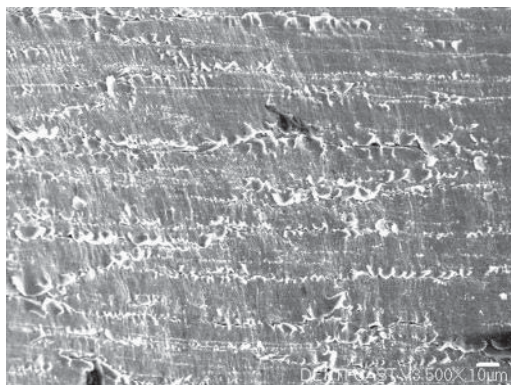


Fig.77.Denti-cast

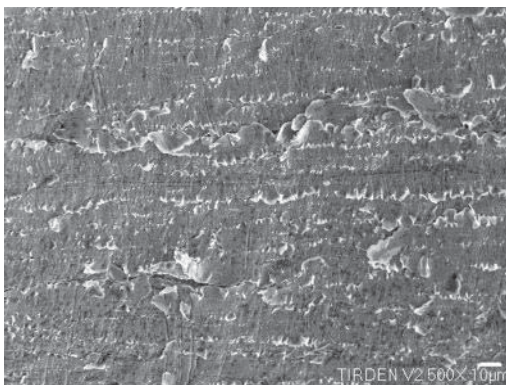


Fig.78.Tirden

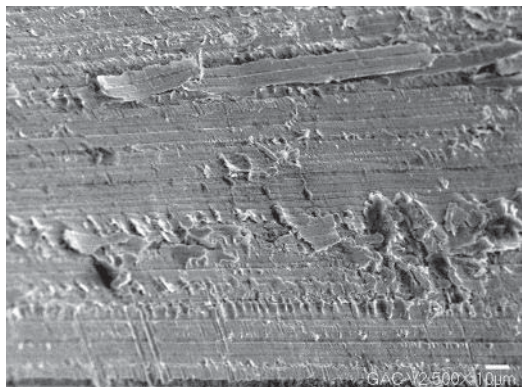


Fig.79.Gac

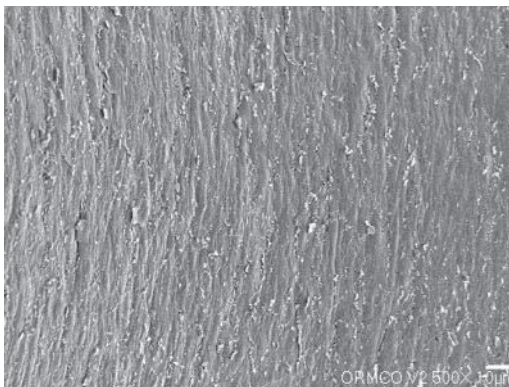


Fig.80.Ormco

Las figs.81-84. Muestran las micrografías tomadas por MEB a una magnificación de 500x indicando los valores bajos respecto al número de grieta por unidad de área en región interna correspondiente a las marcas comerciales: 3M, American Orthodontic, American Orthotech y Dentaureum.

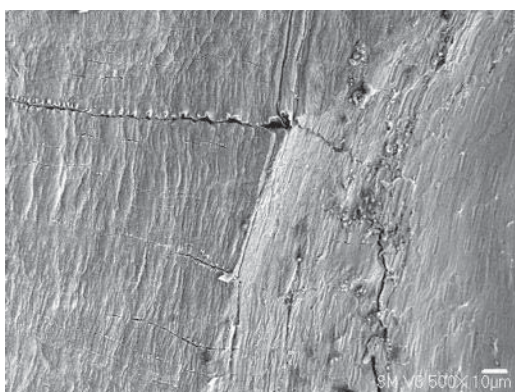


Fig.81.3M

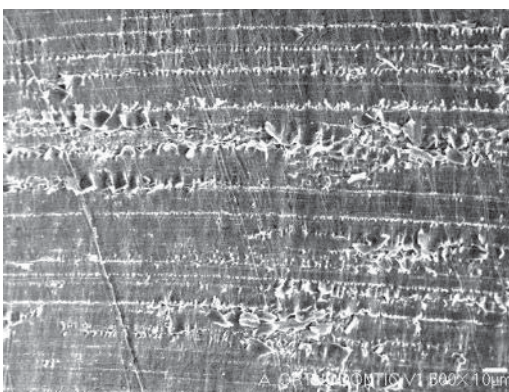


Fig.82.American Orthodontic

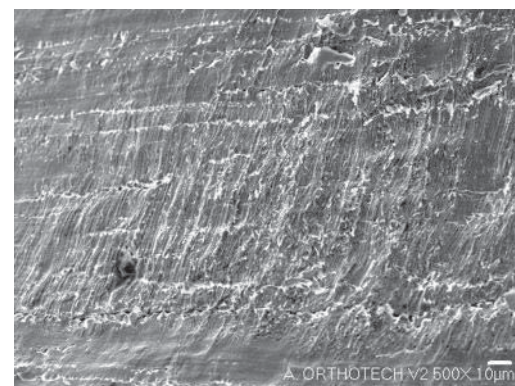


Fig.83.American Orthotech

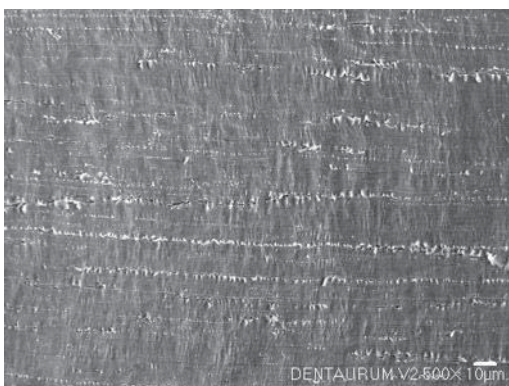


Fig.84.Dentaureum

Se consideran de mejor calidad las marcas comerciales: 3M, American Orthodontic, American Orthotech y Dentaaurum debido a que presentaron el menor NGUA en áreas inetrnas del doblez, de lo contrario la marca Morelli resultaría la de menor calidad por su alto valor de número de grietas internas. Se considera importante mencionar que las marcas Dentaaurum,3M, American Orthodontic y American Orthotech presentaron niveles bajos en áreas internas como en externas.

9.5. RESULTADOS OBTENIDOS DE TAMAÑO DE GRIETAS EN REGION EXTERNA DEL DOBLEZ.

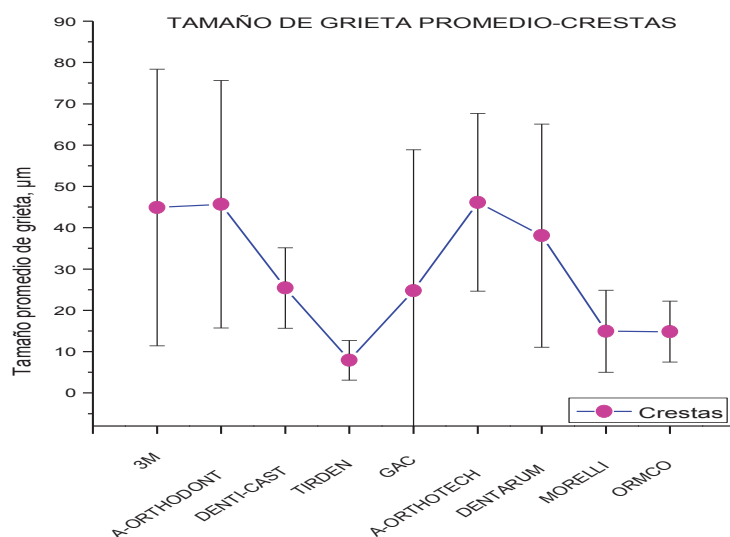


FIG.85.TAMAÑO DE GRIETA POR UNIDAD DE ÁREA EN REGIÓN EXTERNA DEL DOBLEZ DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

De acuerdo a la información proporcionada en ésta gráfica, se determina que en las partes externas de las diferentes marcas comerciales de acero inoxidable, existe una variabilidad respecto al **tamaño promedio de las grietas por unidad de área (TGUA)** *Nota: El área de estudio en todos los casos es de 0.0834 mm²*. Mostrando que los valores altos los presentaron las marcas: American Orthodontic, 3M, Dentaureum y American Orthotech, siendo éste último el mayor valor con 46.1 $\mu\text{m}/\mu\text{m}^2$. Los valores medios los presentaron las marcas: Denti-cast y Gac. Por último los valores más bajos fueron presentados por las marcas: Morelli,Ormco y Tirden, siendo éste último el más bajo con un valor de 7.9 $\mu\text{m}/\mu\text{m}^2$.

Las figs.86-89. Muestran las micrográficas tomadas por MEB a una magnificación de 1000x indicando los valores altos respecto al tamaño de grieta por unidad de área en región externa correspondiente a las marcas comerciales: American Orthotech, American Orthodontic, 3M y Dentaureum.

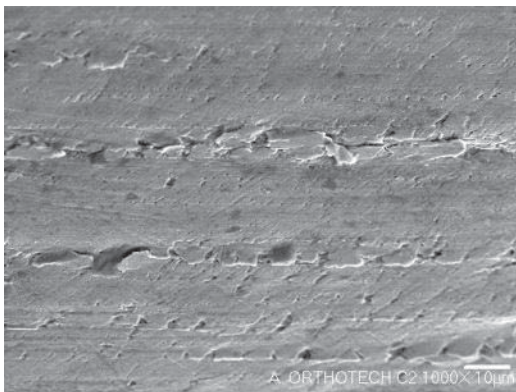


Fig.86.American Orthotech



Fig.87.American Orthodontic

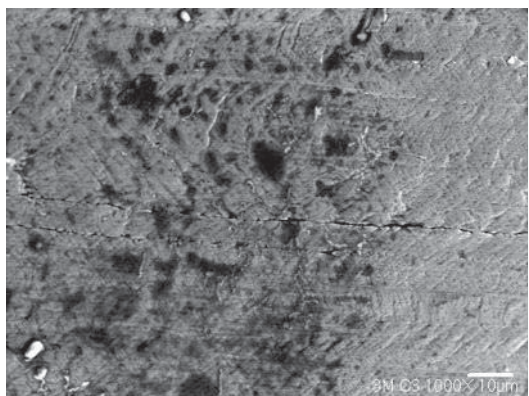


Fig.88.3M

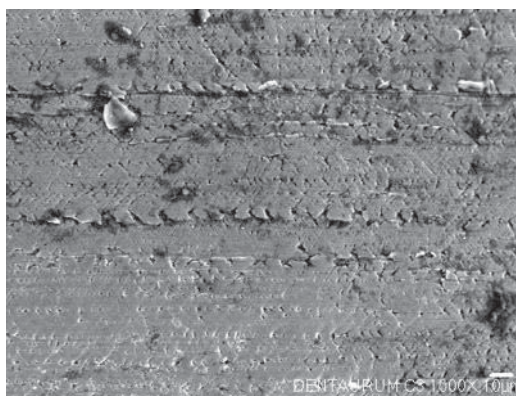


Fig.89.Dentaurum

Las figs. 90 y 91 muestran las micrografías tomadas por MEB a una magnificación de 1000x indicando los valores medios respecto al tamaño de grieta por unidad de área en región externa correspondiente a las marcas comerciales: Denti-cast y Gac.



