



Universidad
Nacional
de Córdoba



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ESCUELA DE POSGRADO

**“RESISTENCIA Y MODO DE FRACTURA DE PRIMEROS
PREMOLARES SUPERIORES TRATADOS ENDODÓNICAMENTE
CON REMANENTE CORONARIO DE TRES PAREDES
UTILIZANDO DISTINTAS ALTERNATIVAS DE RESTAURACIÓN”**

TESISTA:

OD. ARIEL EDUARDO VIDAL.

DIRECTOR:

PROF. DRA. ELBA G. PRIOTTO

CÓRDOBA, 2017



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Escuela de Posgrado

Trabajo de Tesis para optar al título de Doctor en Odontología

**“RESISTENCIA Y MODO DE FRACTURA DE PRIMEROS PREMOLARES
SUPERIORES TRATADOS ENDODÓNICAMENTE CON REMANENTE
CORONARIO DE TRES PAREDES UTILIZANDO DISTINTAS ALTERNATIVAS DE
RESTAURACIÓN”**

Od. Ariel Eduardo Vidal

Directora: Prof. Dra. Elba G. Priotto

2017

COMISION DE TESIS

Prof. Dr. Enrique Fernandez Bodereau

Prof. Dra. Liliana Menis de Mutal

JURADO

Prof. Dr. Enrique Fernandez Bodereau

Prof. Dra. Liliana Menis de Mutal

Prof. Dra. Agustina Clelia Reynoso

DEDICATORIA

A Clara, mi esposa y compañera de ruta.

A mis hijos Paula, Julia y Manuel.

A mis padres Aldo y Bety.

AGRADECIMIENTOS

Desde un principio sabía que no sería simple hacer este trabajo pero también sabía que no estaría solo y gracias a esas muchas personas que desinteresadamente me regalaron tiempo, palabras de aliento, consejos y conocimientos es que esta investigación pudo ser terminada.

En primer lugar quiero dejar mi agradecimiento a la Prof. Dra. Elba G. Priotto por su guía y consejo, siendo mi ejemplo a seguir como persona y profesional desde que me inicié en esta hermosa profesión.

A mi esposa, por su apoyo constante y aliento, siempre con las palabras justas en los momentos más difíciles. Gracias por donarme de nuestro tiempo para cumplir con este sueño.

A la Prof. Dra. Liliana Mutal y al Prof. Dr. Enrique Fernández Bodereau, miembros de la comisión de Tesis, por su excelente predisposición e interés puestos en cada reunión. Agradezco sus valiosos aportes y sugerencias

Al Ing. Carlos Oldani del Departamento de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNC por su asesoramiento, consejos y aportes.

Al Ing. Luis Croharé del Área de Biología Oral de la Facultad de Odontología de la UNC por el excelente trabajo realizado con los ensayos mecánicos que forman parte de esta investigación.

A mi amigo y colega Mauro L. Baravalle con quien trabajo día a día, por cubrir mis ausencias y por su colaboración.

Finalmente, a la Od. Gabriela E. Saragusti por la inestimable ayuda en el armado final de este trabajo.

Gracias a todos por acompañarme en esta travesía, siempre estará en mi corazón lo que me han regalado.

INDICE	
Abreviaturas	6
Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Fundamentación	12
Implicancia Clínica	13
Objetivos	14
Materiales y Métodos	15
Método de estudio a través del Análisis con Elementos Finitos	15
Método de estudio mediante Ensayo Mecánico de Fractura por Compresión	19
Modo de Fractura	31
Resultados	32
Método de estudio virtual a través del Análisis con Elementos Finitos	32
Método de estudio mediante un ensayo mecánico de carga	45
Análisis Estadístico	52
Modo de Fractura	54
Discusión	57
Conclusiones	64
Referencias Bibliográficas	66

ABREVIATURAS

AC = Adulto Control

AIC = Adulto Incrustación Cerámica

APRC = Adulto Poste + Resinas Compuestas

ARC = Adulto Resinas Compuestas

Col = Colaboradores

Dif = Diferencia

EE = Error Estándar

Fig = Figura

FRC = Composite Reforzado con Fibras

Inc = Incrustación

JC = Joven Control

JIC = Joven Incrustación Cerámica

JPRC = Joven Poste + Resinas Compuestas

JRC = Joven Resinas Compuestas

Kg = Kilogramo

Max = Máximo

MPa = Mega Pascales

ml = Mililitros

mm = Milímetros

Min = Mínimo

MOD = Mesio-Ocluso-Distal

Mod = Modelo

Nw = Newton

RC = Resinas Compuestas

Ref = Referencia

Seg = Segundo

VS = versus

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar el comportamiento de distintos métodos de restauración post endodoncia en primeros premolares superiores con remanente coronario de tres paredes, basado en la resistencia y modo de fractura en dientes jóvenes y adultos. **Materiales y Métodos:** Se utilizaron 40 primeros premolares superiores íntegros, sin lesión aparente 20 jóvenes (Grupo 1) y 20 adultos (Grupo 2), cada grupo se dividió en 4 subgrupos: 1.1 y 2.1 Dientes Íntegros Control, 1.2 y 2.2 Reconstruidos con Resinas Compuestas, 1.3 y 2.3 con Poste y Resinas Compuestas 1.4 y 2.4 con Incrustación Cerámica. Se hicieron ensayos de carga hasta la fractura analizando el valor máximo de fractura y el modo de la fractura. Se realizó un análisis con Elementos Finitos simulando el ensayo de carga, observando las zonas y distribución de las tensiones. **Resultados:** El análisis con Elementos Finitos no marcó diferencias significativas entre los modelos de restauración, siendo las zonas de mayor tensión a nivel cervical vestibular coincidentes con las crestas óseas. A los datos de los ensayos mecánicos se les realizó un análisis estadístico ANOVA de una vía y a posteriori contrastes ortogonales para valorar los resultados de la variable dependiente Newton sin diferencias significativas en los valores máximos de fractura comparando los distintos tipos de restauraciones entre sí y con el subgrupo control dentro de cada grupo etario. Al contrastar los valores obtenidos entre cada grupo etario, el Grupo 1 presentó valores promedio de resistencia mayores que el Grupo 2. El subgrupo 1.2 presentó valores significativamente mayores que el subgrupo 2.2 ($p=0,0399$), el subgrupo 1.3 mostró diferencias significativas mayores que el 2.3 ($p=0,0016$). En los dos subgrupos restantes las diferencias entre jóvenes y adultos no fueron significativas. El modo de fractura de las muestras con Resinas Compuestas fue de Tipo 2 en el 40% de los casos y tipo 3 en el 60%, las reconstrucciones con Postes y Resinas Compuestas mostraron una tendencia a la fractura Tipo 2 en el 90% y tipo 3 en el 10% de los casos evaluados. Las reconstrucciones con Incrustaciones Cerámicas mostraron fracturas tipo 3 en un 50% de los casos, tipo 2 en el 40% y tipo 1 en el 10%. **Conclusiones:** Existen diferencias relacionadas con la edad. En los Subgrupos Resinas Compuestas y Postes con Resinas Compuestas, los premolares jóvenes obtuvieron valores de resistencia a la fractura significativamente mayores que los adultos El análisis con Elementos Finitos mostró una concentración de tensiones a nivel del tercio cervical vestibular coincidente con la cresta ósea. En relación modo de fractura las Reconstrucciones con Postes y Resinas Compuestas evidenciaron el mejor comportamiento.

ABSTRACT

The main purpose of this work was to determine the behavior of different restore methods on endodontic treated first superiors premolars with three-walls coronary remnants, based in fracture resistance and failure mode in young and adults teeth.

Materials and Methods: 40 first superiors premolars intact, with no apparent lesions, 20 young (Group 1) and 20 adults (Group 2) were used, each group was divided into 4 subgroups: Group 1.1 and 2.1 Full-Tooth Control, 1.2 and 2.2 Reconstructed with Composite Resins, 1.3 and 2.3 Reconstructed with Post and Composite 1.4 and 2.4 Reconstructed with Ceramic Inlay. Load tests were performed up to the fracture by analyzing the maximum fracture value and fracture mode. A Finite Element Analysis was performed simulating the load test, to determine the zones and distribution of stresses and possible collapse of the system.

