

**COMPARACIÓN DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES EN
ALTURA ÓSEA Y LONGITUD RADICULAR DISMINUIDAS,
UTILIZANDO TRES ALAMBRES MEDIANTE EL MÉTODO DE
ELEMENTOS FINITOS**



INVESTIGADORES:

RUTH TATIANA ARENAS MARTINEZ
CAROLINA LÓPEZ ACEVEDO
ANGELICA MARIA ROSERO IBARRA
YESSENIA ALEJANDRA SOLANO SOLANO
Odontólogas

Residentes IV semestre de ortodoncia y ortopedia maxilar

ASESOR CIENTÍFICO

Dra. DIANA PACHECO
Odontóloga, Especialista en Ortodoncia, Especialista en
Docencia universitaria

ASESOR METODOLÓGICO

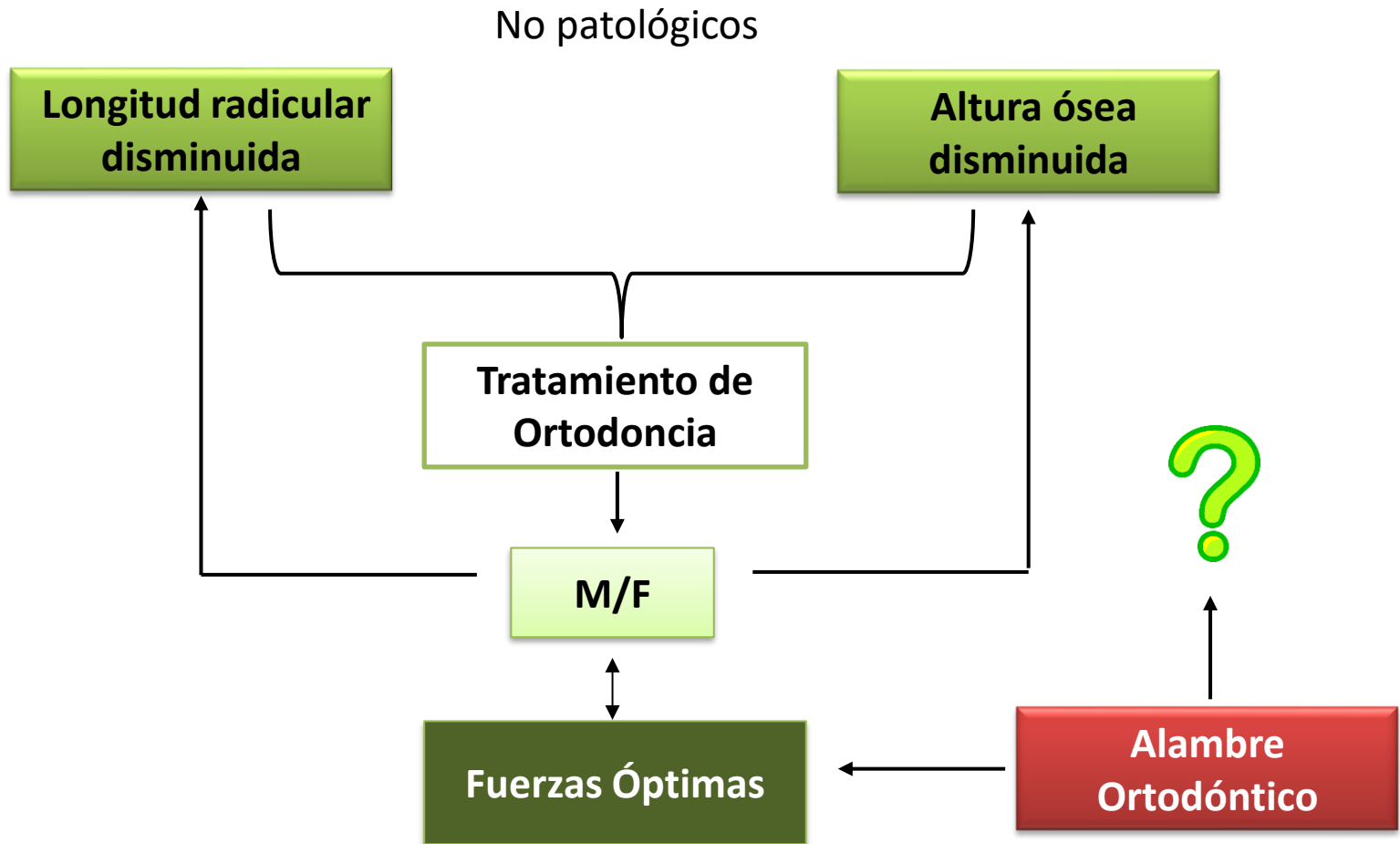
DRA. DIANA PARRA
Odontóloga. Epidemióloga
Docente Investigación y salud pública

ASESOR EXTERNO

ING. RICARDO RIOS
Ingeniero Mecánico

BOGOTÁ, 2016

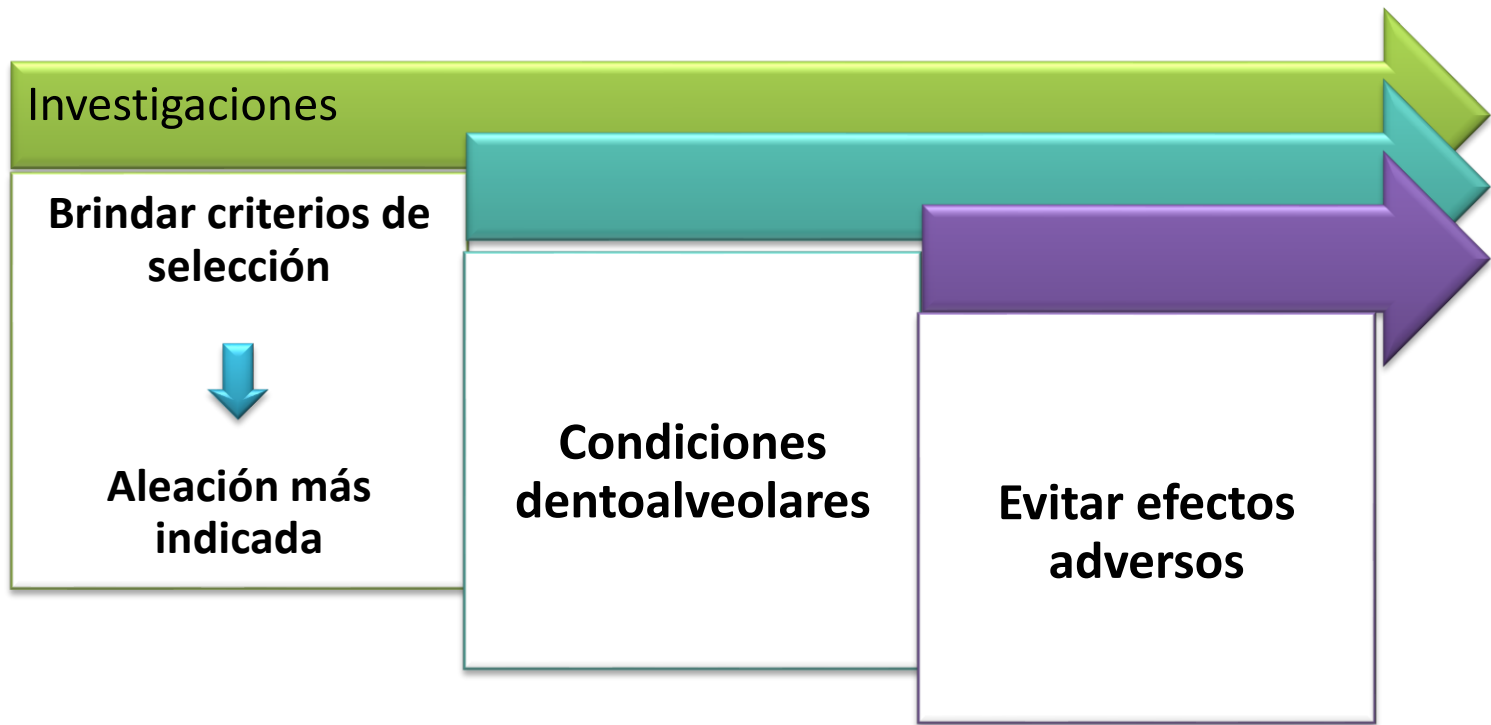
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿CUÁLES SON LOS ESFUERZOS Y DEFORMACIONES QUE SE
GENERAN SOBRE UNA ALTURA ÓSEA Y LONGITUD
RADICULAR DISMINUIDAS, UTILIZANDO TRES ALAMBRES,
MEDIANTE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS?