Fig.90.Denti-cast

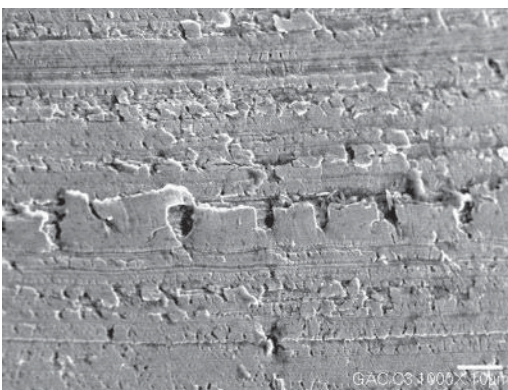


Fig.91.Gac

Las figs.92-94. Muestran las micrografías tomadas por MEB a una magnificación de 1000x indicando los valores bajos respecto al tamaño de grieta por unidad de área en región externa correspondiente a las marcas comerciales: Tirden, Morelli y Ormco.

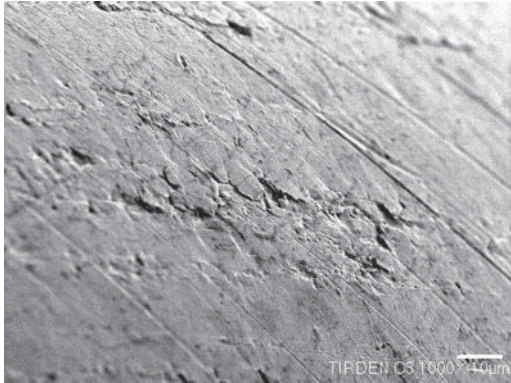


Fig.92.Tirden

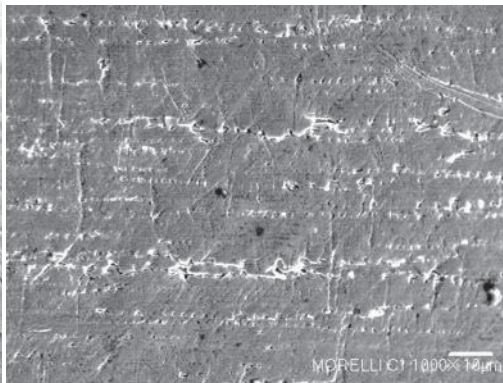


Fig.93.Morelli

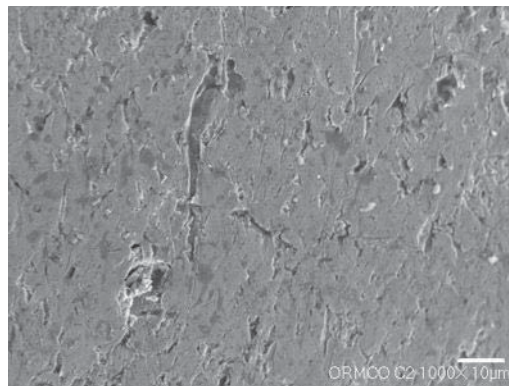


Fig.94.Ormco

De acuerdo a los resultados obtenidos las marcas comerciales Tirden, Morelli y Ormco son las marcas que presentan los valores más bajos de TGUA promedio por lo tanto en cuestión de calidad se consideran las mejores, además que el tamaño de grieta es el parámetro el cuál se puede tomar para la descripción de un material. Además se considera importante mencionar que el área externa del doblez es el punto que se considera más crítico de un doblez, ya que habra más probabilidad de fractura por la tensión que se describe en ésta área.

9.6. RESULTADOS OBTENIDOS DE TAMAÑO DE GRIETAS EN REGION INTERNA DEL DOBLEZ.

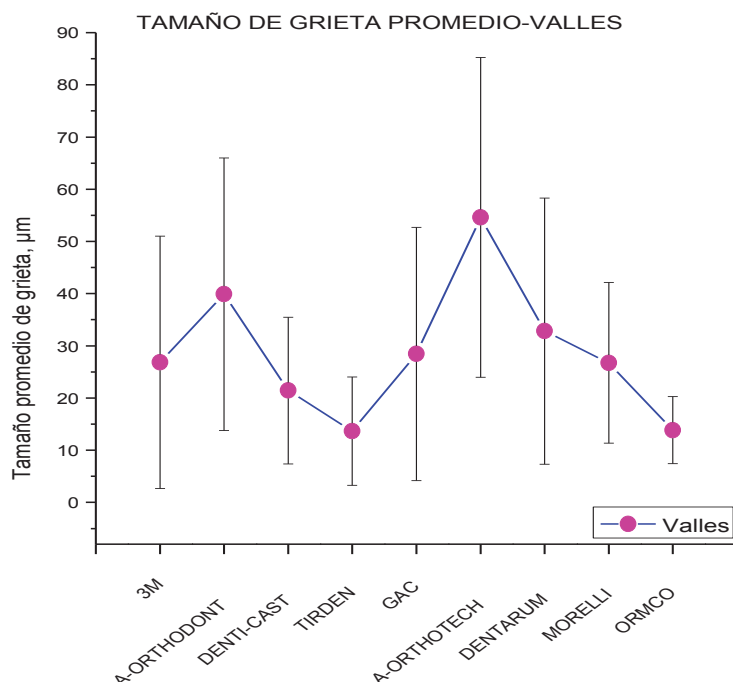


Fig.95._ TAMAÑO DE GRIETA POR UNIDAD DE ÁREA EN REGIÓN INTERNA DEL DOBLEZ DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

De acuerdo a la información proporcionada en ésta gráfica, se determina que en las partes internas de las diferentes marcas comerciales de acero inoxidable, existe una variabilidad respecto al **tamaño promedio de las grietas por unidad de área (TGUA)** *Nota: El área de estudio en todos los casos es de 0.0834 mm^2* . Mostrando que los valores altos los presentaron las marcas: American Orthodontic y American Orthotech, siendo éste último el mayor valor con $54.6 \mu\text{m}/\mu\text{m}^2$.

Los valores medios los presentaron las marcas: 3M, Denti-cast, Gac, Dentaureum y Morelli. Por último los valores más bajos fueron presentados por las marcas: Ormco y Tirden, siendo éste último el más bajo con un valor de $13.6 \mu\text{m}/\mu\text{m}^2$.

Las figs.96 y 97. Muestran las micrografías tomadas por MEB a una magnificación de 1000x indicando los valores altos respecto al tamaño de grieta por unidad de área en región interna correspondiente a las marcas comerciales: American Orthotech y American Orthodontic.

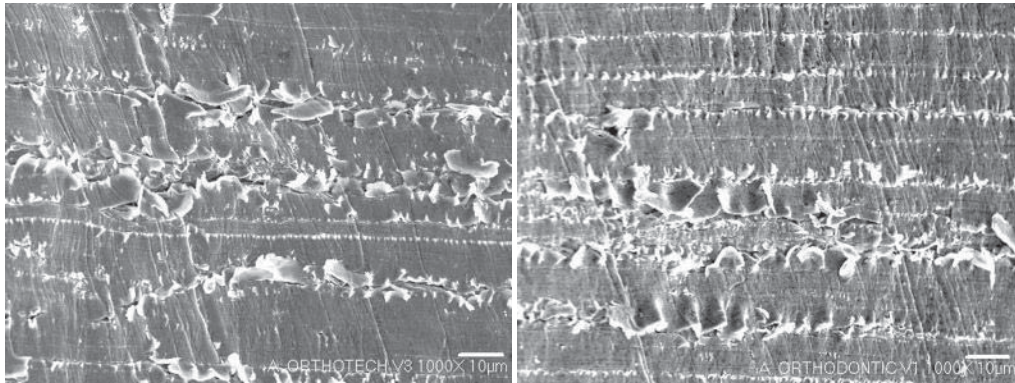


Fig.96.American Orthotech

Fig.97.American Orthodontic

Las figs.98-102.Muestran las micrografías tomadas por MEB a una magnificación de 1000x indicando los valores medios respecto al tamaño de grieta por unidad de área en región interna correspondiente a las marcas comerciales: 3M, Denti-cast, Gac, Dentaureum y Morelli.

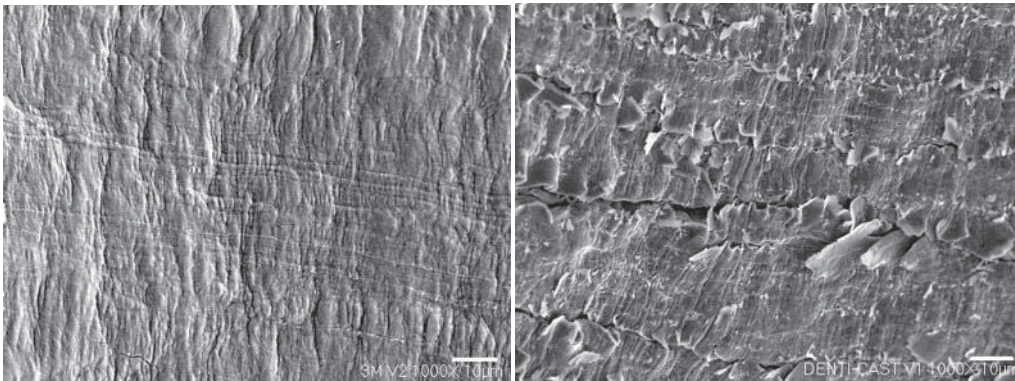


Fig.98.3M

Fig.99.Denti-cast

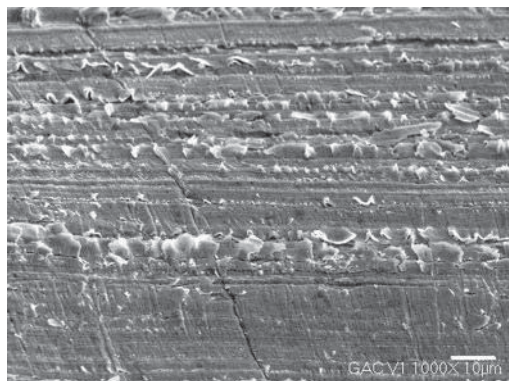


Fig.100.Gac

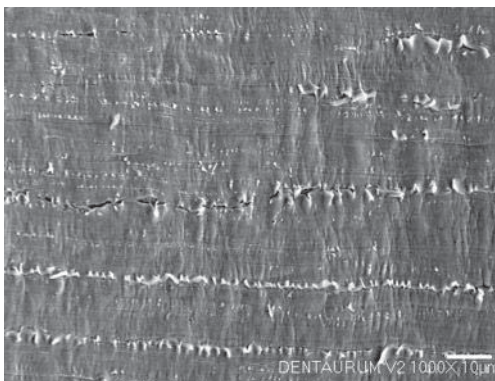


Fig.101.Dentaureum

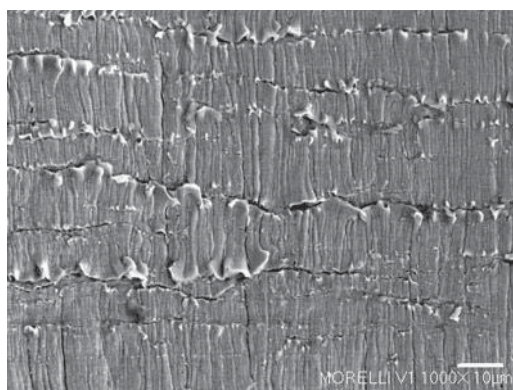


Fig.102.Morelli

Las figs.103 y 104. Muestran las micrografías tomadas por MEB a una magnificación de 1000x indicando los valores bajos respecto al tamaño de grieta por unidad de área en región interna correspondiente a las marcas comerciales: Tirden y Ormco