Results: Finite Elements Analysis didn't show significant differences between the different models of restoration, being the zones of greater tension at cervical vestibular level coincident with the bony crests. The data of the mechanical tests were statistically analyzed one way ANOVA and posteriori orthogonal contrasts to evaluate the results of the dependent variable Newton (Nw). There were no significant differences in the maximum fracture values between the different types of restorations and the control subgroup into each group evaluated. When the contrasting was performed the values obtained between each group, Group 1 presented mean values of resistance higher than Group 2. Subgroup 1.2 presented values significantly higher than subgroup 2.2 ($p = 0.0399$), the subgroup 1.3 showed significant differences than the 2.3 ($p = 0.0016$). In the remaining two subgroups the differences between youths and adults were not significant. The failure mode of the samples with composites was Type 2 in 40% of cases and type 3 in 60%, reconstructions with Post and Composites showed a tendency to Type 2 fracture in 90% and type 3 in 10% of the evaluated cases. Reconstructions with ceramic inlays showed type 3 fractures in 50% of cases, type 2 in 40% and type 1 in 10%.

Conclusions: There are differences related to age. In the Composite and Post Composite subgroups, young premolars showed significantly higher fracture resistance values than adults. The Finite Elements Analysis showed a height concentration of stress at the level of the cervical third vestibular coincident with the bony crest. In relation to failure mode reconstructions with posts and composite resins showed the best and predictable behavior.

INTRODUCCION

Históricamente, la restauración de dientes tratados endodónticamente ha sido un ejercicio empírico cuyo resultado no siempre es predecible. Muchos odontólogos basan su decisión en la experiencia más que en seguir un protocolo específico. Si bien la literatura informa que la terapia endodóntica logra un 95% de éxito, esto no es la valoración del tratamiento completo del diente. El resultado final del tratamiento endodóntico depende de que la restauración posterior sea adecuada y colocada a tiempo. El fracaso de la restauración de un diente con tratamiento de conductos es la primera causa de fracaso endodóntico. Los dientes tratados son especialmente susceptibles a las fracturas y a la contaminación bacteriana¹⁻².

La restauración de los elementos con endodoncia despierta controversias en cuanto a las técnicas y materiales a emplear y representa un verdadero desafío al profesional en la práctica diaria.

La realización de un tratamiento de endodoncia no necesariamente está asociada a una destrucción coronaria amplia³, por lo que la restauración o reconstrucción del elemento no podrá realizarse por un único medio, con una única técnica y con un único material.

Sorensen - Engelman⁴, informaron que el “factor clave en el umbral de falla de un diente endodónticamente tratado fue la extensión de la estructura del diente por encima del margen coronario radicular”.

Las características morfológicas de la dentina cambian a lo largo de la vida del diente dependiendo de los estímulos a los que es sometido, estos cambios originan un mayor depósito de dentina con la consiguiente disminución de la luz de los túbulos dentinarios, de la cámara pulpar y del o los conductos radiculares.

Los túbulos dentinarios tienen una dirección, densidad y diámetro que es conocido⁵⁻⁶⁻⁷ y su dirección en las paredes de la cavidad depende de su localización⁸.

Las características de la dentina del elemento a restaurar deben tomarse en cuenta a la hora de decidir las técnicas y materiales a emplear.

Las técnicas para restaurar los elementos con endodoncia han evolucionado a lo largo de la historia reciente pasando del uso masivo de pernos colados y los recubrimientos completos por medio de coronas o la utilización de elementos de anclaje adicional por medio de pines o tornillos roscados con restauraciones de amalgama que permitía la reconstrucción de cúspides⁹ a la aplicación de postes metálicos de titanio, aunque es

sin duda alguna el advenimiento de la adhesión a los tejidos dentarios lo que abrió el camino al desarrollo de nuevas técnicas conservadoras, estéticas y duraderas.

Denely - Torney (1976)¹⁰ y Santos & Meier (1994)¹¹, propusieron el uso de adhesivos con el fin de reforzar la estructura coronaria.

La técnica de endodoncia empleada, el tratamiento de la superficie dentinaria y de los postes, diseño del poste, arquitectura cavitaria, técnica de inserción y polimerización de los composites y técnica adhesiva aplicada son algunos de los factores que afectan la longevidad de las reconstrucciones post endodoncia con postes¹². Los elementos al ser tratados endodónticamente sufren una disminución en la resistencia a la fractura¹³. La preservación de la estructura dental sana, es considerado el aspecto más importante a tener en cuenta para incrementar el tiempo de sobrevivencia de un diente endodónticamente tratado¹⁴⁻¹⁵ y si la corona anatómica está suficientemente preservada y la retención del muñón puede ser conseguida dentro de la corona natural, el perno no es requerido¹⁶. Los postes de resinas se presentan como una alternativa ante el perno colado y poseen un módulo de elasticidad similar a la dentina¹⁷ lo que da más posibilidades a la raíz de sobrevivir¹⁸ pues aumentan la resistencia a la fractura¹⁹.

El desarrollo de las técnicas adhesivas permite lograr verdaderas uniones químicas entre los postes de resinas (luego modificados con fibras de vidrio, cuarzo, carbono elementos estos que mejoraron las propiedades físico-mecánicas), los medios cementantes a base de ionómeros y resina y los sistemas adhesivos. Además, estos sistemas adhesivos logran uniones con los materiales utilizados para la reconstrucción del remanente coronario como resinas compuestas e incrustaciones cerámicas y los tejidos dentarios.

Las restauraciones adhesivas ofrecen mayor resistencia a la fractura y un modo de fractura favorable con relación a las restauraciones tradicionales no adhesivas²⁰.

Está claro que una buena adhesión entre los materiales restauradores y dentina es un factor crucial para incrementar un buen sellado marginal, reducir la microfiltración y alargar la vida de las restauraciones²¹.

Luí (1994)²² y Hornbrooks - Hastings (1995)²³, concordaron en que con el advenimiento de las últimas generaciones de agentes de unión a dentina, de resinas de cementación y materiales de restauración, los dientes endodónticamente tratados pueden ser reconstituidos y reforzados en forma conservadora.

En reportes clínicos retrospectivos⁷⁻²⁴ se encontró que los premolares fueron los más frecuentemente fracturados, y se ha demostrado que la resistencia a la fractura en

premolares con endodoncia era significativamente mayor cuando los dientes eran restaurados con resinas compuestas colocadas intracoronalmente luego del grabado ácido²⁵.

Todos coinciden en que el diente que por distintas causas ha perdido una porción de su estructura debe ser reconstruido y reintegrado a la función normal de la cavidad bucal, lo que genera discusión es cuál es la alternativa más conveniente a aplicar en cada caso.

El elemento reintegrado al ciclaje mecánico de la cavidad bucal debe ser capaz de soportar las fuerzas generadas durante la masticación y por parafunciones.

La fuerza máxima a nivel de molares se ubica en el orden de los 90 Kg (aproximadamente 900 Nw) para hombres y 60 Kg (600 Nw) para mujeres a nivel de molares²⁶⁻²⁷⁻²⁸⁻²⁹. Para realizar el acto de la masticación, los registros indican una fuerza promedio de 20 Kg (200 Nw) para la región de molares durante 30 minutos al día, siguiendo un patrón vertical o axial. Durante la parafunción los patrones son oblicuos y horizontales y es aquí donde la descomposición de fuerzas de rozamiento por deslizamiento adquiere valor³⁰.

Los registros máximos de fuerza aumentan con las parafunciones así como también la permanencia de las fuerzas que puede durar algunas horas²⁹.

La intensidad de la fuerza depende de la edad, género y constitución física. Durante las parafunciones las fuerzas axiales con componentes laterales generan compresión, tracción y flexión a nivel de los tejidos dentarios y peridentarios dando origen a lesiones de abfracción, fisuras y fracturas aún en dientes sanos libres de caries.

Los premolares superiores por su anatomía y ubicación en la arcada son los elementos más afectados por estos componentes de fuerzas sufriendo fracturas longitudinales que llevan indefectiblemente a la pérdida de la pieza dental.

Los elementos dentarios con endodoncia ven disminuida su resistencia a la fractura debido a los cambios producidos en sus propiedades físico-mecánicas producto de la pérdida de tejido por la enfermedad y por la terapia endodóntica, cambios en el contenido de humedad y permeabilidad dentinaria y la edad³¹.