JUSTIFICACIÓN



PROPÓSITO

Fortalecer la línea de investigación de UNICOC en biomateriales y tecnología para restauración dental.

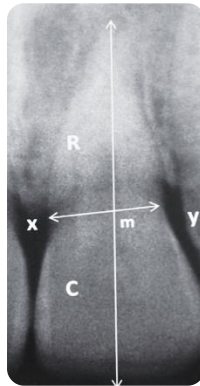
Otorgar evidencias científicas que faciliten al ortodoncista la adecuada realización del tratamiento en pacientes que presenten hueso alveolar y longitud radicular disminuidas.

MARCO TEÓRICO

LONGITUD RADICULAR DISMINUIDA



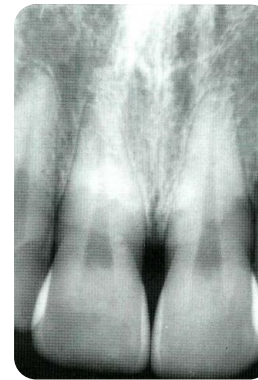
Formación radicular completa con ápice cerrado, pero con acortamiento determinado.



ALTURA ÓSEA DISMINUIDA



Resultado de una pérdida ósea en cantidad horizontal y/o vertical previa.



No se tuvo en cuenta el biotipo periodontal porque es un estudio experimental por FEM.

MARCO TEÓRICO

TMA

Aleación B-Titanio: Titanio (79%), Molibdeno (11%), Zirconio (6%) y Estaño (4%).

Propiedades: Módulo de elasticidad bajo, rigidez media, conformabilidad, soldabilidad, súper-elasticidad y buena memoria de forma.



GUMMETAL

Aleación B-Titanio: Ti-23 Nb-0.7 Ta-2 Zr-O.

Propiedades: Módulo de elasticidad extremadamente bajo, resistencia alta, súper-elasticidad, ductilidad y menor fricción.



MARCO TEÓRICO

ACERO INOXIDABLE

Aleación: Hierro o Ferrita (73,8%), Cromo (18%), Niquel (8%) y Carbono (0,20%).

Propiedades: Productor de mayores fuerzas aplicadas durante cortos periodos de tiempo, menor recuperación elástica, alta rigidez, resistencia a la corrosión, excelente formabilidad facilidad para ser soldado.



MARCO TEÓRICO

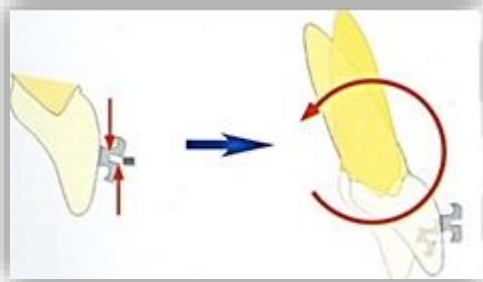
TORQUE



Aplicación de un par de Fuerzas.



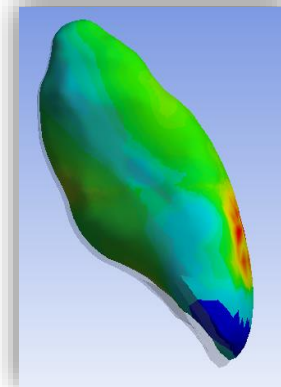
Resultado: Movimiento en sentido buco-lingual o rotación pura de la raíz.



MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS



Análisis numérico en el que se simulan estructuras de geometría compleja, que permite calcular, analizar y comprender el comportamiento de un diseño en determinadas condiciones



OBJETIVO GENERAL

Comparar la distribución de esfuerzos y deformaciones que se generan en una altura ósea y longitud radicular disminuidas utilizando alambres Gummetal, Acero y TMA 0,018" X 0,022" en el incisivo central superior derecho (11), cuando se expresa el torque de una aparatología preajustada (MBT), mediante el método de los elementos finitos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los esfuerzos y deformaciones que se generan en el incisivo central superior derecho (11) con una **altura ósea disminuida**, utilizando alambres de **Acero inoxidable, Gummetal y TMA**, cuando se expresa el torque de una aparatología preajustada, mediante el método de los elementos finitos.
- Establecer los esfuerzos y deformaciones que se generan en el incisivo central superior derecho (11), en una **longitud radicular disminuida** utilizando alambres de **Acero inoxidable, Gummetal y TMA**, cuando se expresa el torque de una aparatología preajustada, mediante el método de los elementos finitos.
- Determinar los esfuerzos y deformaciones que se generan en el incisivo central superior derecho (11) en **una altura ósea y longitud radicular adecuadas** utilizando alambres de **Gummetal, Acero y TMA**, cuando se expresa el torque de una aparatología pre-ajustada, mediante el método de los elementos finitos.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

TIPO DE ESTUDIO

Estudio experimental por simulación matemática con elementos finitos.

POBLACIÓN DE ESTUDIO

No aplica.

OBJETO DE ESTUDIO

Distribución de esfuerzos y deformaciones en altura ósea, longitud radicular disminuidas y adecuadas.

UNIDAD DE OBSERVACIÓN

Tomografías computarizadas de pacientes atendidos en la Clínica de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar de UNICOC.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

MUESTRA

Tomografías computarizadas de pacientes
atendidos en la Clínica de Ortodoncia y Ortopedia
Maxilar de UNICOC.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- TC de un paciente con altura del hueso alveolar tipo 3 disminuida (3mm) del diente central superior derecho (11).
- TC de un paciente con longitud radicular disminuida (proporción 1:1) del diente central superior derecho (11).
- TC de un paciente con longitudes óseas y radiculares adecuadas del diente central superior derecho (11).

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- TC de pacientes con signos clínicos de enfermedad periodontal.
- TC de pacientes comprometidos sistémicamente
- TC de pacientes que se encuentren en tratamiento de ortodoncia

ASPECTOS METODOLÓGICOS

VARIABLES

DEPENDIENTES	INDEPENDIENTES
Esfuerzo	Longitud radicular
Deformación	Altura ósea
	Arco TMA
	Arco Gummetal
	Arco Acero Inoxidable

ASPECTOS METODOLÓGICOS

PROCEDIMIENTO

ETAPA 1

Selección de 3 tomografías de pacientes atendidos en la clínica de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar de UNICOC, con previo consentimiento informado, teniendo en cuenta las condiciones de la investigación.

Las tomografías fueron tomadas por el mismo operador con el tomógrafo Cranex® 3D de la marca Soredex.



PROCEDIMIENTO

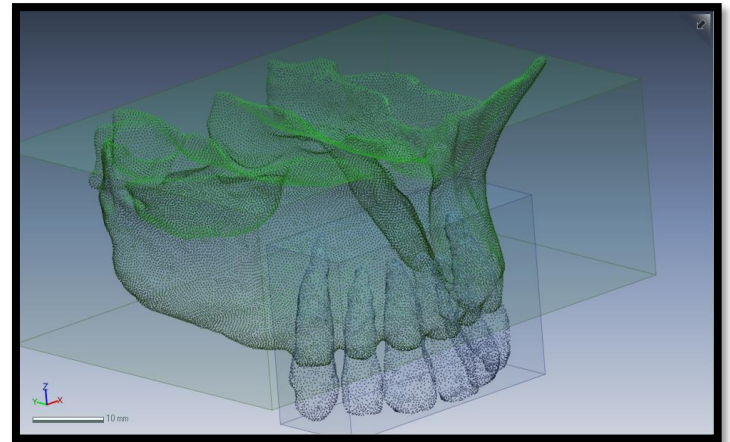
ETAPA 2 PRE-PROCESAMIENTO



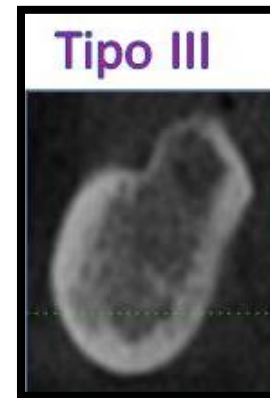
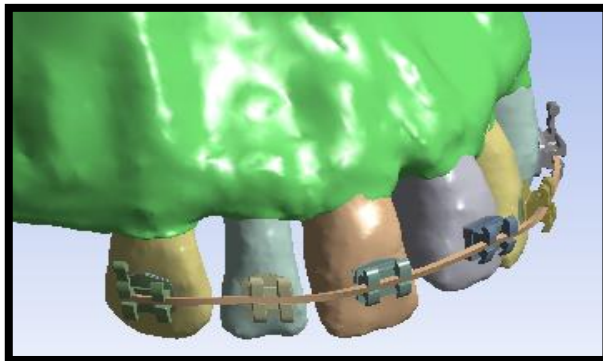
A. CONSTRUCCIÓN DE LA GEOMETRÍA