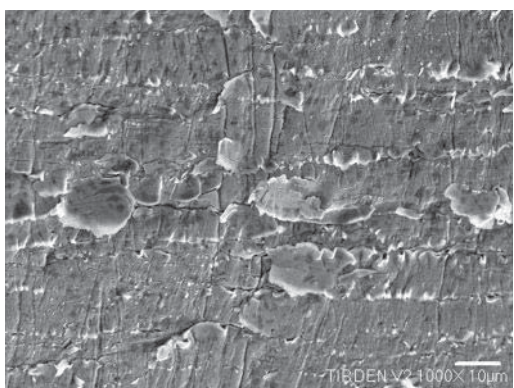


Fig.103.Tirden

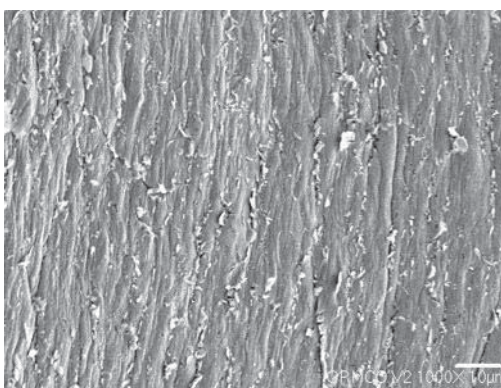


Fig.104.Ormco

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que las marcas Tirden y Ormco son las que presentan los valores más bajos de TGUA promedio en áreas internas, por lo que se consideran de mejor calidad.

Nótese que en áreas externas e internas la marca American Ortotech es la que persiste en el tamaño de grieta mayor, igualmente en el tamaño de grieta menor Tirden es la que posee las grietas más pequeñas tanto en áreas internas y externas.

9.7 RESULTADOS DE ESPECTROS QUÍMICOS.

9.7.1 Resultados Generales de las diferentes marcas comerciales

En la tabla #2 se presenta la composición química promedio de las diferentes marcas comerciales obtenida del análisis realizado en áreas externas e internas del doblez.

Tabla 2.COMPOSICIÓN QUÍMICA PROMEDIO (PORCENTAJE EN PESO) DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

Marcas	C	Cr	Ni	Fe	Si	Na	Ti	Mo	O	Al
3M	4.014	17.513	8.499	67.980	0.749	1.244	0.000	0	0	0
A.ORTHODONTIC	4.345	17.063	7.902	68.894	0.951	0.000	0.000	0.844	0	0
DENTICAST	4.030	16.486	8.786	65.708	0.724	0.000	0.000	1.102	3.162	0
TIRDEN	4.647	16.678	7.831	65.327	0.989	0.000	0.000	1.064	3.462	0
GAC	2.354	17.523	9.169	67.205	0.954	0.000	0.000	0.581	2.213	0
A.ORTHOTECH	3.311	17.104	7.756	68.779	0.779	0.000	0.000	0.8365	1.432	0
DENTAURUM	4.112	15.460	7.916	68.896	1.3105	0.000	0.000	0.819	1.4845	0
MORELLI	2.722	17.167	7.981	69.664	0.7495	0.000	0.109	0.3865	1.218	0
ORMCO	3.505	16.497	7.415	64.694	0.9915	1.178	0.000	0	3.3915	2.3255

9.7.2. Espectros Químicos por EDS

Las figs.105-113. Muestran los espectros típicos correspondientes a cada una de las marcas comerciales, los cuáles son evidencia de la existencia de los diferentes elementos químicos presentes en los alambres de acero inoxidable: Fe, Cr, Ni, C, Si, Ti, Mo, O, Al.

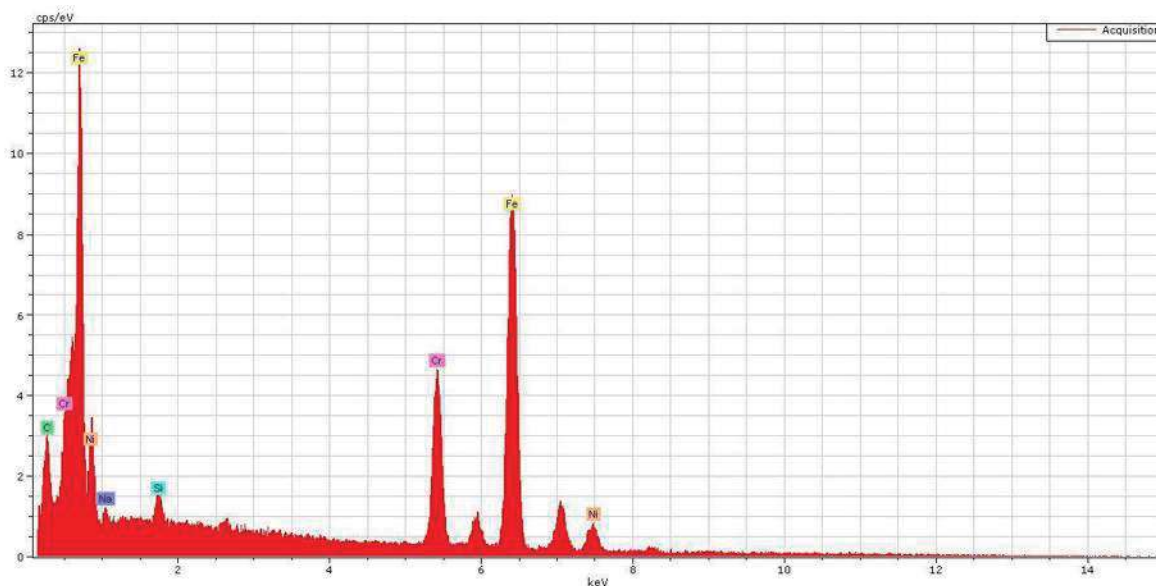


Fig.105.Espectro por EDS correspondiente a la marca comercial 3M.

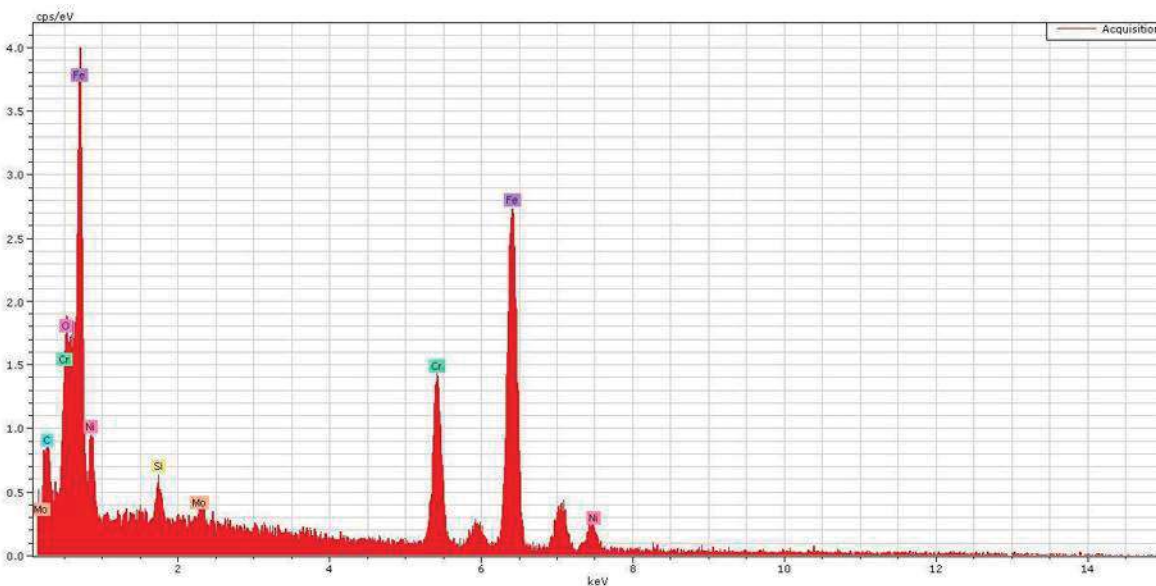


Fig.106.Espectro por EDS correspondiente a la marca comercial Tirden.

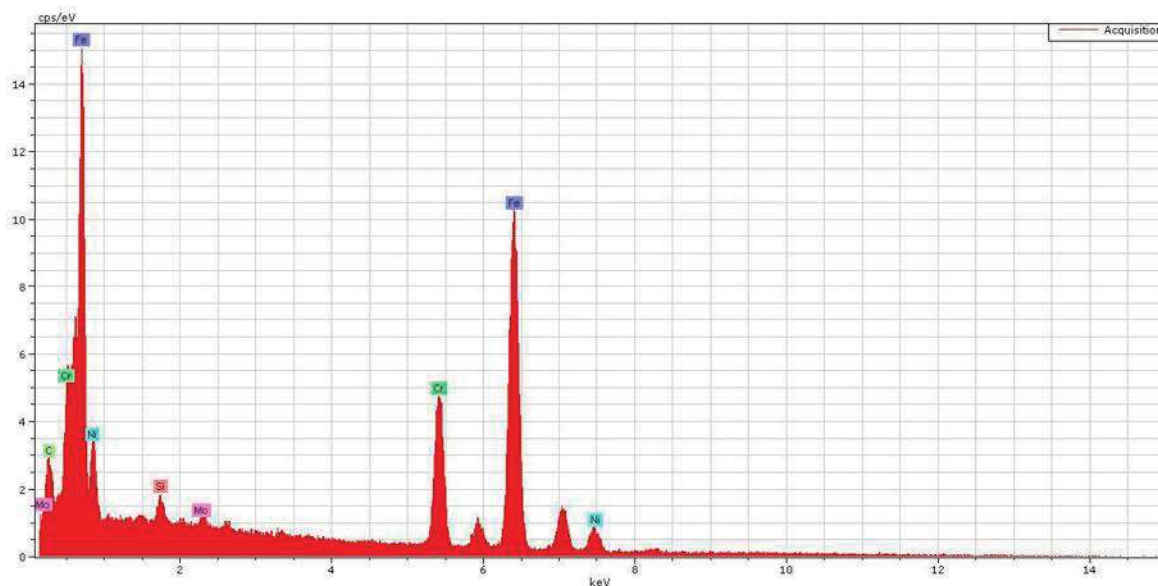


Fig.107.Espectro por EDS correspondiente a la marca comercial American Orthodontic.