La selección del material restaurador debe ser una decisión racional resultante del análisis de los siguientes aspectos: biológicos, físicos, estéticos, tecnológicos y económicos³², el material ideal para todas las situaciones clínicas no existe (Dietschi D. y col. 1994)³³. Un punto de coincidencia está en el respeto y cuidado de los tejidos dentarios, por lo que es común encontrar en la clínica elementos con tratamientos endodónticos y con una corona clínica preservada.

FUNDAMENTACIÓN

Lesiones de caries en caras proximales, enfermedad periodontal e iatrogenia son algunas de las causas que pueden derivar en un tratamiento endodóntico en los que la pérdida de tejido es escasa, quedando un remanente coronario amplio que se debe preservar, siendo importante evaluar no solo la cantidad sino la localización y espesor de las paredes remanentes³⁴.

La disponibilidad de medios para unir materiales entre sí y con los diferentes tejidos dentarios ha ampliado el horizonte de la Operatoria Dental permitiendo realizar reconstrucciones plásticas o rígidas mínimamente invasivas aprovechando el remanente de tejido coronario.

Restauraciones plásticas con resinas compuestas, incrustaciones directas e indirectas con resinas compuestas e inlays de cerámica, con o sin refuerzos o retenciones intraradiculares se presentan como las alternativas más conservadoras. Estudios realizados por St.Georges AJ³⁵ y Hannig C³⁶, muestran una resistencia a la fractura similar para las restauraciones con resinas y cerámicas.

La inserción de postes de resinas reforzados con cuarzo y la restauración del remanente coronario con resinas compuestas directas ofrecieron valores de resistencia a la fractura similares a los elementos sanos³⁷⁻³⁸⁻³⁹. Plotino G y col.⁴⁰ sugieren que no hay diferencias significativas entre los diferentes sistemas de restauración aunque si la hay con los elementos sanos. Newman MP⁴¹ y McLaren JD⁴², concluyen que los postes metálicos son más resistentes a la fractura y significativamente más fuertes que los postes de resinas reforzados pero que el modo de fractura o deflexión fue más protector hacia las estructuras dentarias en el caso de los postes de composites reforzados. Según Varvara G⁴³ los postes de composites reforzados presentan menos resistencia a la fractura que los postes de aleaciones de cromo-cobalto-cerámica pero el modo de fractura fue para estos últimos catastrófico, no existiendo otra alternativa ante el fracaso que la exodoncia.

Numerosos estudios se han realizado en relación a la resistencia a la fractura y modos de fractura de los dientes utilizando postes reforzados con distintos materiales, restauraciones sin postes, reconstrucciones coronarias totales y los resultados de estos trabajos son contradictorios y no concluyentes entre sí, generando una confusión en el clínico a la hora de seleccionar el material y la técnica más adecuada³⁵⁻³⁶⁻³⁷⁻³⁸⁻³⁹⁻⁴⁰⁻⁴¹⁻⁴²⁻⁴³.

Al producirse los contactos interoclusales durante el acto masticatorio o por parafunciones, se generan tensiones que se concentran donde existen áreas de interfase de materiales con diferente módulo de elasticidad y representan el punto de inicio de la fractura del sistema restaurado. La diferencia resistencia-rigidez influye en la distribución de tensiones. Un análisis de compresión en la raíz palatina y tracción en la vestibular independientemente del tipo de restauración aplicada, mostró que las máximas tensiones correspondieron a esfuerzos de compresión y menores valores para los de tracción recordando que estos últimos son los responsables del inicio de cracks en dentina e indican riesgo de fractura radicular. Bairo, A y Fernández Bodereau E⁴⁴ sostienen que cuanto mayor remanente coronario se conserve y menor número de interfases se realicen, mayor resistencia a la fractura, menor deformación y menor filtración marginal.

Una revisión de los parámetros de evaluación in vitro de las restauraciones post endodoncias realizadas por Naumann y col.⁴⁵ concluyen en que estos deben ser estandarizados para lograr resultados comparables.

Numerosos trabajos se han realizado buscando analizar la resistencia a la fractura de los elementos dentarios ante distintas alternativas de reconstrucción, la mayoría de ellos con recubrimientos coronarios totales. Las razones por las que se indica la realización de una endodoncia son múltiples, resultando variable el grado de destrucción coronario producido por la enfermedad y la pérdida de tejido por la técnica de endodoncia, lo que enfrenta al odontólogo a una variedad de situaciones clínicas con remanentes coronarios preservados que no ameritarían un recubrimiento coronario total y no podrían ser restauradas, al menos por ahora, con un solo material y con una sola técnica.

El propósito de este trabajo es evaluar las distintas alternativas de restauración de los que la Operatoria Dental dispone para aquellos elementos con endodoncia y con un remanente coronario preservado de tres paredes, para así poder establecer un protocolo de trabajo para esta situación clínica.

IMPLICANCIA CLÍNICA

Dado el alto índice de fractura de dientes tratados endodónticamente, el análisis de los métodos de restauración investigados en elementos con cavidades de tres paredes en dientes jóvenes y adultos, permitiría ayudar a seleccionar la técnica a seguir según la situación clínica específica.

OBJETIVOS

Objetivos Generales:

- Determinar el comportamiento de distintos métodos de restauración post endodoncia de primeros premolares superiores con remanente coronario de tres paredes, basado en la resistencia y modo de fractura en dientes jóvenes y adultos.

Las variables independientes introducidas fueron:

- Distintos medios de restauración
- Edad del diente.

Objetivos específicos:

- Determinar mediante análisis con Elementos Finitos, la influencia en la distribución de las tensiones de las diferentes técnicas de restauración de preparaciones cavitarias de tres paredes en primeros premolares superiores tratados endodónticamente.

-Determinar "in vitro" la resistencia a la fractura de las diferentes técnicas de restauración de preparaciones cavitarias de tres paredes en elementos dentarios tratados endodónticamente.

- Determinar "in vitro" el modo de fractura producida.

- Relacionar las zonas de tensión-deformación observadas mediante el análisis de Elementos Finitos con las fracturas producidas en el ensayo de carga "in vitro".

- Determinar la incidencia de la edad en el comportamiento de los sistemas analizados referidos a la resistencia y modo de fractura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de esta investigación se utilizaron dos métodos de análisis, un estudio virtual a través del análisis con Elementos Finitos y un ensayo mecánico de Fractura por Compresión.

En el análisis virtual se pudo observar la distribución de las tensiones en el interior del modelo reconstruido y en el ensayo mecánico de fractura se vio el efecto de esas fuerzas sobre el diente natural.

Método de estudio virtual a través del análisis con Elementos Finitos

Se tomó como modelo un primer premolar superior de medidas estándar extraídas del libro de Anatomía Odontológica Funcional y Aplicada de Figún y Garino⁴⁶, se midió el ancho, espesor y alto del diente en todas las direcciones para determinar su contorno, luego se realizaron cortes transversales al eje largo del diente de 1mm de espesor para obtener los datos del contenido, espesor de esmalte, dentina, cemento y cámara pulpar. Con esta información se diseñó un modelo matemático en 3D simulando la geometría del elemento, a esta malla tridimensional confeccionada se le asignaron valores según las propiedades físico- mecánicas (Módulo de Elasticidad y Coeficiente de Poisson) de cada tejido.

Con este modelo de diente íntegro elaborado, se procedió a reemplazar los valores en zonas determinadas de la malla simulando las reconstrucciones para así evaluar y comparar el comportamiento de los distintos materiales, considerando las diferentes condiciones de tratamiento y de ensayo.

Además se incluyeron las propiedades mecánicas de la dentina joven y la dentina adulta para evaluar su influencia en el comportamiento del conjunto.