- Reconstrucción de 3 modelos del maxilar
- DICOM → STL
- Cortes TC → 3D-Doctor 4.0
- STL → Rapid Form

- Bracket: Calibrador digital
- Estereomicroscopio
- Solid Works
- Ansys 16.0



B. DEFINICIÓN DE LOS MATERIALES



PROCEDIMIENTO

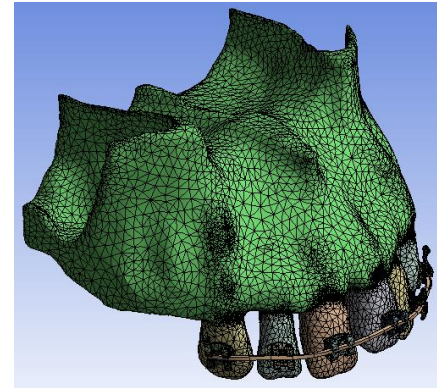
ETAPA 2 PRE-PROCESAMIENTO

INGRESO DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES AL SOFTWARE



Estructuras y arcos	Módulo de Young (Mpa)	Módulo de Poisson	Referencias
Diente	20300	0,26	Geramy, 2010
Hueso	34000	0,15	Geramy, 2010
Gummetal	40000	0,1	Furuta, 2005
TMA	62000	0,3	Szuhanek, 2010
Acero	160000	0,3	Kojima, 2004

GENERACIÓN DEL ENMALLADO DEL ELEMENTO



Statistics	
☐ Nodes	493687
☐ Elements	288529

Geramy A. Alveolar bone resorption and the center of resistance modification (3D analysis by means of the finite element method). Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 2000; 117(4): 339-405.

Kojima Y, Fukui H. Numerical simulation of canine retraction by sliding mechanics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2005; 127: 546-551.

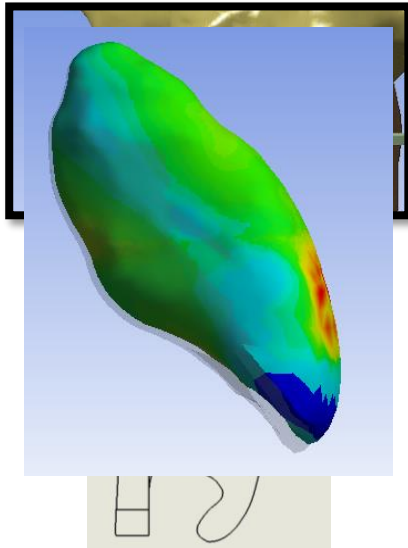
Szuhanek C, Fleser T, Glavan F. Mechanical Behavior of Orthodontic TMA Wires. WSEAS Transactions on Biology and Biomedicine. 2010; 7(3): 227- 86.

Furuta T, Kuramoto S, Hwang J. Elastic Deformation Behavior of Multi-Functional Ti-Nb-Ta-Zr-O Alloys. Materials Transactions. 2005;; 46 (12): 3001- 3007.

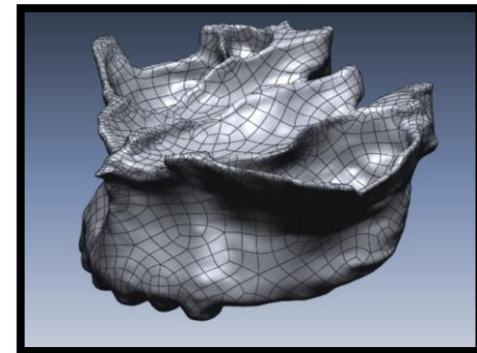
PROCEDIMIENTO

ETAPA 2 PRE-PROCESAMIENTO

APLICACIÓN DE CARGAS



DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES DE FRONTERA



Restricción de desplazamientos

PROCEDIMIENTO

ETAPA 3 PROCESAMIENTO



Plantear y resolver ecuaciones
generando archivos con resultados

Sistema

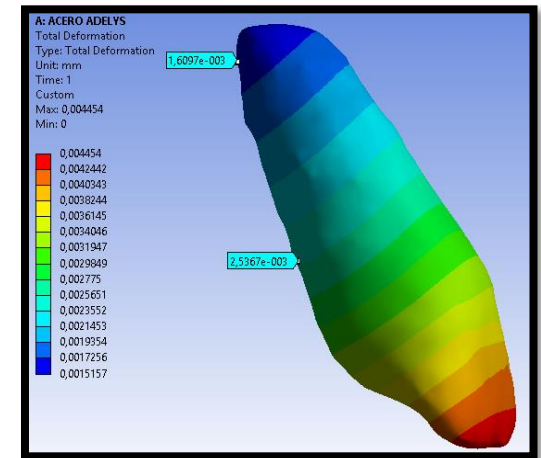
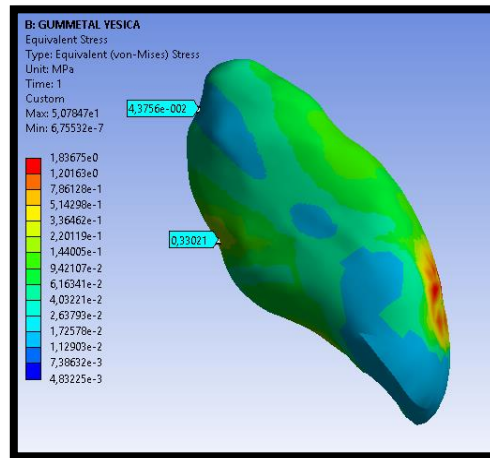
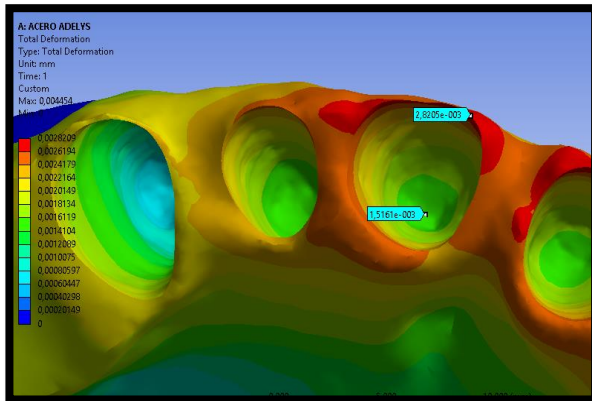
Procesador:	Intel(R) Core(TM) i5-4460 CPU @ 3.20GHz 3.20 GHz
Memoria instalada (RAM):	8,00 GB
Tipo de sistema:	Sistema operativo de 64 bits, procesador x64
Lápiz y entrada táctil:	La entrada táctil o manuscrita no está disponible para esta pantalla

PROCEDIMIENTO

ETAPA 4: POST-PROCESAMIENTO



VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS



PROCEDIMIENTO

ETAPA 4 POST-PROCESAMIENTO



CÁLCULO DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES

TABLAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ESFUERZOS (MPa)

	RAIZ DISMINUIDA		HUESO DISMINUIDO	
	MIN	MAX	MIN	MAX
ACERO	7,24E-02	0,59	3,49E-02	0,74499
TMA	4,80E-02	0,4	2,35E-02	0,48134
GUMMETAL	3,63E-02	0,33	1,90E-02	0,41129

DEFORMACIONES (mm)