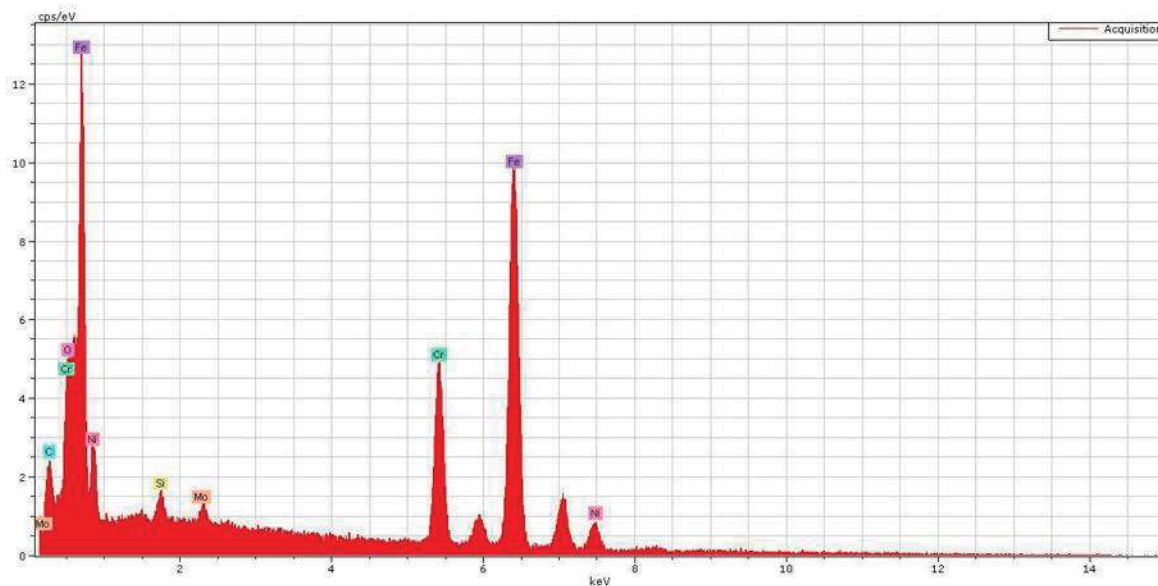


Fig.108.Espectro por EDS correspondiente a la marca comercial American Orthotech.

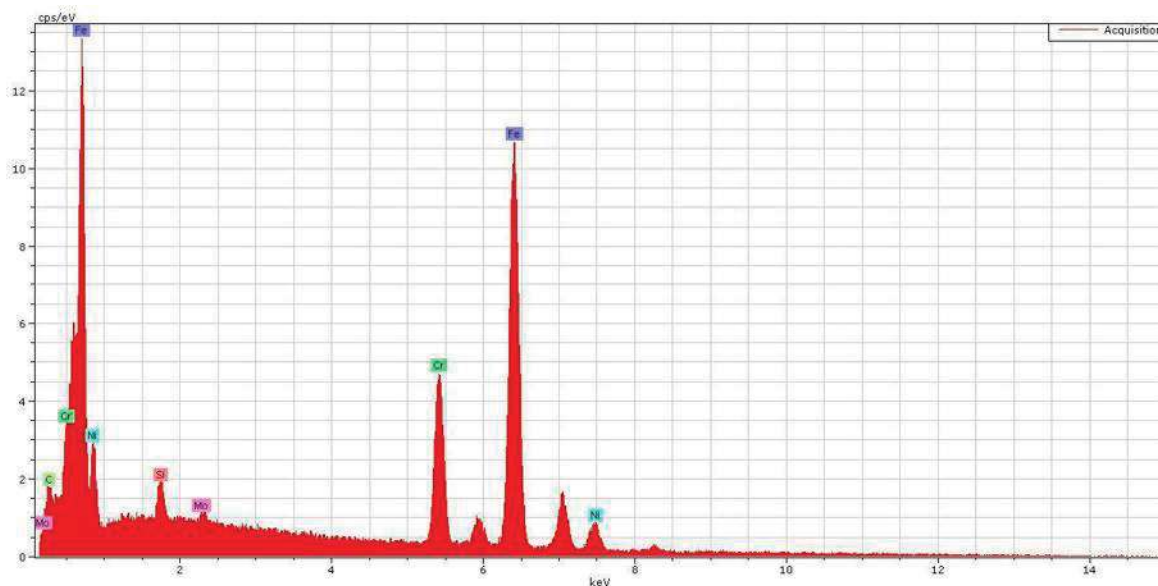


Fig.109.Espectro por EDS correspondiente a la marca comercial Dentaurum.

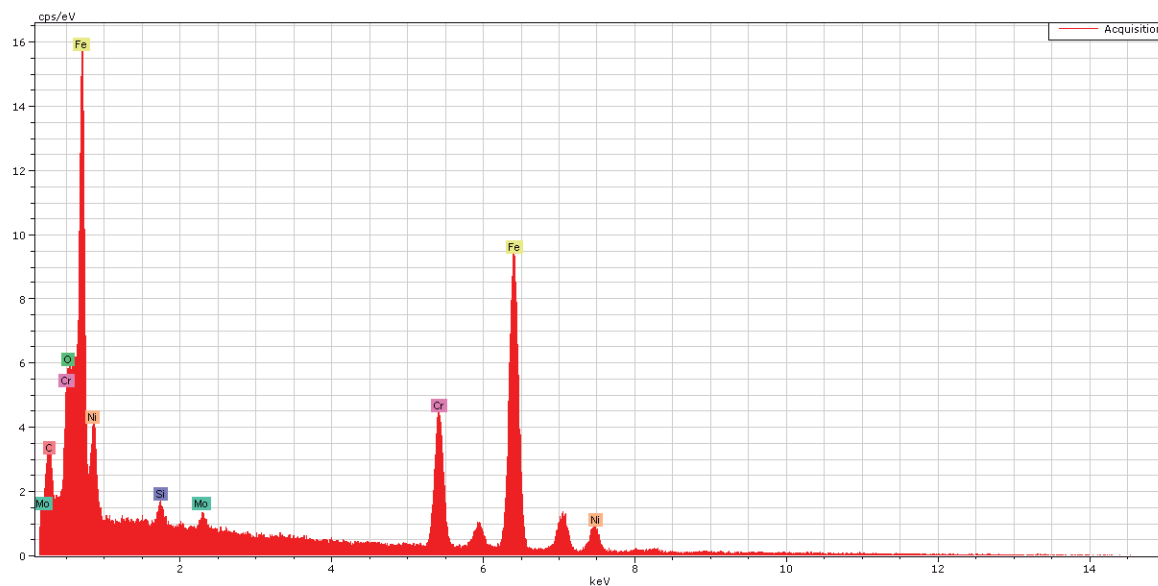


Fig.110.Espectro por EDS correspondiente a la marca comercial Denticast.

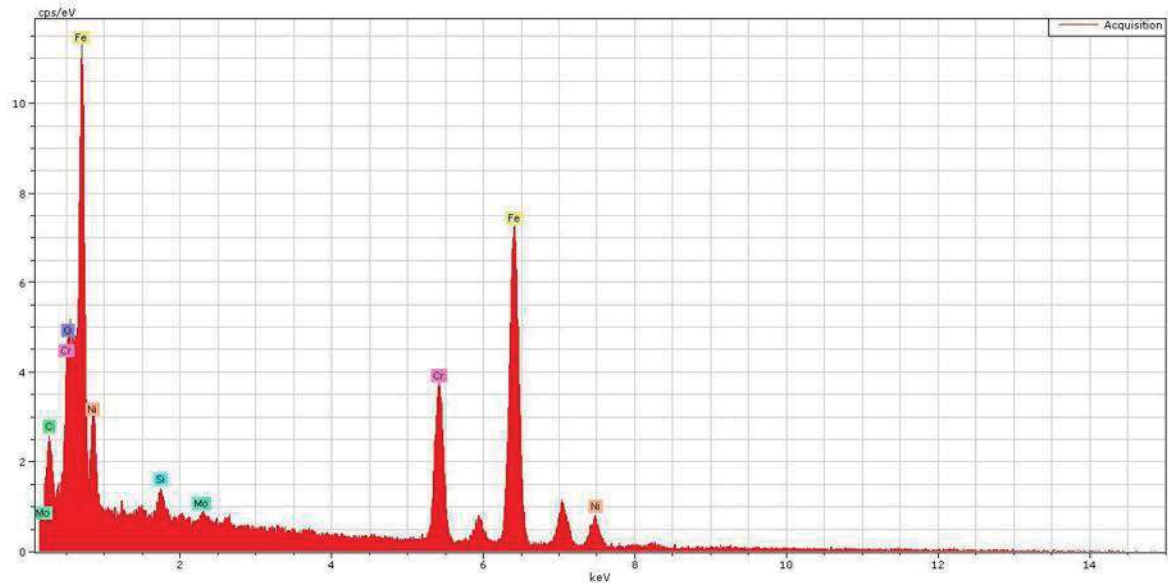


Fig.111. Espectro por EDS correspondiente a la marca comercial Gac.

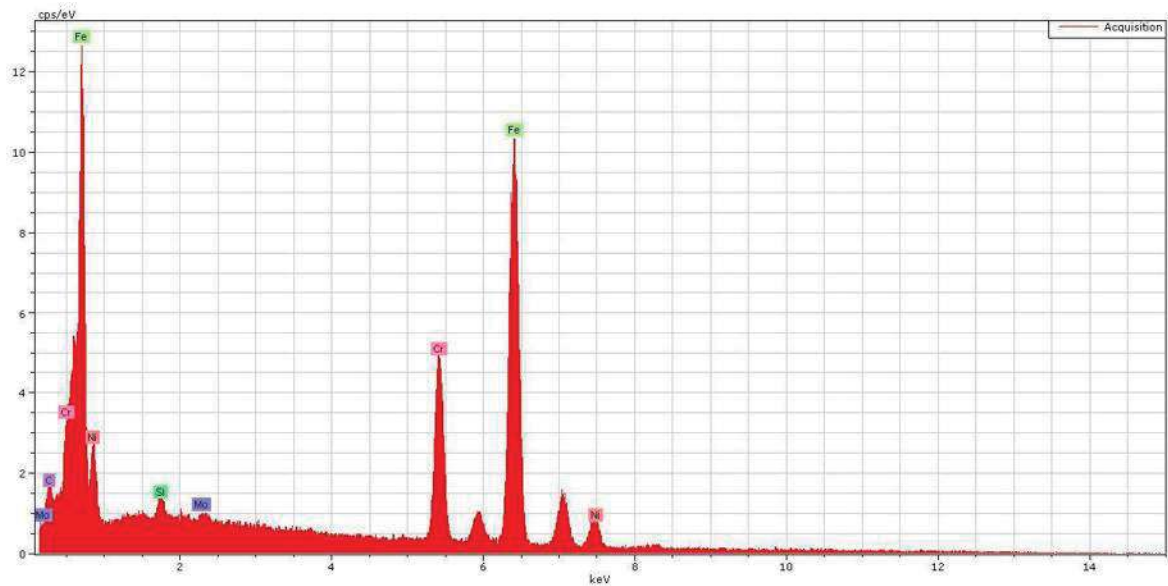


Fig.112. Espectro por EDS correspondiente a la marca comercial Morelli.