Modelo1: Primer Premolar Superior Íntegro

Este modelo corresponde al Grupo de Control definido. Se incluyeron en el modelo los componentes alveolar y cortical del hueso maxilar, el primer premolar y una pieza de carga la cual representa al elemento antagonista en la oclusión. Alrededor de la raíz del premolar en contacto con el hueso maxilar se incluyó una capa de 0.3 mm de hueso cortical. Los distintos componentes fueron pegados entre sí. Los elementos utilizados fueron hexaedros y tetraedros de orden lineal, quedando el modelo compuesto por 236854 elementos y 45870 nodos. (Fig.1)

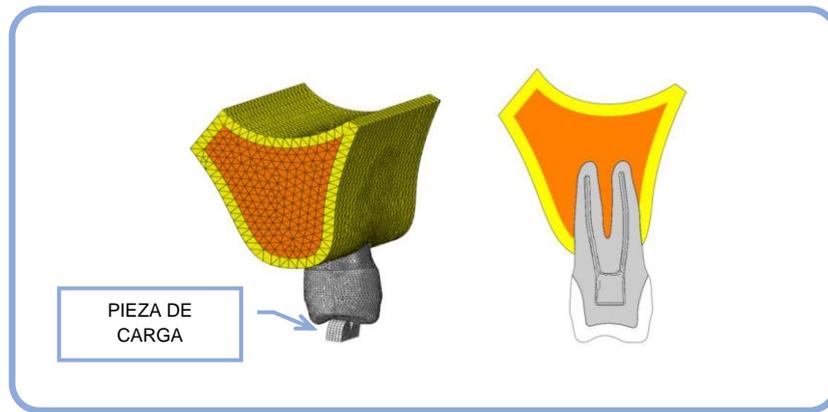


Figura 1. Modelo 1: Primer Premolar Superior Integro

Modelo 2: Primer Premolar Superior Reconstruido con Resinas Compuestas

Se incluyeron en el modelo los componentes alveolar y cortical del hueso maxilar, el primer premolar reconstruido con resinas compuestas y una pieza de carga la cual representa al elemento antagonista en la oclusión. Alrededor de la raíz del premolar en contacto con el hueso maxilar se incluyó una capa de 0.3 mm de hueso cortical. Los distintos componentes fueron pegados entre sí. Los elementos utilizados fueron hexaedros y tetraedros de orden lineal, quedando el modelo compuesto por 238623 elementos y 46747 nodos. (Fig.2)

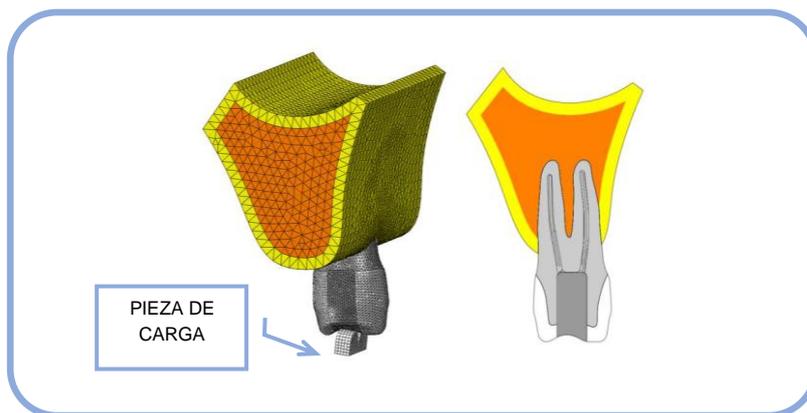


Figura 2. Modelo 2: Primer Premolar Superior Reconstruido con Resinas Compuestas

Modelo 3: Primer Premolar Superior Reconstruido con Poste de Fibra de Vidrio y Resinas Compuestas.

Se incluyeron en el modelo los componentes alveolar y cortical del hueso maxilar, el primer premolar con reconstrucción con un Poste de material compuesto con fibra de vidrio y reconstrucción con Resinas Compuestas, y una pieza de carga la cual

representa al elemento antagonista en la oclusión. Alrededor de la raíz del premolar en contacto con el hueso maxilar se incluyó una capa de 0.3mm de hueso cortical. Los distintos componentes fueron pegados entre sí. Los elementos utilizados fueron hexaedros y tetraedros de orden lineal, quedando el modelo compuesto por 239412 elementos y 47628 nodos. (Fig.3)

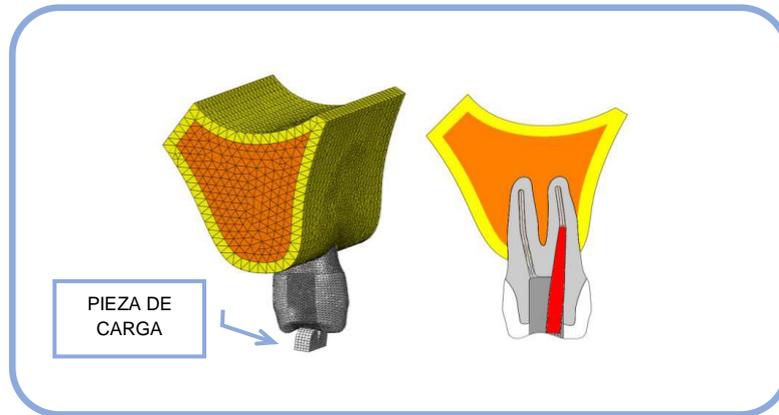


Figura 3. Modelo 3: Primer Premolar Superior Reconstruido con Poste de Fibra de Vidrio y Resinas Compuestas.

Modelo 4: Primer Premolar Superior Reconstruido con Incrustación Cerámica

Se incluyeron en el modelo los componentes alveolar y cortical del hueso maxilar, el primer premolar reconstruido con Incrustación Cerámica y una pieza de carga la cual representa al elemento antagonista en la oclusión. Alrededor de la raíz del premolar en contacto con el hueso maxilar se incluyó una capa de 0.3 mm de hueso cortical. Los distintos componentes fueron pegados entre sí. Los elementos utilizados fueron hexaedros y tetraedros de orden lineal, quedando el modelo compuesto por 238623 elementos y 46747 nodos. (Fig.4)

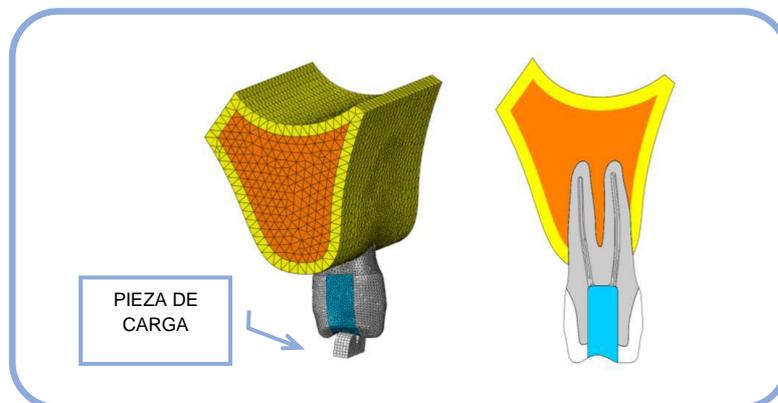


Figura 4. Modelo 4: Premolar Reconstruido con Incrustación Cerámica

Modelo 5: Primer Premolar Superior Reconstruido con Poste de Fibra de Vidrio y Resinas Compuestas soportados por relleno de acrílico en tubo de acero.

Se incluyeron en el modelo el primer premolar con reconstrucción con un Poste de material compuesto con fibra de vidrio y reconstrucción con Resinas Compuestas y una pieza de carga la cual representa al elemento utilizado en los ensayos. Se reemplazó el hueso maxilar por el soporte utilizado en los ensayos mecánicos de Fractura por Compresión. Los distintos componentes fueron pegados entre sí. Los elementos utilizados fueron hexaedros y tetraedros de orden lineal, quedando el modelo compuesto por 247710 elementos y 48583 nodos. (Fig.5)

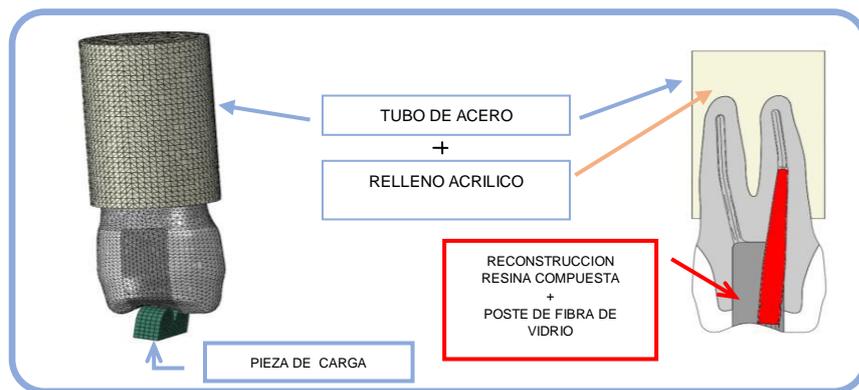


Figura 5. Modelo 5: Primer Premolar Superior Reconstruido con Poste de Fibra de Vidrio y Resinas Compuestas soportados por relleno de acrílico en tubo de acero.