	RAIZ DISMINUIDA		HUESO DISMINUIDO	
	MIN	MAX	MIN	MAX
ACERO	3,50E-04	7,90E-04	3,49E-02	0,74499
TMA	2,30E-04	5,50E-04	2,35E-02	0,48134
GUMMETAL	2,50E-04	5,30E-04	1,90E-02	0,41129

ESFUERZOS (MPa)

	RAIZ ADECUADA		HUESO ADECUADO	
	MIN	MAX	MIN	MAX
ACERO	7,50E-02	1,05	4,13E-02	4,387
TMA	5,18E-02	0,6369	3,32E-02	2,43
GUMMETAL	3,83E-02	0,53691	2,24E-02	2,394

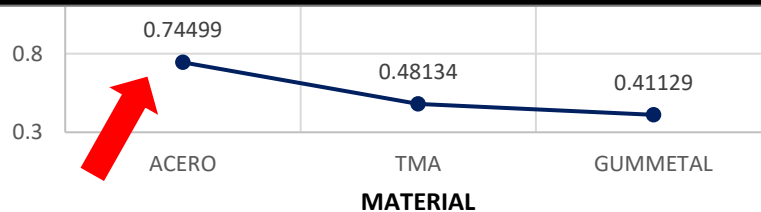
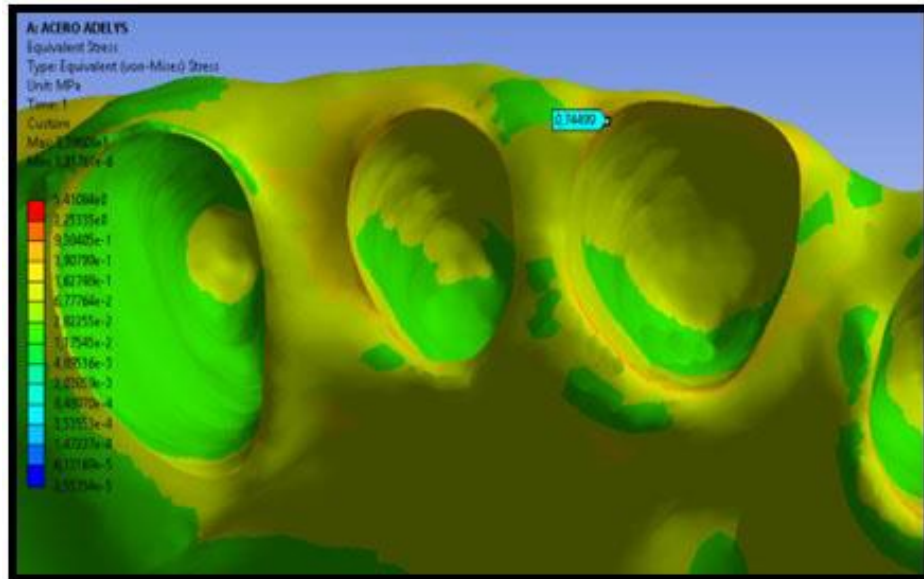
DEFORMACIONES (mm)

	RAIZ ADECUADA		HUESO ADECUADO	
	MIN	MAX	MIN	MAX
ACERO	1,07E-04	5,12E-04	1,06E-04	6,28E-04
TMA	7,21E-05	3,23E-04	7,09E-05	4,19E-04
GUMMETAL	5,81E-05	2,41E-04	5,79E-05	3,42E-04

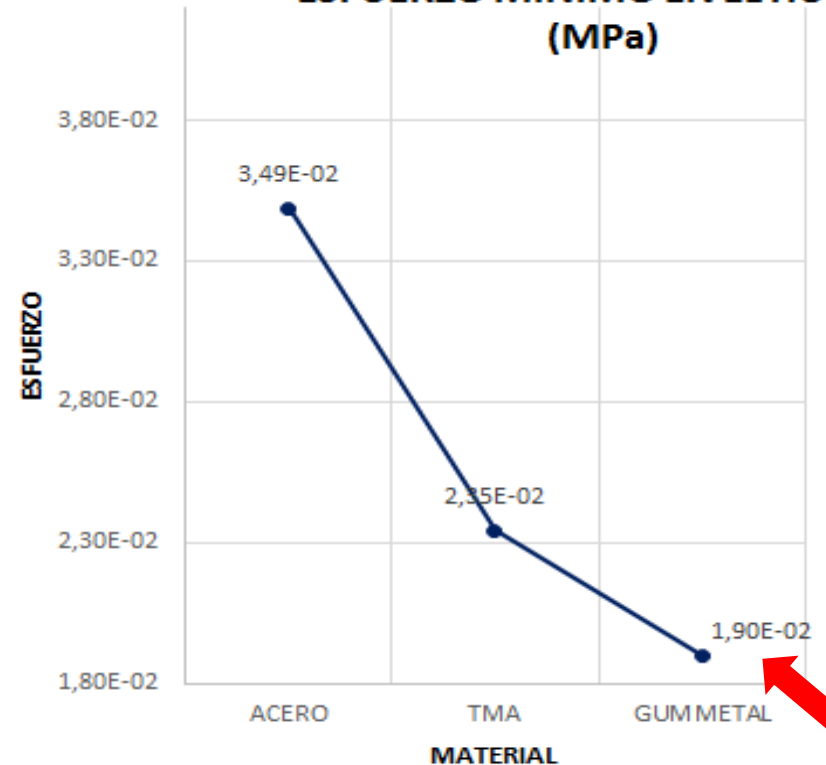
RESULTADOS

ESFUERZO MÁXIMO EN EL HUESO

—●— HUESO DISMINUIDO



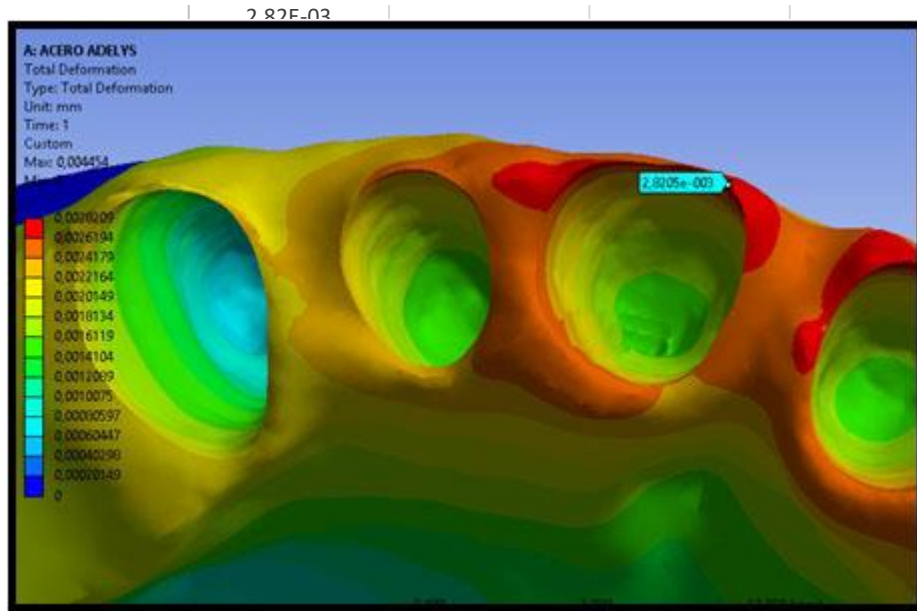
ESFUERZO MÍNIMO EN EL HUESO (MPa)



RESULTADOS

DEFORMACIÓN MÁXIMA EN EL HUESO
(MPa)