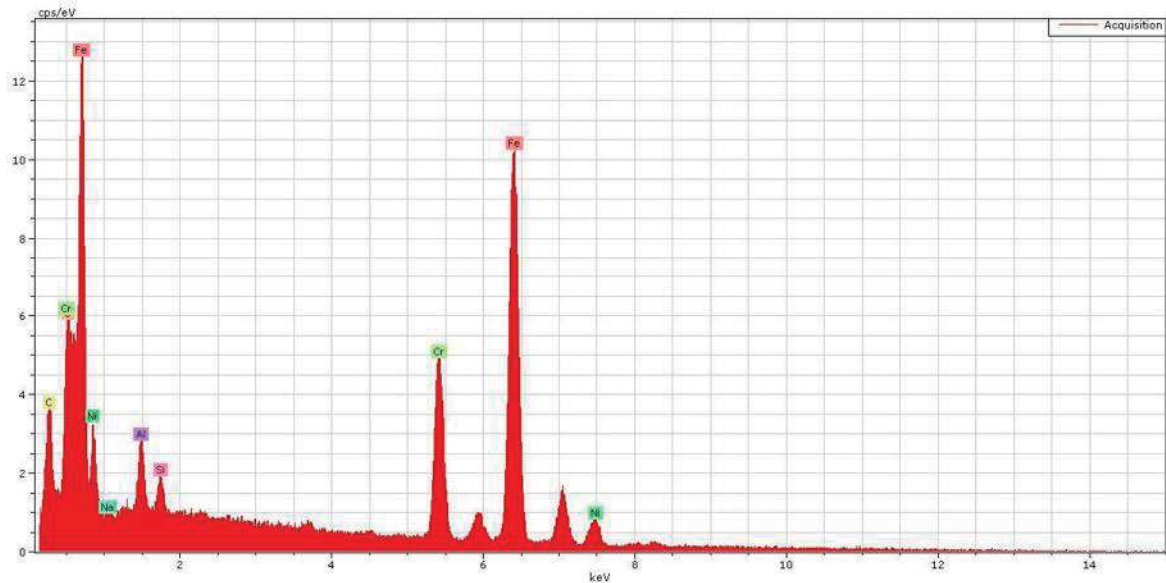


Fig.113.Espectro por EDS correspondiente a la marca comercial Ormco.

9.7.3. Gráficas de Espectros

9.7.3.1. Contenido de Carbono

El contenido de Carbono está presente en los aceros inoxidable y se conoce que en la aleación debe ser limitable para que resulte beneficioso desde el punto de vista de la corrosión (13). Cuando existe en cantidades elevadas perjudica la capacidad de deformación, es decir se vuelve más rígido, más quebradizo y más frágil, cuando la cantidad de carbono es pequeña será menos rígido y más flexible. Por lo que en cantidades pequeñas tendrá más beneficios ya que puede presentar menor cantidad de grietas (25). Respecto a la siguiente gráfica (fig.114) las marcas que presentan menor cantidad de Carbono son Gac y Morelli considerándose más elásticas y menos quebradizas que las demás marcas comerciales. Las marcas comerciales Tirden y American Orthodontic presentan más contenido de carbono considerándose marcas menos flexibles y más quebradizas.

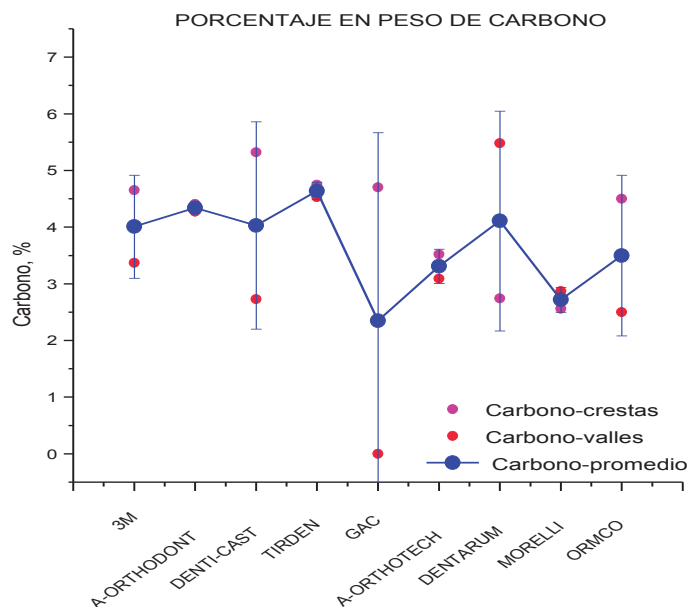


Fig.114. GRÁFICA DE PORCENTAJE EN PESO DE CARBONO DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

9.7.3.2. Contenido de Cromo

El Cromo es un elemento muy importante ya que mientras más cromo contenga la aleación, más resistente a la corrosión será. Respecto a la siguiente gráfica (fig.115) las marcas que más contenido de cromo presentaron son Gac y 3M, a las que se les consideran marcas más resistentes a la corrosión, de lo contrario la marca que presentó menor cantidad fue Dentaurum, la cuál es la de mayor riesgo a efectos de corrosión.

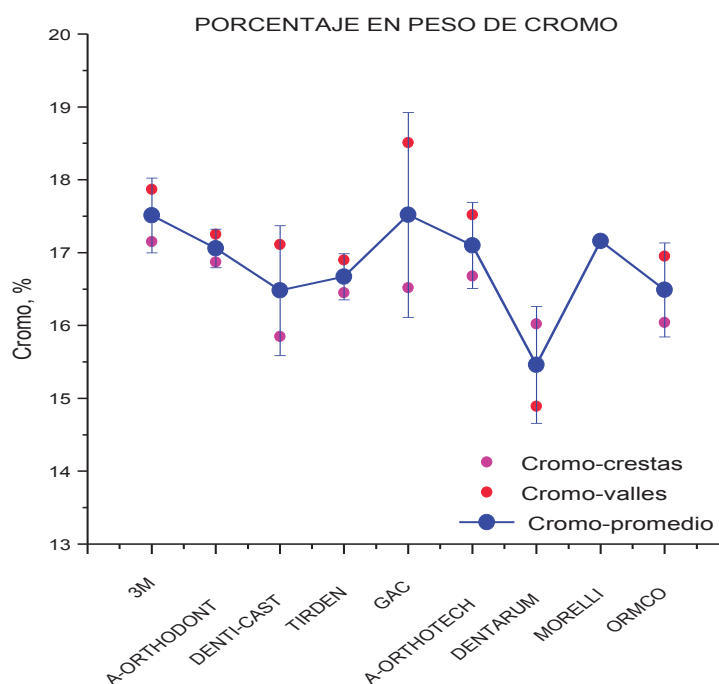


FIG.115.GRÁFICA DE PORCENTAJE EN PESO DE CROMO DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

9.7.3.3. Conenido de Níquel

Éste es un elemento importante en los aceros inoxidables, ya que ayuda a mantener la estructura austenítica estable del material; además de que le proporciona mayor flexibilidad. En cantidades elevadas puede ser dañino al organismo ya que puede haber absorción en el organismo. El Níquel mejora la capacidad de deformación , mejora la resistencia a la corrosión, aumenta la resiliencia, la ductilidad, la resistencia eléctrica, mejora la resistencia a la fatiga y otorga soldabilidad, también es un fuerte sensibilizador inmunológico y puede producir hipersensibilidad inmune (24) y generar reacciones de los tejidos que pueden ser constituidas por zonas difusas de color rojo intraorales, ampollas y úlceras que se extienden a la zona peribucal, además de reacciones urticariformes y eczematosas en la cara o en zonas más distantes del cuerpo (10,25). El níquel produce eczema en la zona de contacto y posteriormente aparecen lesiones en fosas antecubitales y región peri orbitaria. No se sabe el porqué de este fenómeno (26).

Se muestra en la siguiente gráfica (fig.116) que las marcas comerciales que presentan mayor cantidad son: Gac y Denticast. Por otro lado, la marca comercial Ormco es la de menor contenido de níquel, por lo cual resulta la marca comercial más saludable.

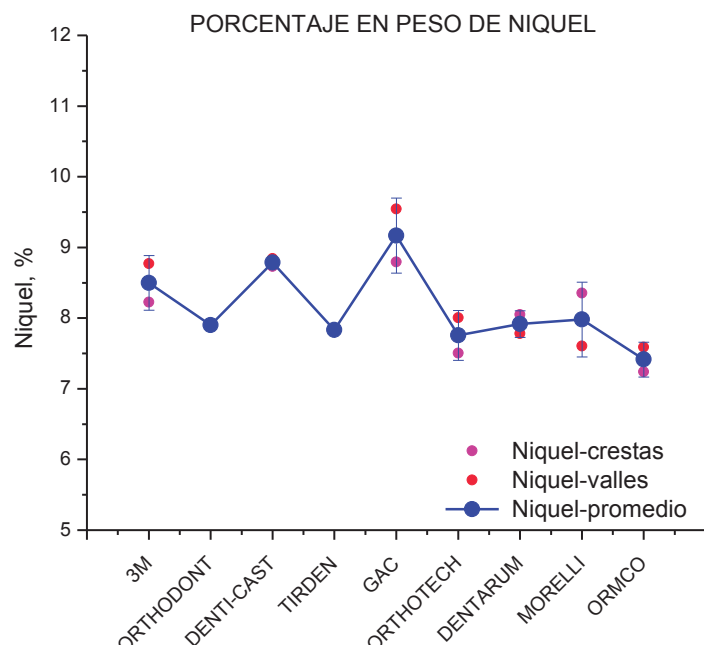


FIG.116. GRÁFICA DE PORCENTAJE EN PESO DE NIQUEL DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

9.7.3.4. Contenido de Hierro

El Hierro es el elemento principal y de balance en los aceros inoxidable, aproximadamente cumple aproximadamente con el 68% en la aleación. Su cantidad no es de gran importancia, ya que su porcentaje es consecuencia de la cantidad en la cual se presenten los otros elementos. Mientras más hierro haya los demás elementos estarán en menor cantidad.

En la gráfica de la fig.117, se muestra que la marca comercial Morelli es la que mayor cantidad de hierro posee en su aleación, mientras que la marca Ormco es la más baja en éste elemento.

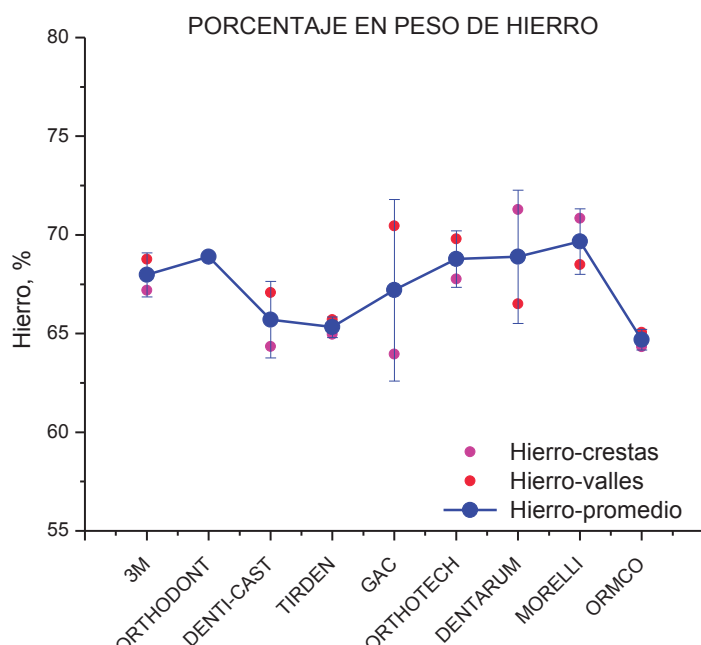


FIG.117. GRÁFICA DE PORCENTAJE EN PESO DE HIERRO DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

9.7.3.5. Contenido de Silicio

El silicio aumenta moderadamente la resistencia del acero inoxidable, su cantidad debe ser limitada, pero si se presenta en cantidades muy elevadas, puede desmejorar al cromo y comprometer la resistencia a la corrosión.