Las propiedades mecánicas para los distintos materiales se describen en la tabla N°1.

Material	Módulo de elasticidad E (MPa)	Coefficiente de Poisson m
Poste de material compuesto con fibra de vidrio Macro Lock	15000	0,30
Cerámica feldespática Ivoclar	70000	0,28
Hueso cortical	13400	0,30
Hueso alveolar	1370	0,30
Dentina joven	15000	0,31
Dentina adulta	20000	0,31
Acrílico	6000	0,33
Esmalte	80000	0,30
Resina compuesta	10000	0,28
Acero	207000	0,30

Tabla N°1- Propiedades mecánicas de los distintos materiales

En el caso particular de la pieza de carga, para los modelos 1 al 4 se le asignaron las propiedades del esmalte, en tanto que en el modelo 5 se le asignaron las propiedades del acero coincidentes con los materiales empleados en el ensayo mecánico.

Cargas y condiciones de contorno

En todos los modelos se aplicó sobre la pieza de carga una fuerza de 17 kg, con una inclinación de 10°. Como condiciones de contorno se consideró completamente empotrada la parte superior del componente cortical del hueso maxilar en los modelos 1 al 4, en tanto que en el modelo 5 se consideró como empotrada la base del soporte de ensayos.

Método de estudio mediante Ensayo Mecánico de Fractura por Compresión

El método propuesto consiste en colocar el diente respetando la posición natural en que se encuentra en boca.

Posición del Primer Premolar Superior

Todos los dientes superiores tienen sus ejes orientados hacia atrás, arriba y adentro.

Vista vestibular:

Trazando una línea recta vertical perpendicular al piso y otra que corra del vértice cuspeideo al ápice del elemento dentario, se forma un ángulo que representa la inclinación hacia distal de los elementos dentarios, este ángulo es de 5° en el primer premolar superior y 7° para el segundo, la inclinación en el mismo sentido para el primer y segundo premolar inferior es de 5°. (Fig. 6-A y 6-B)

Si se tiene en cuenta que el cincel de la máquina de ensayos tiene una dirección perpendicular al piso (0° de inclinación), para

representar en laboratorio esta situación, se debe generar una inclinación de 10° en el premolar superior (5° del superior + 5° del inferior), que compense esa inclinación.

El bisel del cincel lleva tallada una depresión central dejando los extremos externos más elevados simulando las cúspides vestibulares de los premolares inferiores. Al producirse el choque del cincel sobre el modelo de ensayo las zonas de las cúspides impactan sobre las fosas secundarias mesial y distal del premolar superior. (Fig. 6-C)

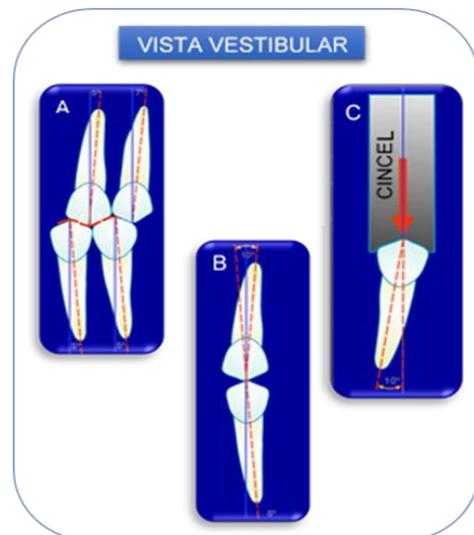


Figura 6

Vista proximal:

En una vista proximal y siguiendo el criterio anterior, la inclinación hacia arriba y afuera del primer premolar superior es de 11° y la inclinación hacia abajo y afuera del primer premolar inferior es de 3° (Fig.7- A y 7-B)

Tomando en cuenta la dirección del cincel perpendicular a la horizontal del piso, la inclinación hacia arriba y adentro del primer premolar en laboratorio será de 8° , definidos por los 11° de inclinación vestibular del superior menos los 3° de inclinación vestibular del inferior.

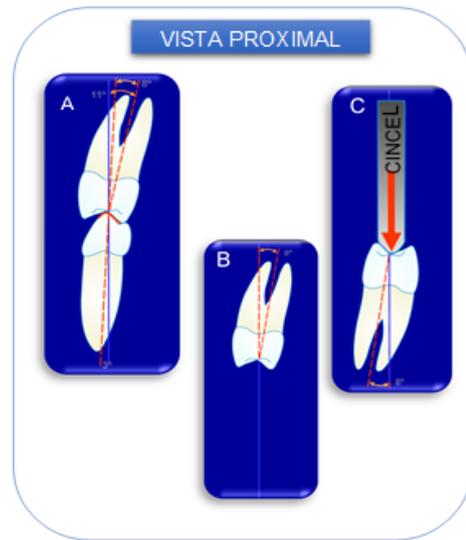


Figura 7

(Fig. 7-C)

Para reproducir esta posición en el laboratorio se diseñaron dos dispositivos uno que contiene al diente y otro que ubica al mismo en la posición definida anteriormente. (Fig.8, 9 y 10)

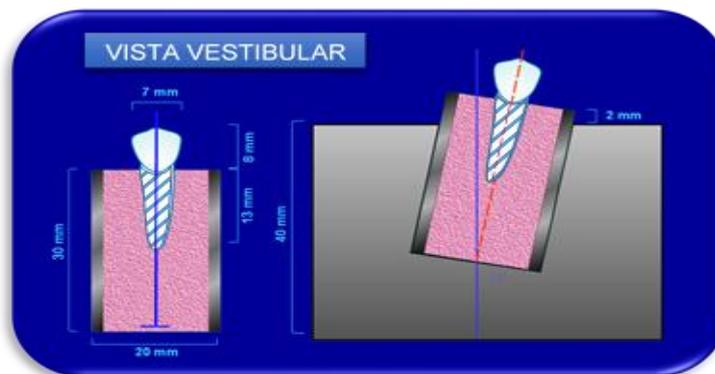


Figura 8

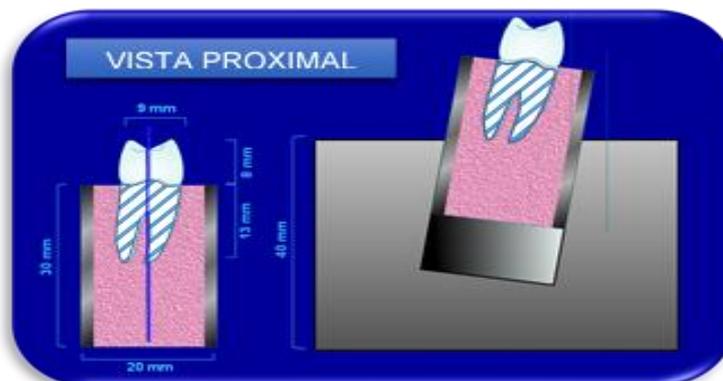


Figura 9

Una vez preparados los dientes se rodeó la porción radicular con teflón simulando el ligamento periodontal (Fig.10-D), luego se los montaron en un tubo metálico cilíndrico de paredes de 1 mm de espesor y 10 mm de diámetro interno (Fig.10-B y Fig.11-B); las muestras fueron colocadas con su eje axial perpendicular a la horizontal del piso y fijadas con acrílico autopolimerizable. (Fig.10-C). Este dispositivo fue colocado en un cubo macizo de acero de 40 mm de alto por 40 mm de ancho y 40 mm de lado, que en el centro tiene torneada una cavidad con una inclinación de 10° correspondiente a la inclinación de la vista vestibular del primer premolar, y de 8° perteneciente a la vista proximal del mismo elemento. (Fig.10-A y Fig.11-C)

Para evitar el desplazamiento del cubo al momento de realizar la fuerza se diseñó una base maciza, de alta densidad que aloja perfectamente el cubo (Fig.10-E, Fig.11-D) y permite confrontar la muestra con el cincel, el bisel del cincel fue tallado simulando las cúspides antagonistas de los premolares inferiores. (Fig.11-E)

Para el estudio se utilizó una máquina universal de ensayo instalada en el Área de Biología Oral de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Córdoba, Marca Digimes Hychtech testing machines modelo rs-8010 con celda de carga modelo bss-500kg. (Fig.11-A). Las muestras fueron sometidas a carga a una velocidad de 0,5 mm por minuto. El ensayo se realizó hasta alcanzar la fractura.