—●— HUESO DISMINUIDO



3.10E-04

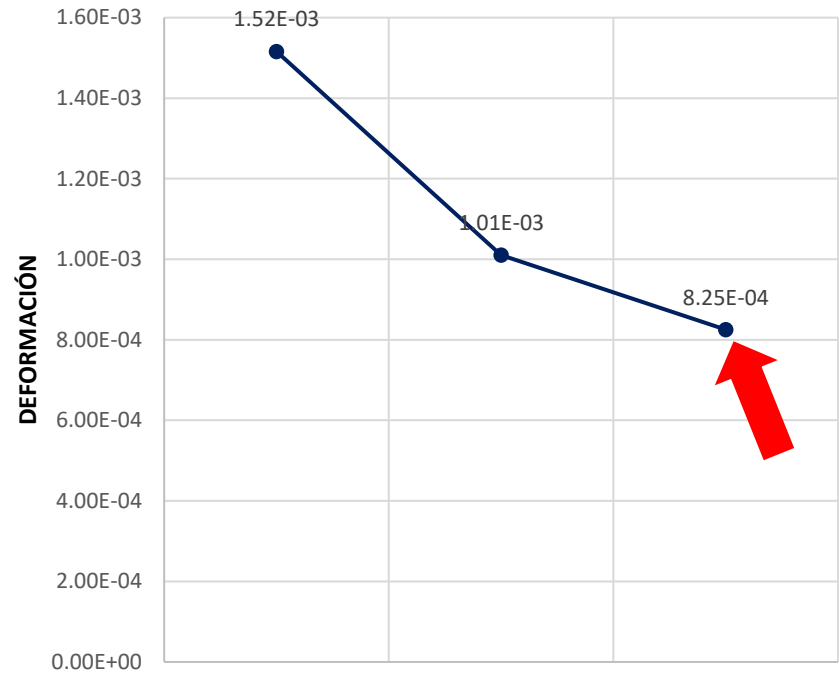
ACERO

TMA

GUMMETAL

MATERIAL

DEFORMACIÓN MÍNIMA EN EL HUESO
(MPa)



ACERO

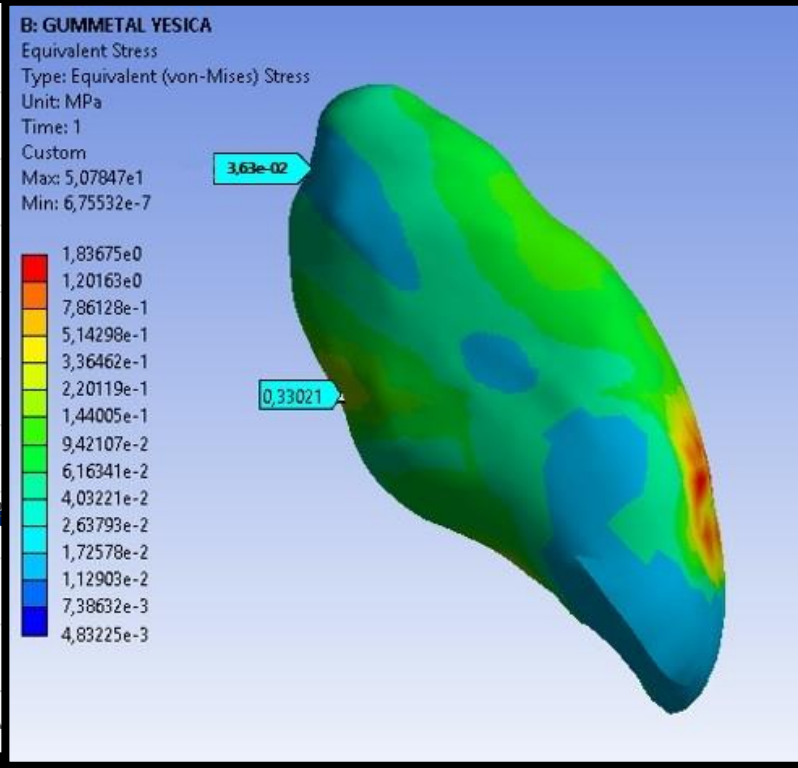
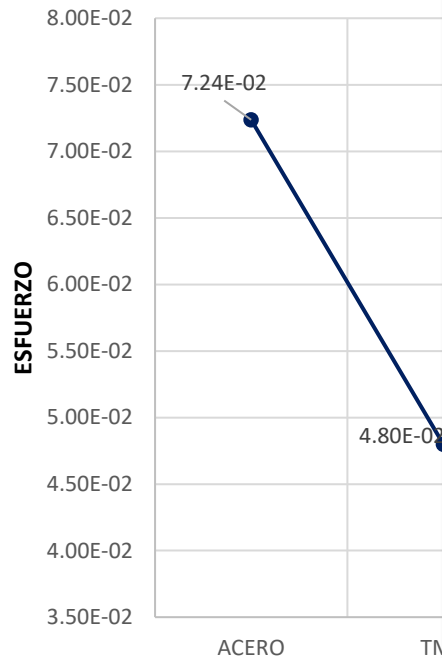
TMA

GUMMETAL

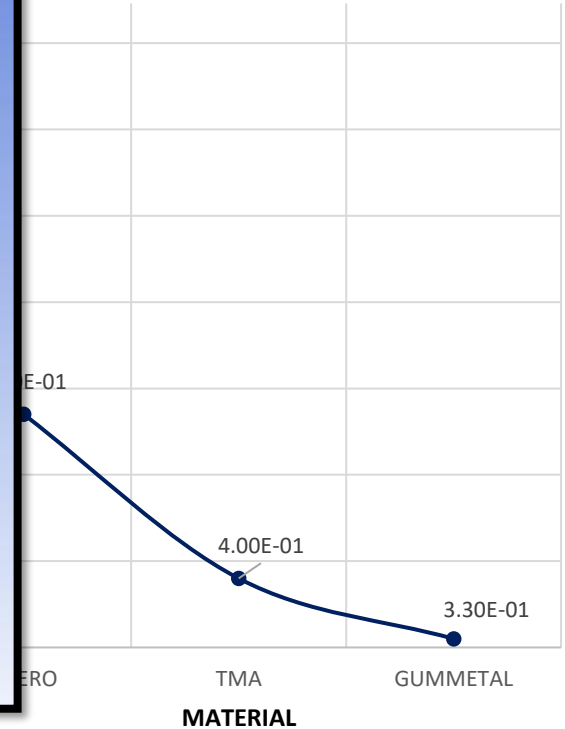
MATERIAL

RESULTADOS

ESFUERZO MÍNIMO EN EL DIENTE 11

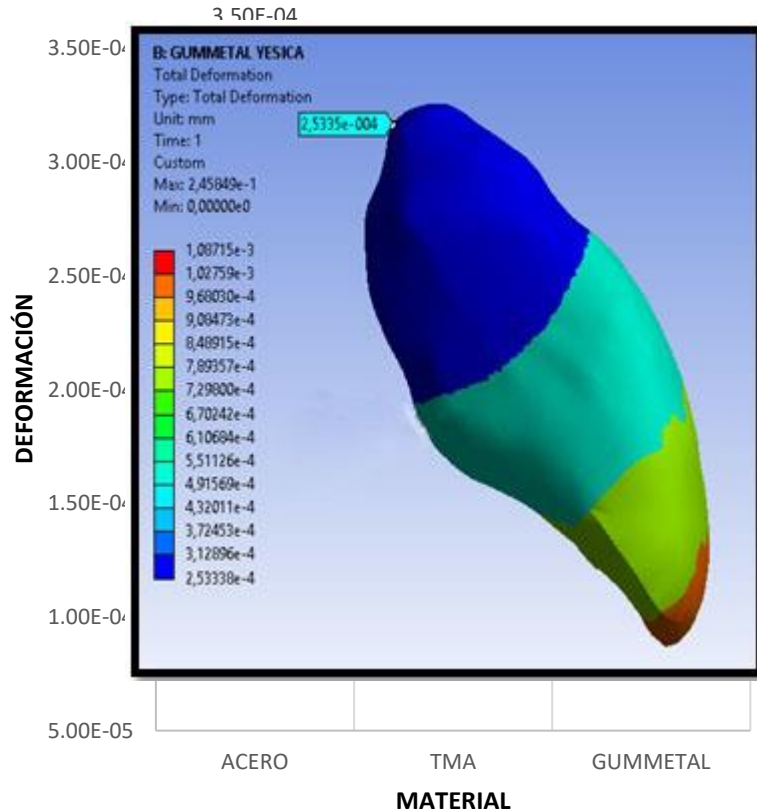


ESFUERZO MÁXIMO EN EL DIENTE 11 (MPa)