La mayoría de las marcas comerciales lo presentan estable tal y como se presenta en la fig.118. La marca Dentaurum es la única que se eleva por encima de las demás en porcentaje de silicio, por lo que se esperaría que éstos alambres presenten mayor resistencia.

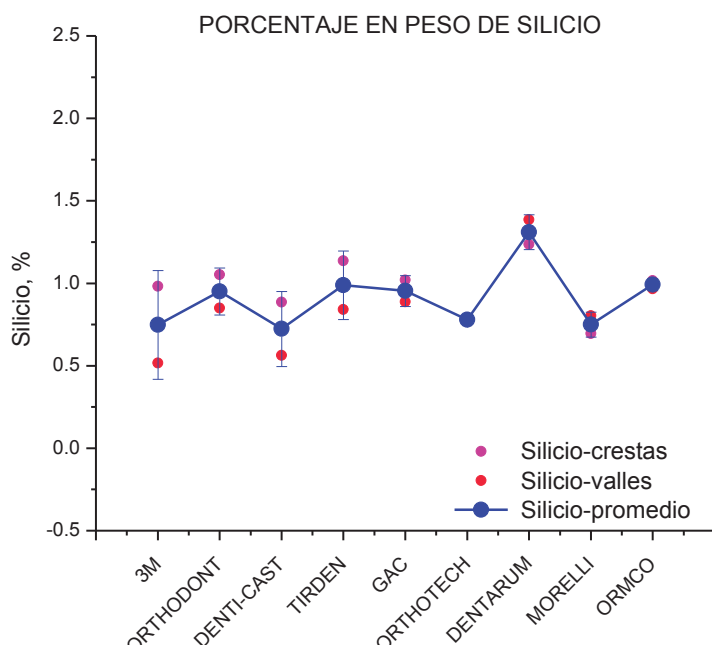


FIG.118. GRÁFICA DE PORCENTAJE EN PESO DE SILICIO DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

9.7.3.6. Contenido de Titanio

El Titanio es un metal ligero, biocompatible, componente endurecedor de la aleación, mejora la resistencia al desgaste, proporciona durabilidad al acero inoxidable, de muy alto costo, y tiene un efecto parecido al del Molibdeno, pero éste no compromete tanto la fragilidad del material, y tiene buen comportamiento ante la corrosión.

La gráfica siguiente (fig.119) muestra que la única marca que lo maneja es Morelli ya que es un elemento de alto costo.

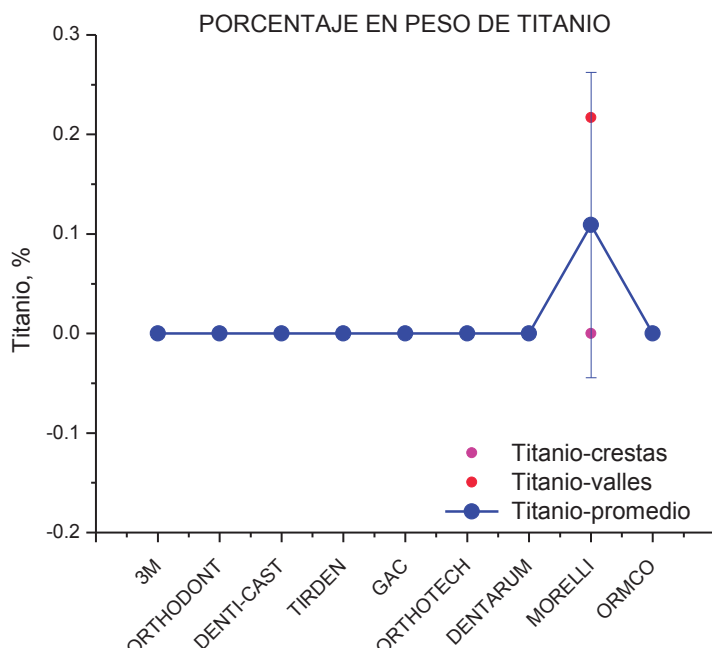


FIG.119. GRÁFICA DE PORCENTAJE EN PESO DE TITANIO DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

9.7.3.7 Contenido de Molibdeno

El Molibdeno es un elemento de microaleación de los aceros inoxidable que los endurece, aumenta enormemente la resistencia, siempre y cuando esté en cantidades limitadas, de manera contraria, volvería la aleación frágil y quebradiza. Cabe mencionar que si el Molibdeno se encuentra formando carburos asociados (MoC), van a generar un alto grado de fragilidad en el material.

La gráfica (fig.120) muestra que la marca 3M y Ormco no lo manejan y las marcas que contienen valores más altos son Denticast y Tirden, las cuáles se considerarían las marcas comerciales con mayor dureza

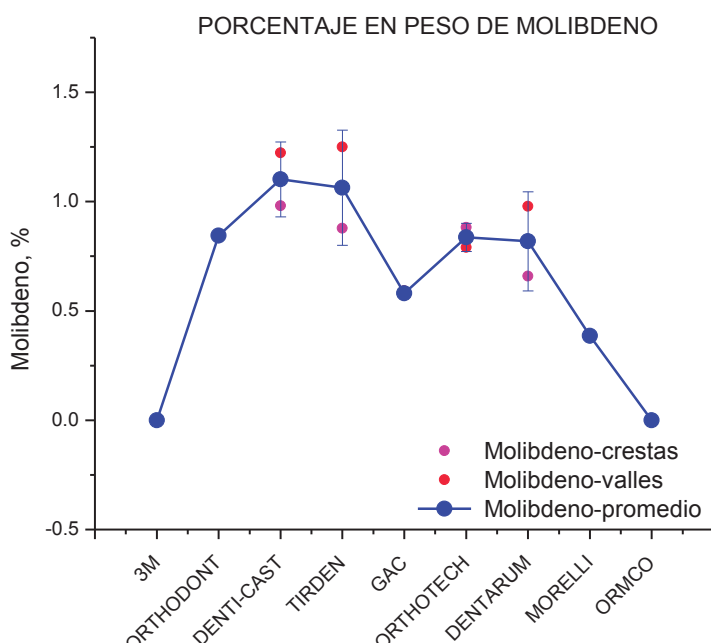


FIG.120.GRÁFICA DE PORCENTAJE EN PESO DE MOLIBDENO DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

9.7.3.8. Contenido de Oxígeno

El Oxígeno es un elemento que se asocia con otros para formar compuestos (óxidos), por lo que se le considera un elemento dañino a la calidad del alambre. En el presente estudio el oxígeno que se muestra no es propio del material, sino que es parte de la oxidación superficial.

La gráfica de la fig.121, muestra que las marcasOrmco y Tirden son las que presentan los valores más altos, mientras que 3M y American Orthodontic no lo contienen.

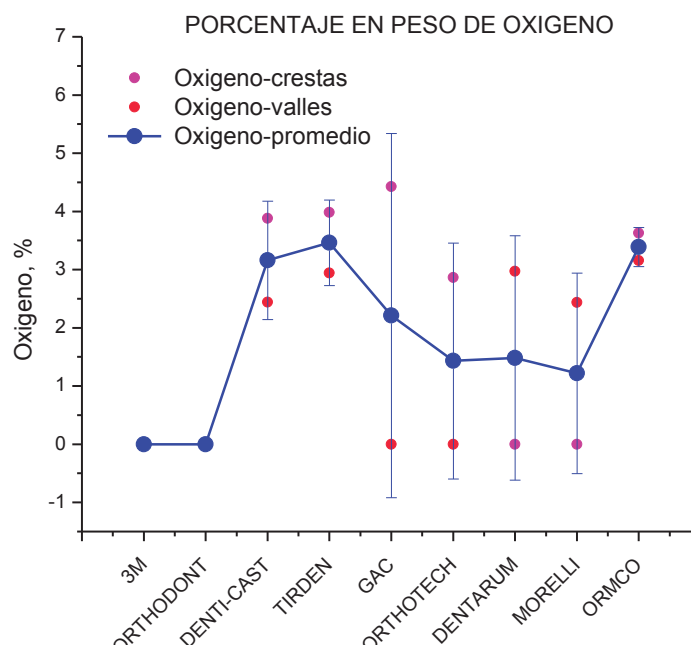


FIG.121. GRÁFICA DE PORCENTAJE EN PESO DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

9.7.3.9. Contenido de Aluminio

El aluminio es una impureza no recomendable, dañina y poco común que fragiliza el acero inoxidable. Causará agrietamiento rápido en el material debido a la formación de nitruro de aluminio (AlN).

La gráfica de la fig.122 muestra que la única marca comercial que lo maneja es la marca comercial Ormco, lo cual es un indicio de baja calidad del alambre.

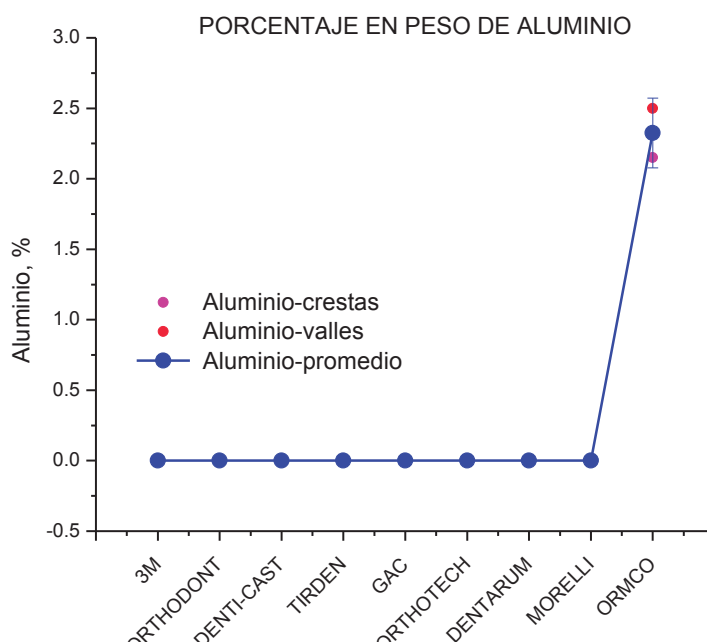


FIG.122. GRÁFICA DE PORCENTAJE EN PESO DE ALUMINIO DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.

De acuerdo a los diferentes resultados obtenidos, hay gran variabilidad en cada una de las marcas comerciales en lo que respecta a su composición química y a su presencia de grietas, pero como se mencionó anteriormente, debemos resaltar los resultados obtenidos del tamaño de grieta de nuestro material, especificando lo que resultó en las regiones externas del dobléz, ya que para determinar la calidad y durabilidad de nuestros alambres de acero inoxidable 0.9 mm , ésta área es la que determina la situación más crítica, ya que su estado de esfuerzos es de tensión y facilita el crecimiento de grietas hasta la ruptura. Tomando en cuenta el parámetro del tamaño de grieta, podemos determinar a la marca comercial Tirden como la de mejor calidad, ya que es la que presenta el menor tamaño de grieta, por lo que se considera a ésta marca como de las más resistentes y duraderas, ya que su tamaño de grieta nos da la confiabilidad que es la marca que menos tiende a propagar grietas grandes y por lo tanto la menos susceptible a la fractura. Es la marca que presenta la mayor cantidad de molibdeno esto hace que sea más resistente.