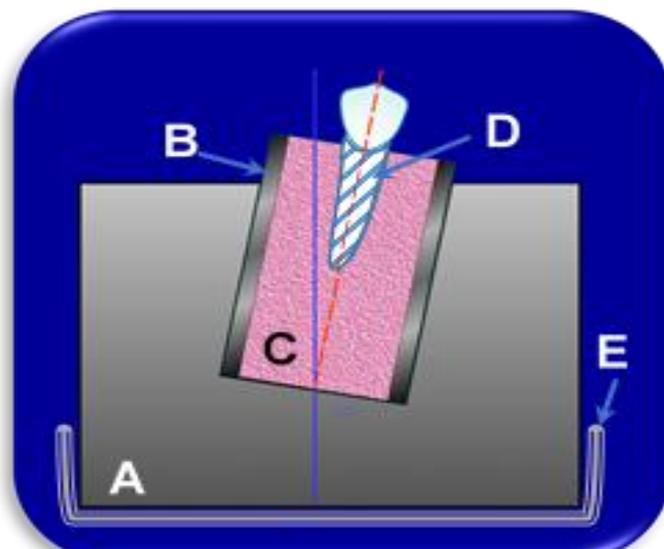


Figura 10: **A.** Cubo de acero macizo. **B.** Tubo metálico cilíndrico. **C.** Acrílico autopolimerizable. **D.** Teflón. **E.** Base maciza.

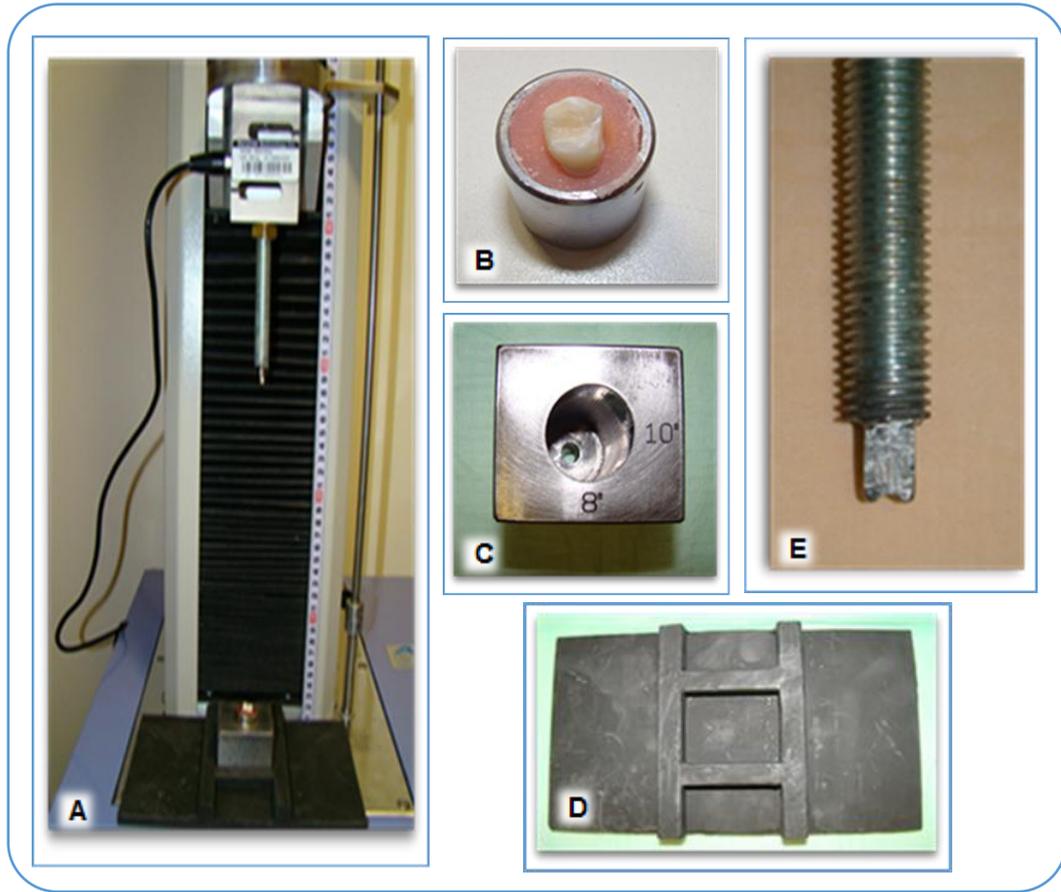


Figura 11: A: Máquina universal de ensayo. B: Diente íntegro montado en el cilindro metálico. C: Cubo de acero macizo. D: Base maciza. E: Cincel,

Preparación de las muestras.

Para este estudio se utilizaron 40 primeros premolares superiores según el siguiente criterio de selección:

-Primeros premolares superiores jóvenes (Grupo 1): se seleccionaron 20 primeros premolares superiores de individuos de entre 18 y 25 años, extraídos por indicación ortodóncica, íntegros, aparentemente libres de caries con apexogénesis completa, de dos raíces con dos conductos perfectamente individualizados a través del estudio radiográfico realizado en ambos sentidos, orto-radial y próximo-proximal.

-Primeros premolares superiores adultos (Grupo 2): se seleccionaron 20 primeros premolares superiores de individuos mayores de 55 años, extraídos por indicación periodontal, íntegros, aparentemente libres de caries con ápices completos, de dos

raíces con dos conductos perfectamente individualizados a través del minucioso estudio radiográfico realizado en ambos sentidos, orto-radial y próximo-proximal.

En todos los casos, inmediatamente después de la extracción y luego de una prolija limpieza y desinfección los elementos fueron conservados en una solución de saliva artificial (solución NAF) a una temperatura de 37 grados.

La preparación de los elementos, a excepción de los que componen el grupo control, comenzó con el tallado de una cavidad mesio-oclusal dejando un espesor de las paredes vestibular, lingual y proximal remanente de 3 mm a nivel cervical, la pared gingival de la caja proximal se ubicó 1 mm hacia oclusal del límite amelocementario. El tallado se realizó con turbina a ultra alta velocidad y suficiente refrigeración acuosa, utilizando una piedra diamantada cilíndrica de diámetro 008 marca (KG Sorensen Ref. ISO 806 314 173 524 008). (Fig.12)

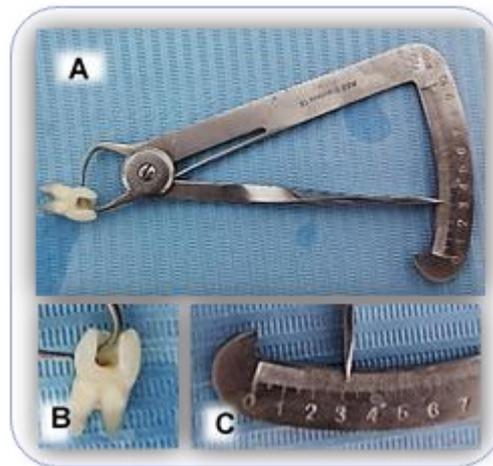


Fig. 12 Tallado cavitario y espesor de paredes.

Posteriormente se realizó el tratamiento endodóntico en todos los dientes siguiendo el procedimiento que a continuación se describe:

Con una fresa tronco cónica para contrángulo (KG Sorensen Ref. ISO 142 51 1053) se profundizó hasta encontrar los cuernos pulpares, eliminando a continuación el techo cameral; para corregir las irregularidades de las paredes camerales mesial y distal se rectificó utilizando una fresa Endo Z (Dentsply-Maillefer) con profusa irrigación de Hipoclorito de sodio al 2,5% (Tedequim).