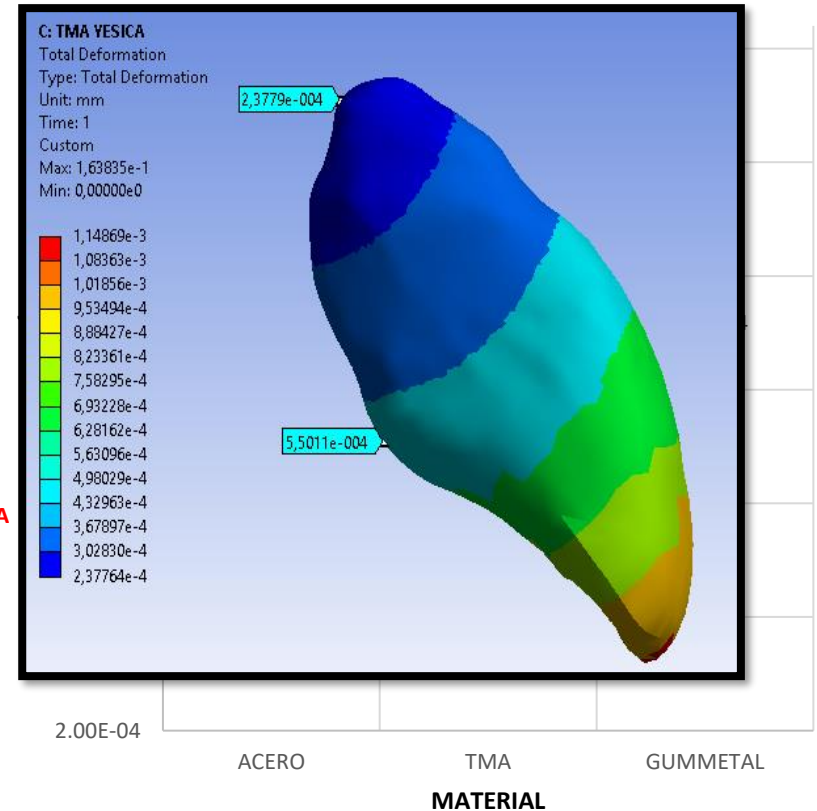


RESULTADOS

DEFORMACIÓN MÍNIMA EN EL DIENTE 11
(MPa)

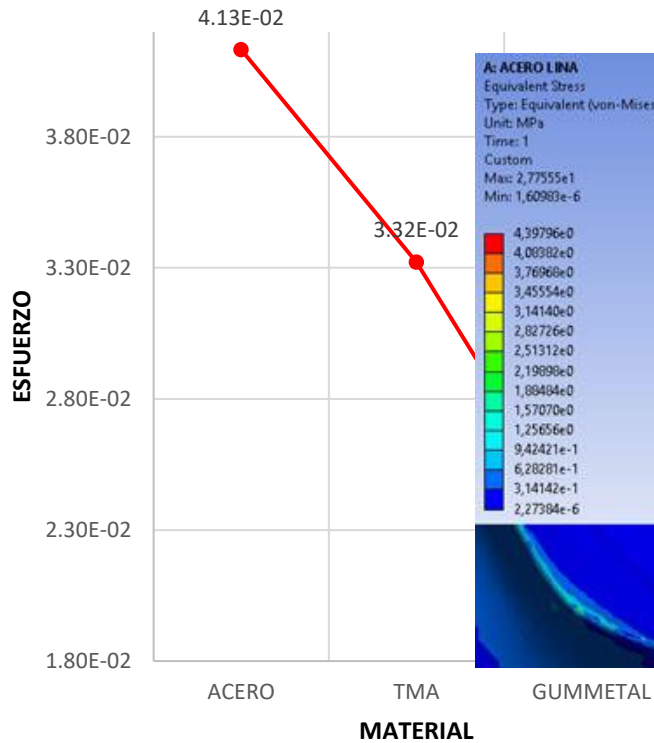


DEFORMACIÓN MÁXIMA EN EL DIENTE 11
(MPa)

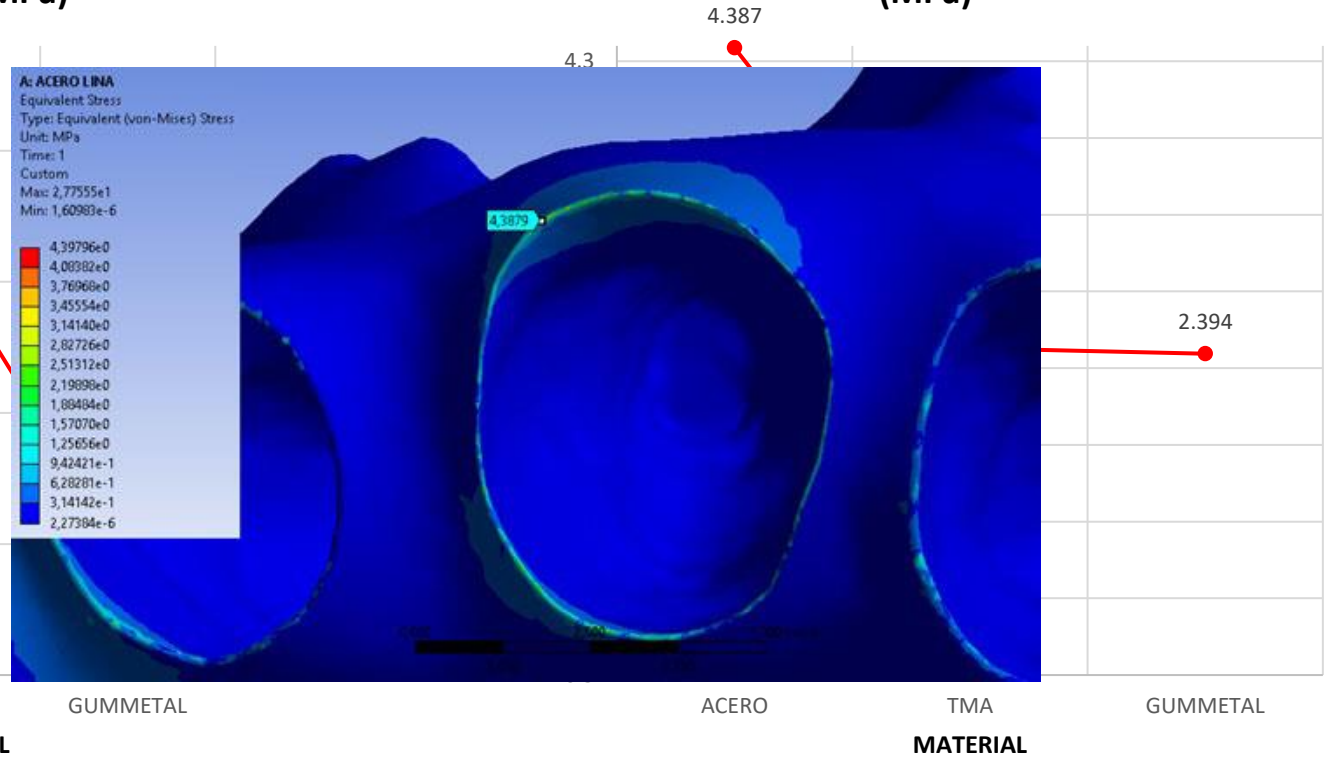


RESULTADOS

ESFUERZO MÍNIMO EN EL HUESO
(MPa)