De lo contrario la marca American Orthotech se considera la de menor calidad por su gran propagación de grietas, sin embargo sus niveles de espectros químicos son estables, es decir la mayor de los elementos presentes están en el rango medio. Es importante mencionar que la marca comercial Gac, por ser la que presenta mayor contenido de cromo y níquel, se espera que sus resultados clínicos sean beneficiosos, sin embargo, fue una de las marcas que mayor longitud y número de grietas presentó. La marca comercial Denticast es de las marcas comerciales que mayor cantidad de níquel posee, esto se relaciona con la flexibilidad y fragilidad que presenta al momento del diseño del dobléz, sin embargo se debe tener en cuenta el efecto del níquel como un elemento altamente tóxico para el organismo.

Por último hay que resaltar que la marca más corrosiva es la marca comercial Dentaureum por ser la que presenta menor contenido de cromo, por lo que nuestra hipótesis de trabajo no se cumple por no ser el Dentaureum la marca comercial que posee mejor características mecánicas y de resistencia a la corrosión.

10. CONCLUSIONES

1.- Se concluye que las marcas comerciales Tirden y Dentaurem son las que presentan la menor longitud de grietas, es decir se consideran las 2 mejores marcas de acuerdo a que las grietas resultan más cortas. Por lo contrario las marcas Morelli y Gac se consideran de baja calidad ya que tienden a la mayor propagación de grietas.

2.- Las 2 marcas que representan menor cantidad de grietas son Dentaurem y 3M, clasificándolas como las mejores en cuanto a número de grietas y clasificando como de baja calidad a las marcas Gac y Morelli por presentar el mayor número de grietas.

3.- De acuerdo a los resultados en cuanto a tamaño de grieta se observa que la marca comercial American Orthotech es la que persiste en el tamaño de grieta mayor. Por otro lado, el tamaño de grieta menor corresponde a la marca Tirden, la cual posee las grietas más pequeñas tanto en áreas externas como en áreas internas. Es importante recalcar que éste parámetro es el más importante debido a que si el tamaño de grieta supera un valor crítico entonces la grieta se propagará de manera rápida conduciendo a la fractura del alambre.

4.- En cuanto al análisis espectral, las marcas Gac y 3M presentan el mayor porcentaje de cromo, por lo tanto son las marcas que se consideran las de mejor comportamiento ante la corrosión. De lo contrario la marca Dentaurem es la que menos cromo contiene siendo la marca comercial más susceptible a la corrosión.

5.- En cuanto a la cantidad de níquel, las marcas comerciales que en más cantidades lo poseen son: Gac y Denticast considerándose las más flexibles. La marca que menos lo contiene es Ormco siendo la marca con menor grado de flexibilidad.

6.- Las marcas comerciales que mayor contenido de carbono presentan son: Tirden y American Orthodontic, por lo que se espera mayor grado de rigidez. Por lo tanto se consideran las menos rígidas Gac y Morelli ya que presentan el menor contenido de éste elemento.

7.- La marca comercial “**Tirden**” se considera la de mejor calidad ya que es la que presenta el menor tamaño de grieta y mayor resistencia y durabilidad. Su tamaño de grieta da la confiabilidad de que éstas presentan menor tendencia a propagar y por lo tanto presentan menor susceptibilidad a la fractura.

8.- La marca comercial **American Orthotech** resulta la de menor calidad debido a que presenta el tamaño de grieta más grande, además de que los contenidos de cromo y molibdeno se encuentran en un rango intermedio y no presenta titanio, por lo que la resistencia y durabilidad es menor.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- D Escrivan De Saturno L. Ortodoncia en Dentición Mixta. 1ª ed. México: edit. Amolca; 2007 pags. 432,300, 451-453.
- 2.- Carlos R. Guardo. Ortopedia Maxilar. Atlas práctico. 1ª edición. Buenos Aires. 1993. Edit. Actualidades médico-odontológicas Latinoamérica C.A. pag 3.
- 3.-Ohanian María. Fundamentos y Principios de la Ortopedia Dento-Maxilo-Facial. 1ª edición. Colombia; 2000 editorial. Actualidades Medico Odontológicas Latinoamérica, C.A., Pag 9
- 4.- C.Philip Adams, W. Jhon S.Kerr. El diseño, construcción y uso de aparatos ortodónticos removibles. 6ª ed. México: edit. Prado; 1996, pags. 100,102,181,182.
- 5.- Graber – Neuman. Aparatología Ortodóntica Removible. 2ª ed. Buenos Aires: edit. Panamericana; 1997.
- 6.- Simoês Wilma Alexandre. Ortopedia Funcional de los Maxilares. 3ª edición. Brasil. 2004. Edit. Artes Médicas Latinoamérica. Pag 58.
- 7.-Alió Sanz J. Ortodoncia y Ortopedia con Aparatos Funcionales. 1ª ed España: edit. Ripano; 2006, pags. 89,90 y 91.
- 8.-Samir E. Bishara. Ortodoncia. México: edit. Mc Graw Hill; 2003, pag 315.
- 9.- Hans Peter Bimler. Bimler Los Modeladores Elásticos y Análisis Cefalométrico Compacto. 1ª ed. Venezuela: edit. Almoca; 1993, pg. 8, 9 – 10.
- 10.- Dos Santos R.L. Y Pithon M.M. Resorte de Coffin: Estudio de 2 Diferentes Tipos de Ligas Metálicas.Int.J.Odontostomat.,2010.,4(2):133-137.
- 11.- Puebla Solórzano R. “Tratamiento del Retrognatismo Mandibular en niños con el uso del modelador elástico “T”, Tesis de especialidad de ortodoncia, Morelia, Michoacán: U.M.S.N.H.:2010, pags. 26-28.
- 12- William R.Proffit. Principios Mecánicos en el control de las fuerzas Ortodónticas. Ortodoncia Contemporánea. Teoría y práctica. Ellsevier Science. 4ª edición; 2008, pags. 359,524.

- 13- Graber Vanarsdall. Ortodoncia Principios Generales y Técnicas. 3ª ed. Buenos Aires: edit. Medica Panamericana; 2003, pags. 247,258-264,296,303,304,305.
- 14- ¿Por qué a veces se rompen los alambres de los aparatos de ortopedia maxilar?, Friedrich Sernetz, revista Quintessence. Vol 16, Num 5. mayo 2005
- 15.-Uribe Restrepo Gonzalo Alonso. Ortodoncia. Teoría y clínica. Primera edición. Editorial Corporación para investigaciones biológicas. Medellín, Colombia 2004. Pp. 165 – 9, 230 – 65.
- 16.- Canut Brusola José Antonio. Ortodoncia clínica y terapéutica. Editorial Masson, Segunda edición, Barcelona, España; 2000, pp. 200-84,304,366-84.
- 17.- Earl Johnson, DDS, Relative Stiffness of Beta Titanium Archwires. The Angle Orthodontist. 2002 Enero, 73(3): 259 – 69.
- 18.- Vinod Krishnan, MDS^a; et al. Mechanical Properties and Surface Characteristics of Three Archwire Alloys. Angle Orthodontist, Vol. 74, No 6, 2004. Pp. 5
- 19.- Kapila S, Sachdeva R. Mechanical properties and clinical applications of orthodontic wires. American Journal Orthodontics. Dentofacial Orthopedia. 1989. 96: 100 – 09.
- 20.- Kusy RP. A review of contemporary archwires: their properties and characteristics. Angle. Orthod. 1997; 3: 197- 207.
- 21.- Macci R.L., Smith W., Sotillo M. Aceros en ortodoncia. Dental Area 2010. (Citado 2011 Jul 10).3 pags. www.odontología-online.com/html.
- 22.- Eliades, T. & Athanasiou, A. E. In vivo aging of orthodontic alloys: implications for corrosion potential, nickel release, and biocompatibility. Angle Orthod., 72(3):222-37, 2002.
- 23.-Macci, Ricardo Luis. Materiales Dentales. Segunda edición. Argentina. Editorial Médica Panamericana. 1998. Pags 125-132.
- 24.-Hensten – Pettersen, A. ; Jacobsen, N. & Grimssdóttir, M. R. Allergic reactions and safety concerns: In: Brantley, W. A. & eliades, T. (Eds). Orthodontic Materials: Scientific and Clinical Aspects. Stuttgart, Thieme, 2001. Pp.287 – 99.

25.- Janson, G. R.; Dainesi, E.A.; Consolaro, A.; Woodside, D. G. & de Freitas, M. R. Nickel hypersensitivity reaction before, during, and after orthodontic therapy. Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop., 113(6):655-60, 1998.

26.-Pérez Campos.R.H.A., Comparación de Corrosión en arcos rectangulares Niquel-Titanio Termoactivados de 5 diferentes marcas comerciales in vivo. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. CUEPI Noviembre 2009, pags. 8-10.

27.-Mario Grágeda Zegarra y Susana Montesinos . Aplicaciones de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y Análisis de Fractura de una Aleación de Cu – 10 Al. Facultad de ciencias físicas y matemáticas, Universidad de Chile.

28.-Loubet M.A: Tesis de Maestría, Evaluación de esfuerzos residuales durante la soldadura de reparación de grietas de herramientas de acero AISI H-13 para trabajar en caliente mediante la técnica HOLLE DRILLING, Instituto de Investigaciones Metalurgicas, U.M.S.N.H, México 2006, p.p. 179-181.

29.- Méndez G.M., Vargas P. M de la L., Mejía G. I. Caracterización Metalográfica de alambres termoactivados Ni-Ti de marcas comerciales para aplicaciones ortodónticas. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatria "Ortodoncia.ws edición electrónica Marzo 2009. Obtenible en: www.ortodoncia.ws. Consultada,12/ene/11.

30.-Friedrich Sernetz y cols. Características físicas y técnicas de los alambres utilizados en ortopedia maxilar y ortodoncia. Aleaciones. Quintessence técnica (ed. esp.)enero 2000;11(1):23-36,

31.-Isabella Silva, Vieira Marques; Adriana M.Araujo;Julio A.Gurgel ; David Normando Debris, Roughness and Friction of Stainless Steel Archwires Following Clinical Use Angle Orthodontics, Vol 80, No 3, 2010:521-527 pp.

32.-Rodriguez García Luis H., Alcántar Pedraza José Luis., Marcuschamer Miller Alejandro. Evaluación Microscópica de la superficie de alambres ortodónticos expuestos a diferentes periodos del medio bucal. Ortodoncia Actual, año 3, num 11, enero de 2007

33.- S.A.Thompson. An overview of nickel – titanium alloys used in dentistry. Departament of Adult Dental Health, University of Wales College of Medicine, International Orthodontic Journal. Cardiff, UK. 2000. Pags 297-310.