Mediante la utilización de exploradores rectos N° 15 o 18 (Maillefer-Dentsply, Ballaigues, Switzerland) se localizan los conductos vestibular y palatino, luego canalizados con movimientos de cateterismo utilizando limas tipo K # 10 o # 15 (Maillefer-Dentsply, Ballaigues, Switzerland).

El acceso radicular se realizó combinando instrumentación manual (limas K) y rotatoria con Fresas Gates Glidden N° 3, 2 o N° 2, 1 según la amplitud de cada pieza con permanente y continua irrigación de Hipoclorito de sodio al 2,5% (Tedequim).

Una vez logrado el acceso radicular, se determinó la longitud de trabajo ubicando una lima tipo K # 15 (Maillefer-Dentsply-Ballaigues-Switzerland) lubricada con glicerina en el conducto hasta que se visualice en el foramen, para luego restarle 1 mm corroborando radiográficamente la medida.

En base a eso se preparó de apical a coronal con limas Flexofile de 25 mm (Maillefer-Dentsply, Ballaigues, Switzerland) N° 15, 20, 25 y 30 con la técnica de fuerzas balanceadas⁴⁷, siempre con la irrigación de hipoclorito de sodio al 2,5%.

Terminado el trabajo del conducto se realizó la irrigación final con 1 ml de Edtac –1 ml de Hipoclorito al 2,5%- agua destilada, secado de los conductos con conos de papel y repaso de los conductos con el último instrumento utilizado para la eliminación del barro dentinario.

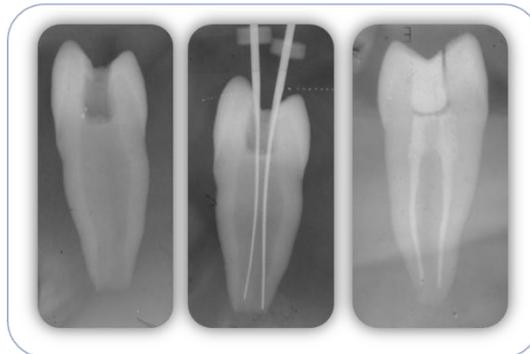
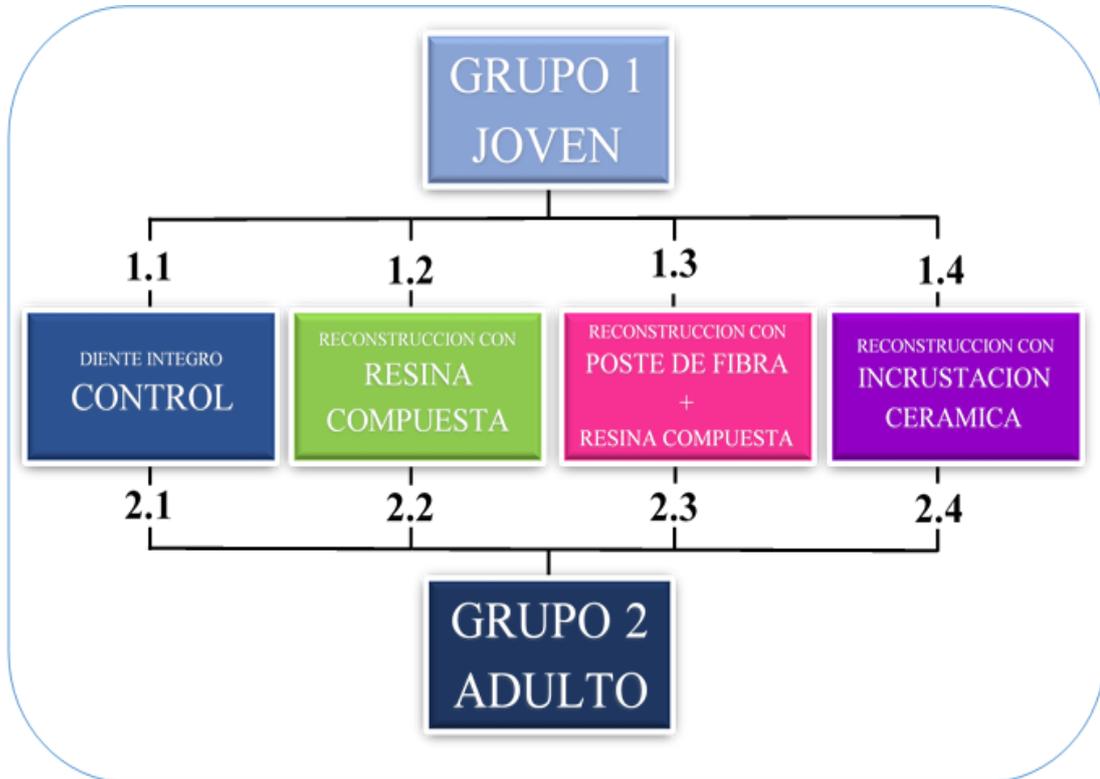


Figura 13- Técnica endodóntica

Se eligió el cono principal acorde al último instrumento utilizado y la obturación se realizó con la técnica de condensación lateral. El sellador seleccionado fue el cemento de Grossman (Tedequim) y se usó un espaciador C que llegue a 1 mm menos que la longitud de trabajo, se utilizaron conos de gutta-percha Fine o MF (Maillefer -Dentsply) para la condensación lateral. El corte de los conos se realizó con un condensador de base roma completándose la obturación con compactación vertical. (Fig.13)

Cada grupo etario de 20 premolares se subdividió en 4 grupos de 5 elementos cada uno. (Esquema 1)



Esquema 1- Grupos y subgrupos

A continuación se describe detalladamente las acciones realizadas en cada uno

-Grupos Control 1.1 y 2.1: se seleccionaron al azar 5 elementos jóvenes (1.1) y 5 adultos (2.1) sobre los que no se realizó ningún tallado cavitario, manteniéndose la integridad de los mismos.

El remanente de dientes, ya tallados y tratados endodónticamente, se dividieron al azar en 3 grupos de 5 dientes cada uno y se obturaron con las restauraciones que a continuación se detallan, coincidentes con las realizadas para el ensayo virtual con Elementos Finitos.

-Grupos Reconstrucción con Resinas Compuestas 1.2 y 2.2: Se seleccionaron al azar 5 elementos de cada grupo etario y se realizaron las siguientes acciones.

1- Técnica de grabado total con gel tixotrópico de ácido fosfórico al 37 %. (Fig.14)



Figura 14

2- Técnica adhesiva con sistema Adhesivo Adper Single Bond 2 (3M-ESPE) (Fig.15),
polimerizado con lámpara de luz LED GNATUS modelo Optillght LD MAG. (Fig. 16)



Figura 15

3- Restauración con resina compuesta Filtek Z 350 XT (3M-ESPE), utilizando una técnica incremental oblicua, polimerización con lámpara de luz LED GNATUS modelo Optilight LD MAG. (Fig.16)



Figura 16. Técnica de obturación

4- Una vez obturado se procedió al acabado con fresas extra y ultra finas (7-A) y pulido final con gomas siliconadas.(Fig.17-B)



Figura 17

-Grupo Reconstrucción con Poste y Resinas Compuestas 1.3 y 2.3: Se seleccionaron al azar 5 piezas dentarias de cada grupo etario y se realizaron las siguientes acciones:

1- Preparación del conducto radicular para recibir el poste de fibra de vidrio: la eliminación inicial de la gutapercha que obtura el conducto seleccionado (en primeros premolares superiores el conducto de elección es el Vestibular) se realizó con Fresa de Gates de tamaño relacionado al diámetro del conducto (Fig.18-A), luego se confecciona la preparación final con las fresas provistas por el fabricante de acuerdo al diámetro del poste seleccionado.(Fig.18-B)