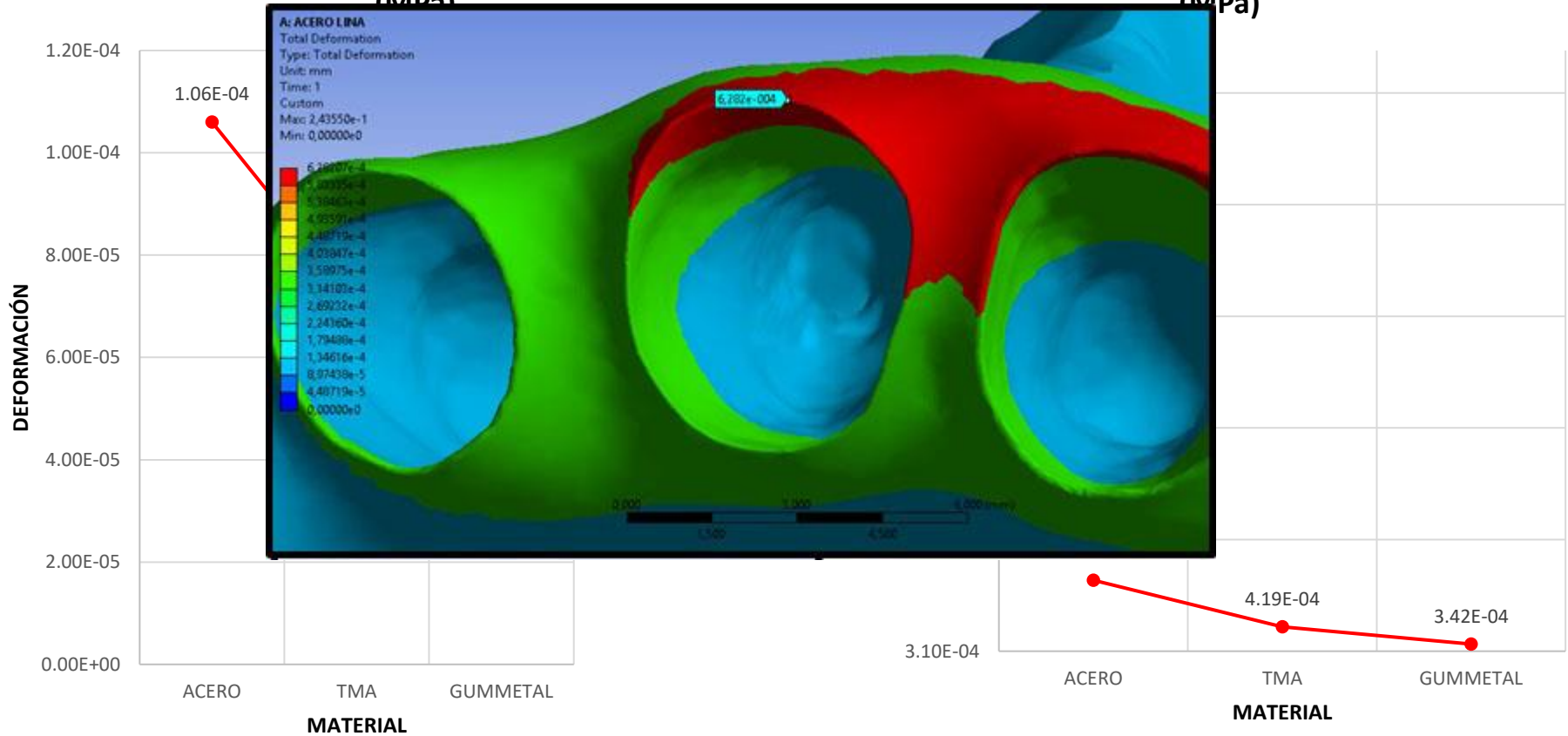
ESFUERZO MÁXIMO EN EL HUESO
(MPa)



RESULTADOS

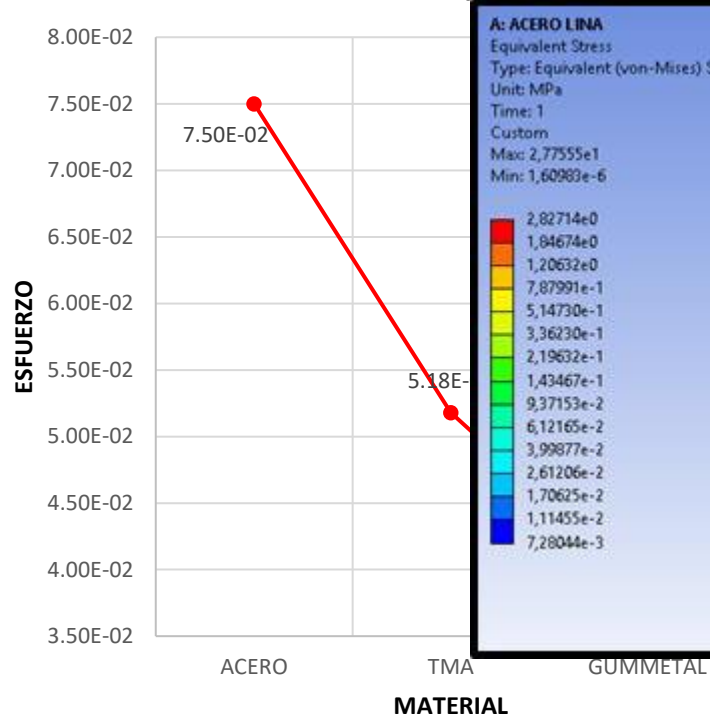
DEFORMACIÓN MÍNIMA EN EL HUESO
(MPa)

DEFORMACIÓN MÁXIMA EN EL HUESO
(MPa)

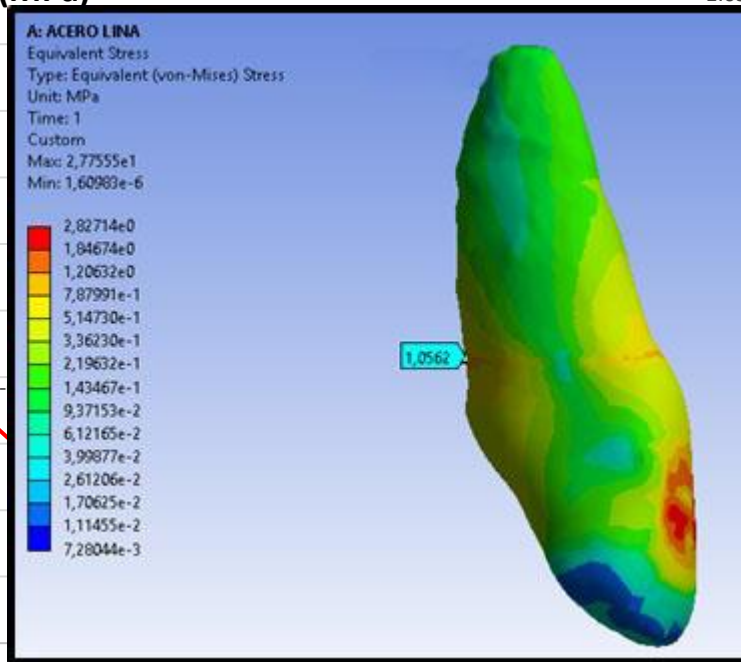
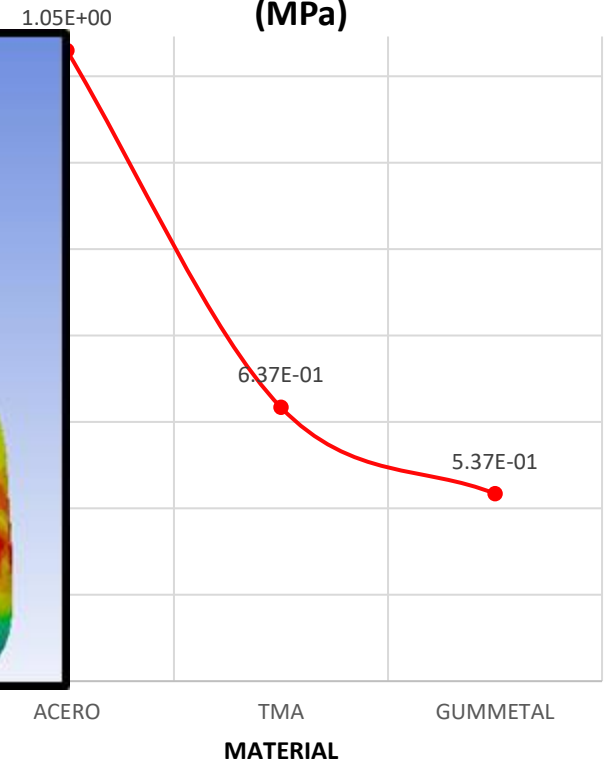