34.- Y.V. Murty Titulado: “Use of Stainless Steels in Medical Applications.” Medical Device Materials 2004;Sanjay Shrivastava, editor,pag 289-293

35.- *Acero Inoxidable* : es.wikipedia.org/wiki/Acero_inoxidable (citado 12/06/11)

36. *Aparatos en Ortopédicos Funcionales* .Gloria Marín Manso.2004
www.zonaortodoncia.com/aparatologia_auxiliar.htm (citado 14/02/11)

37.- Spiro J. Chaconas. Ortodoncia. México: edit. El manual moderno, 1982: pag. 120

12. ANEXOS

TABLA DE LONGITUD DE GRIETAS

LONGITUD DE GRIETAS										
3M CRESTAS		3M VALLES		A.ORTHODONT.CRESTA	A.ORTHODONT. VALLE	A.ORTHOTECH CRESTA	A.RTHOTECH VALLE			
0,0046207		0,0012835		0,022025	0,019612	0,00975509	0,02454175			
0,01037		0,00811213		0,016121	0,00960106	0,01211685	0,0138625			
0,0080607		0,016789		0,00641782	0,024028	0,01129537	0,01766185			
0,0076838		0,00872821		0,01485461	0,01774702	0,01105577	0,0186887			
0,00289312		0,00777109		0,00788028	0,00739207	0,00119897	0,00541317			
DENTI-CAST CRESTA		DENTI-CAST VALLE		GAC CRESTA	GAC VALLE	MORELLI CRESTA	MORELLI VALLE			
0,00693125		0,00866406		0,00934435	0,02561995	0,00343995	0,02751962			
0,005545		0,01704574		0,05940337	0,01334907	0,01109	0,03065152			
0,00318324		0,01026851		0,0114494	0,01067926	0,00726498	0,02908557			
0,00521983		0,01199277		0,02673237	0,01654943	0,00726498	0,02908557			
0,00189504		0,00444892		0,02831348	0,00796792	0,00382502	0,00156595			
TIRDEN CRESTA		TIRDEN VALLE		DENTAURUM CRESTA	DENTAURUM VALL	ORMCO CRESTA	ORMCO VALLE			
0,00444113		0,00459516		0,00610977	0	0,01021717	0,00798377			
0,00207937		0,00852287		0,00261847	0,01175745	0,0034913	0,00687991			
0,00734199		0,01150074		0,0127843	0,00587873	0,00685423	0,00743184			
0,00462083		0,00820626		0,00717085	0,00587873	0,00685423	0,00743184			
0,00263591		0,00346366		0,00516531	0,00587873	0,00336294	0,00055193			

ESPECTROS DE ÁREAS EXTERNAS E INTERNAS:

CARBONO	Área Externa	A.Interna		
3M	4.657	3.371	4.014	0.90933932
A.ORTODONTIC	4.412	4.278	4.345	0.09475231
DENTICAST	5.326	2.734	4.030	1.83282078
TIRDEN	4.757	4.537	4.647	0.15556349
GAC	4.707	0	2.354	3.32835162
A.ORTHOTECH	3.524	3.098	3.311	0.30122749
DENTAURUM	2.740	5.484	4.112	1.94030101
MORELLI	2.567	2.877	2.722	0.2192031
ORMCO	4.507	2.503	3.505	1.41704199

SODIO	Área Externa	A.Interna		
3M	1.795	0.692	1.244	0.77993878
A.ORTODONTIC	0	0	0.000	0
DENTICAST	0	0	0.000	0
TIRDEN	0	0	0.000	0
GAC	0	0	0.000	0
A.ORTHOTECH	0	0	0.000	0
DENTAURUM	0	0	0.000	0
MORELLI	0	0	0.000	0
ORMCO	1.081	1.274	1.178	0.13647161

OXIGENO	Área ext.	Área int.		
3M	0	0	0	0
A.ORTODONTIC	0	0	0	0
DENTICAST	3.882	2.442	3.162	1.01823376
TIRDEN	3.981	2.943	3.462	0.73397684
GAC	4.426	0	2.213	3.12965461
A.ORTHOTECH	2.864	0	1.432	2.02515382
DENTAURUM	0	2.969	1.4845	2.09940003
MORELLI	0	2.436	1.218	1.72251212
ORMCO	3.629	3.154	3.3915	0.33587572

Cromo	A.Ext.	A.Int.		
3M	17.150	17.876	17.513	0.51335952
A.ORTODONTIC	16.875	17.250	17.063	0.26516504
DENTICAST	15.854	17.117	16.486	0.89307586
TIRDEN	16.453	16.902	16.678	0.31749094
GAC	16.528	18.517	17.523	1.40643539
A.ORTHOTECH	16.686	17.522	17.104	0.59114127
DENTAURUM	16.026	14.894	15.460	0.80044488
MORELLI	17.161	17.172	17.167	0.00777817
ORMCO	16.041	16.953	16.497	0.64488138

Silicio	A. Ext.	A. Int.		
3M	0.982	0.516	0.749	0.32951176
A.ORTODONTIC	1.052	0.850	0.951	0.14283557
DENTICAST	0.885	0.563	0.724	0.22768838
TIRDEN	1.136	0.842	0.989	0.20788939
GAC	1.020	0.888	0.954	0.0933381
A.ORTHOTECH	0.767	0.791	0.779	0.01697056
DENTAURUM	1.236	1.385	1.3105	0.10535891
MORELLI	0.696	0.803	0.7495	0.07566043
ORMCO	1.017	0.966	0.9915	0.03606245

MOLIBDENO	A.Ext.	A.Int.		
3M	0	0	0	0
A.ORTODONTIC	0.836	0.852	0.844	0.01131371
DENTICAST	0.981	1.223	1.102	0.17111984
TIRDEN	0.878	1.250	1.064	0.26304372
GAC	0.570	0.592	0.581	0.01555635
A.ORTHOTECH	0.882	0.791	0.8365	0.06434672
DENTAURUM	0.659	0.979	0.819	0.22627417
MORELLI	0.379	0.394	0.3865	0.0106066
ORMCO	0	0	0	0

Niquel	A.Ext.	A.int.		
3M	8.225	8.772	8.499	0.38678741
A.ORTODONTIC	7.878	7.925	7.902	0.03323402
DENTICAST	8.730	8.841	8.786	0.07848885
TIRDEN	7.836	7.825	7.831	0.00777817
GAC	8.794	9.543	9.169	0.52962298
A.ORTHOTECH	7.506	8.005	7.756	0.35284628
DENTAURUM	8.049	7.782	7.916	0.18879751
MORELLI	8.355	7.606	7.981	0.52962298
ORMCO	7.241	7.588	7.415	0.24536605

Acero	A.Ext.	A.Int.		
3M	67.188	68.771	67.980	1.11935003
A.ORTODONTIC	68.945	68.843	68.894	0.07212489
DENTICAST	64.339	67.077	65.708	1.93605837
TIRDEN	64.956	65.697	65.327	0.52396612
GAC	63.952	70.457	67.205	4.59972961
A.ORTHOTECH	67.767	69.790	68.779	1.43047702
DENTAURUM	71.288	66.504	68.896	3.38279884
MORELLI	70.838	68.490	69.664	1.66028672
ORMCO	64.328	65.059	64.694	0.51689506

ALUMINIO	A.Ext	A.Int.		
3M	0	0	0	0
A.ORTODONTIC	0	0	0	0
DENTICAST	0	0	0	0
TIRDEN	0	0	0	0
GAC	0	0	0	0
A.ORTHOTECH	0	0	0	0
DENTAURUM	0	0	0	0
MORELLI	0	0	0	0
ORMCO	2.151	2.500	2.3255	0.24678027

TITANIO	A.Ext.	A.Int		
3M	0	0	0,000	0
A.ORTODONTIC	0	0	0,000	0
DENTICAST	0	0	0,000	0
TIRDEN	0	0	0,000	0
GAC	0	0	0,000	0
A.ORTHOTECH	0	0	0,000	0
DENTAURUM	0	0	0,000	0
MORELLI	0	0.217	0.109	0.15344217
ORMCO	0	0	0,000	0

LONGITUD DE GRIETAS EN LAS IMÁGENES DE 500X

MARCAS

GRIETAS	3M-externas	3M- internas	A.Ortodontic- externas	A.Ortodontic- internas	A.Ortotech- externas	A.Ortotech- internas
	13	8	36	70	58	33
	17	17	21	28	50	45
	60	10	44	73	39	53
	121	21	103	36	43	58
	67	34	89	52	41	92
	14	47	42	35	13	135
	22	35	33	52	60	62
	44	11	33	36	90	34
	58	18	28	21	32	69
	33	48	127	11	39	39
	44,9	16	25	13	27	16
	33,494444	110	28	50	81	54
N=10		13	64	31	53	58
		5	30	15	20	55
		5	40	20	46,1428571	39
		19	21	16	21,5187115	118
		21	26	10	N=14	53
		34	22	29		12
		38	56	46		32
	26,8421053		45,6842105	13		35
	24,1758906		29,9500559	53		54,6
	N=19	N=19		94		30,6446527
				115		N=20
				53		
				27		
				38		
				39,8846154		
				26,0987769		
				N=26		

Dentaurum - externas	Dentaurum- internas	Denticast- externas	Denticast- internas
	0		
37	8	29	22
25	18	10	10
34	19	37	23
23	16	19	9
14	97	13	11
37	41	27	19
19	30	27	29
28	53	31	24
114	13	16	18
44	43	34	12
44	23	21	20
38,0909091	32,8181818	41	30
27,0127916	25,5022281	25,4166667	14
N=11	N=11	9,72773293	20
		N=12	67
			19
			9
			38
			37
			24
			59
			15
			42
			8
			22
			27
			9
			6
			7
			12
			9
			27
			19
			12
			21,4411765

14,0544206

N=34

Gac-externas	Gac- internas	Morelli- externas	Morelli- internas	Ormco- externas	Ormco- internas	Tirden- externas	Tirden- internas
6	9	45	29	25	22	5	8
4	9	5	23	12	32	3	12
5	106	6	23	15	13	10	13
14	14	11	22	10	15	6	25
11	14	12	15	17	28	30	11
5	20	10	14	13	11	6	7
5	15	6	41	22	5	8	12
11	14	15	27	16	3	6	16
4	96	21	43	8	26	5	5
7	14	6	16	22	18	7	11
5	45	15	15	25	15	4	14
8	18	9	80	8	11	15	4
10	59	17	45	6	4	5	6
9	15	12	19	9	16	10	10
10	19	8	30	10	10	6	65
7	32	5	21	30	10	7	9
8	20	35	22	9	11	8	14
6	54	16	10	9	9	5	12
12	43	29	24	15	7	5	7
26	33	20	17	4	15	15	14
3	9	22	27	26	8	13	17
5	18	15	19	11	14	7	11
5	18	27	16	9	16	8	22
17	7	25	18	21	14	9	6
62	32	5	23	5	10	4	13
11	26	3	31	25	12	5	14
8	29	15	21	19	17	7	17
85	12	8	19	14,8518519	18	7	7
57	26	10	7	7,39908364	11	7	8
5	9	14,9310345	9	N=27	15	8	9
23	54	9,9280664	8		13	8	19
110	63	N=29	24		14	5	24
69	8		86		13,84375	9	7
73	7		10		6,43132142	6	20

46	28,4411765	33	32	7,91176471	9
101	24,2664392	41		4,80761799	13,6571429
136	N=34	70		N=34	10,3949729
39		29			N=35
120		20			
115		18			
75		17			
5		36			
13		27			
9		18			
5		37			
8		15			
6		39			
4		10			
4		44			
3		27			
3		18			
4		19			
40		35			
4		24			
3		16			
5		27			
5		38			
11		30			
11		27			
6		36			
10		26,75			
55		15,4081477			
8		N=60			
24,7619048					
34,1078528					
N=63					