RESULTADOS

**ESFUERZO MÍNIMO EN EL DIENTE 11
(MPa)**

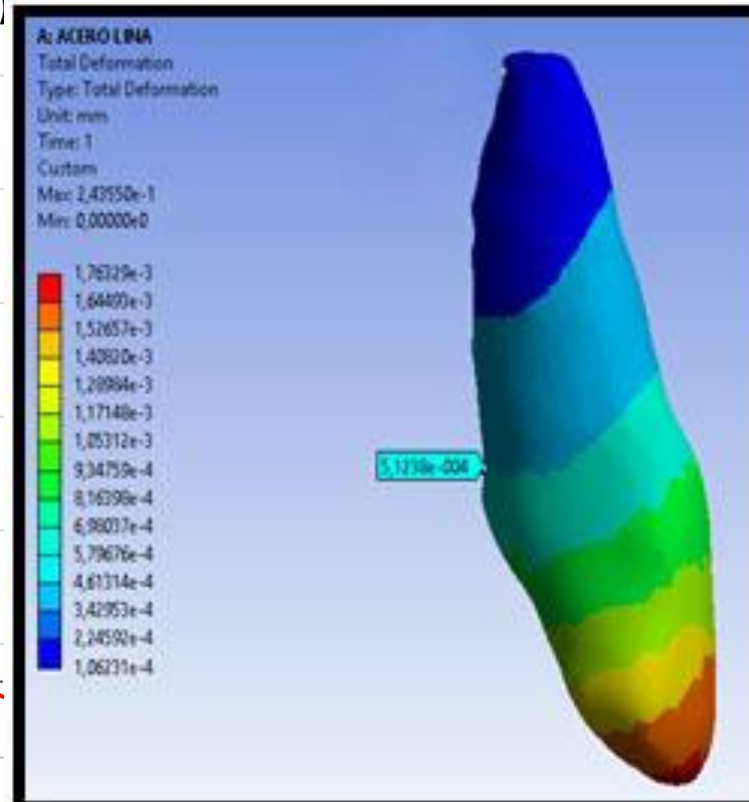
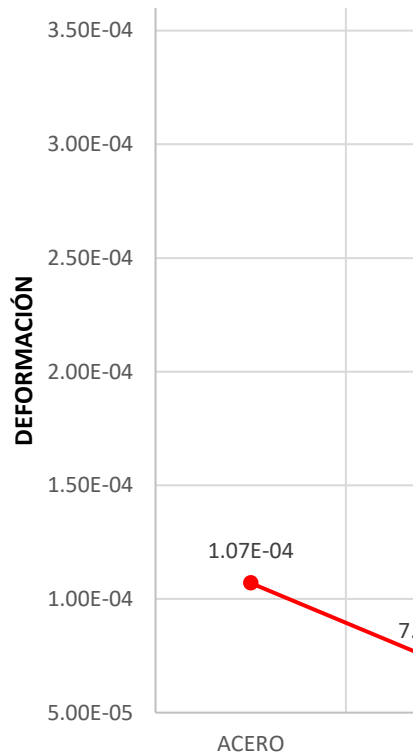


**ESFUERZO MÁXIMO EN EL DIENTE 11
(MPa)**

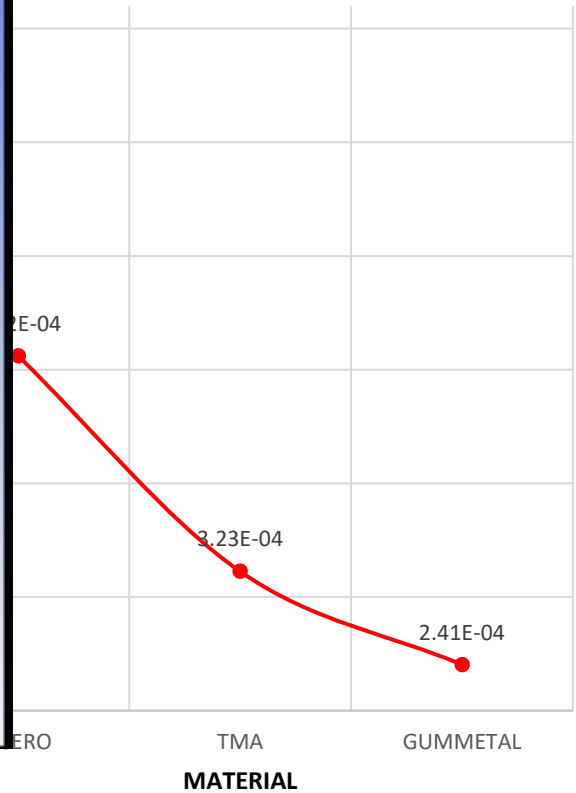


RESULTADOS

DEFORMACIÓN MÍNIMA EN EL DIENTE 11
(MPa)



DEFORMACIÓN MÁXIMA EN EL DIENTE 11
(MPa)



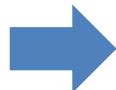
DISCUSIÓN

Pacheco y cols.(2014)

Kimura y cols. (2014)

Gerson y cols.(2010)

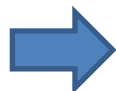
Whitney y cols.(2010)



Gummetal: Alta capacidad de resistencia, Superelasticidad, bajo módulo elástico comparado con el del hueso, activación en frío, no cede hasta que la tensión aplicada se aproxime a las Fuerzas ideales.

Refleja mejor comportamiento

Sekhar y Cols.
(2014)
Valladares y Cols.
(2013)
Devaki y Cols.
(2009)



Carga mayor

Acero Inoxidable: debido a sus propiedades puede convertirse en un **Factor agravante**, para la **evolución** o reactivación de **escenarios alterados** que se suma a uno de los efectos secundarios del tratamiento de ortodoncia cuando se presenta disminución de la longitud de la raíz.

DISCUSIÓN

Barath y cols .
(2016)
Geramy y cols.
(2000)



A medida que **aumentan los niveles de pérdida ósea** el **M/F incrementa**, por lo tanto se debe realizar una **aplicación cuidadosa** de los valores de **F** para un **movimiento dental**, que induce a una buena respuesta celular y estabilidad en el tejido óseo.

Jeon y Cols.
(2001)

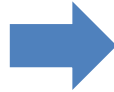


Encontraron que la relación M/F aumentaba al analizar los esfuerzos durante movimientos ortodónticos por medio de FEM, al modelar bajo sus **criterios** un diente con hueso alveolar disminuido a diferentes alturas: 2, 3,5 y 6mm

Condiciones reales

DISCUSIÓN

Ranjit y Cols.
(2012)
Oyama y Cols.
(2007)



- Diferentes estudios de la **distribución de los esfuerzos en raíces cortas mediante FEM.**
- Observaron aumento significativo de Esfuerzo concentrado en el tercio cervical de la raíz.

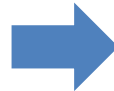
Cash y Cols.
(2004)
Krishnan y Cols.
(2004)
Guevara y Cols.
(2001)



Relaciona los **esfuerzos y deformaciones del TMA** a:

- Baja rigidez
- Baja propiedad de deflexión de carga
- Alta capacidad de deformación.

Neuppmann y Cols.
(2009)
Cattaneo y Cols.
(2005)



Se **comprueba la utilidad de FEM** para estudios de reproducción virtual de situaciones clínicas y útil como **evidencia científica.**

CONCLUSIONES

Bajo las mismas condiciones de frontera, en altura ósea disminuida el alambre Gummetal presenta mejor respuesta en cuanto a esfuerzo y deformación durante un movimiento de torque, al compararlo con los alambres de acero inoxidable y TMA.

En condición de longitud radicular disminuida, el alambre de acero inoxidable genera mayor transmisión de esfuerzos (0,59Mpa) y deformaciones (7,90e-04mm).

CONCLUSIONES

En una altura ósea y longitud radicular adecuadas, el alambre de Gummetal produce los mínimos esfuerzos y deformaciones y a su vez el alambre de Acero inoxidable genera los máximos valores.

En las diferentes condiciones dentoalveolares ya mencionadas, el alambre TMA evidencia esfuerzos y deformaciones que no son menores al Gummetal pero no supera los valores del Acero inoxidable.

CONCLUSIONES

Al existir condiciones tales como altura ósea y longitud radicular disminuidas, se debe escoger el alambre que disminuya la posibilidad de producir efectos adversos.

El método de los elementos finitos, es una herramienta de análisis útil en la reproducción de condiciones clínicas de gran importancia para investigaciones de nuevos materiales y procedimientos terapéuticos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar modelamiento del ligamento periodontal con sus respectivas propiedades mecánicas

Ampliar el número de casos con distintas condiciones dentoalveolares y distintos tipos de alambres

Para futuras investigaciones analizar esfuerzos y deformaciones en un solo arco con las mismas condiciones dentoalveolares

RECOMENDACIONES

Realizar análisis al finalizar la etapa de alineación y nivelación del tratamiento ortodóntico teniendo en cuenta la angulación final del diente en su base ósea.

Utilizar diferentes casas comerciales de la aparatología (Brackets)

GRACIAS