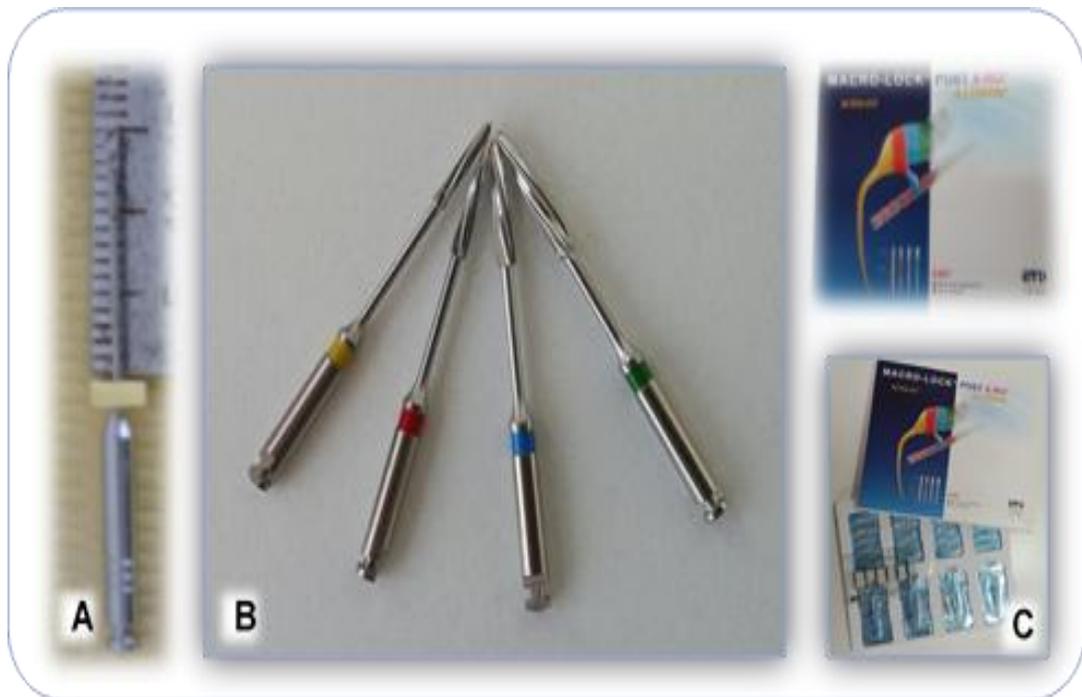


Figura 18 **A:** Fresa Gates Gliden; **B:** Fresas calibradas para postes; **C:** Postes de Fibra de Vidrio Macro-Lock ILLUSION

2- Técnica de inserción y cementado del Poste de Fibra de Vidrio: Se utilizaron Postes de Fibra de Vidrio Macro-Lock ILLUSION (RTD) (Fig.18-C). Una vez probada la correcta adaptación del poste se aplicó la técnica adhesiva siguiendo el protocolo descrito en el grupo Reconstrucción con Resinas Compuestas (Fig.14 y Fig.15). Para el cementado se utilizó cemento resinoso dual PARA-CORE (COLTENE), el medio

cementante, una vez preparado fue llevado al interior del conducto mediante un léntulo, finalmente se inserta el poste y se polimeriza durante 40 seg. (Fig.19 A-B)

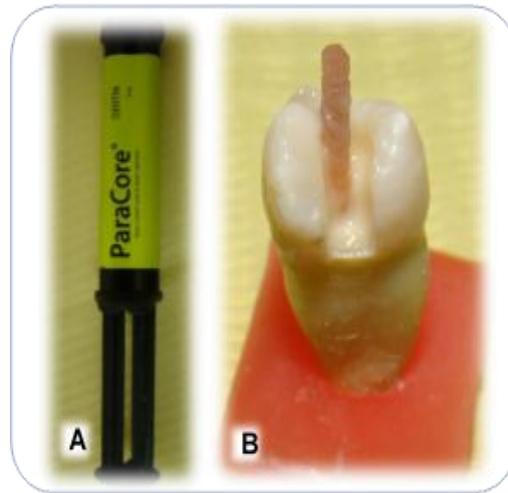


Figura 19A- Cemento ParaCore B. Cementado

3- Técnica adhesiva y de Reconstrucción con Resinas Compuestas realizada de acuerdo al protocolo descrito para el grupo Reconstrucción con Resinas Compuestas. (Fig.16)

4- Recorte del poste de fibra sobrante (Fig.20-A y 20-B); acabado y pulido final según protocolo descrito para el grupo Reconstrucción con Resinas Compuestas. (Fig.17)

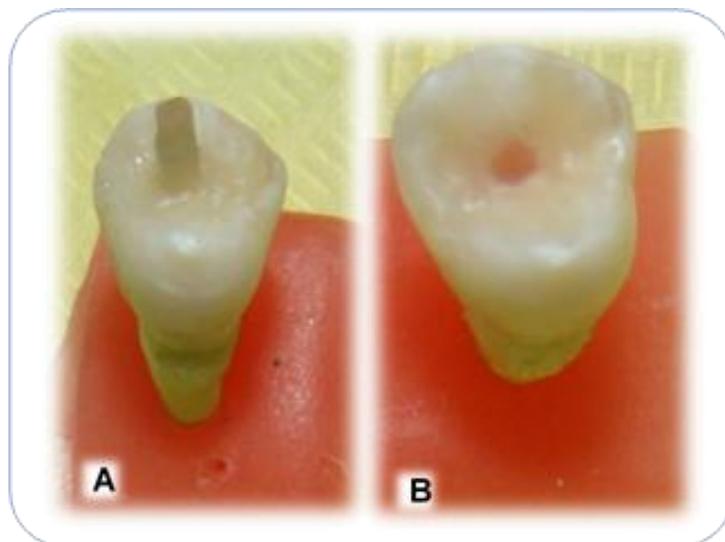


Figura 20 A- Acabado B- Pulido

-Grupo Incrustación Cerámica 1.4 y 2.4:

En los 5 elementos restantes de cada grupo etario se prepararon Incrustaciones Cerámicas. (Fig. 21)

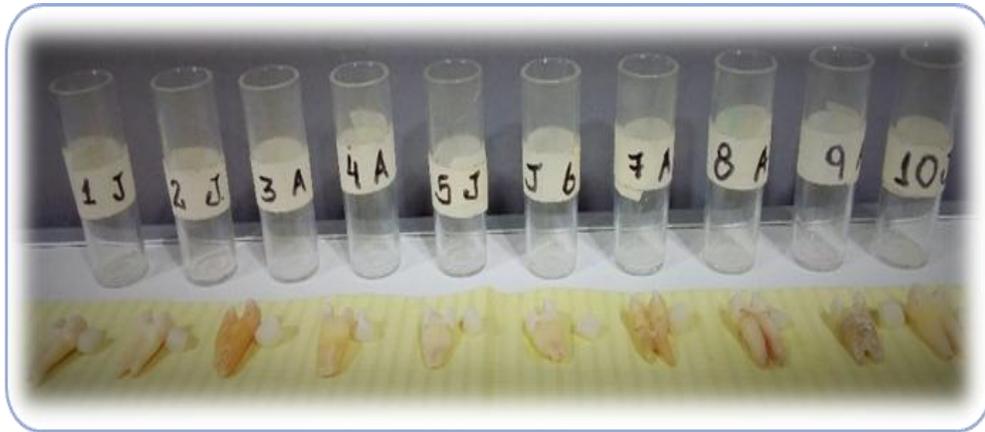


Figura 21- Muestras con Incrustaciones Cerámicas

Una vez probada la adaptación de las Incrustaciones en las cavidades talladas, se realizaron las siguientes acciones:

- 1- Técnica de Adhesión con Grabado Ácido total siguiendo el protocolo de trabajo y materiales definido para el Grupo Reconstrucción con Resinas Compuestas. (Fig.14 y 15)
- 2- Cementado de las Incrustaciones Cerámicas (Fig.22) utilizando cemento resinoso dual Para- Core y Polimerización con luz LED.(Fig.19)



Figura 22- Incrustación Cerámica: Cavidad tallada, incrustación cerámica y premolar cementado.

MODO DE FRACTURA

El modo de fractura fue analizado y clasificado macroscópicamente³⁴. (Fig. 23)

Las fracturas se clasifican en:

- Tipo 1: Fractura coronaria hasta el límite amelocementario.
- Tipo 2: Fractura hasta 2 mm apical del límite amelocementario.
- Tipo 3: Fractura que sobrepasa de 2mm hacia apical del límite amelocementario y porción central.

Correspondiendo a las fracturas Tipo 1 un pronóstico favorable, a las tipo 2 dudoso y a las Tipo 3 un pronóstico desfavorable. El pronóstico se refiere a la posibilidad de reconstruir el elemento dentario evitando la extracción.

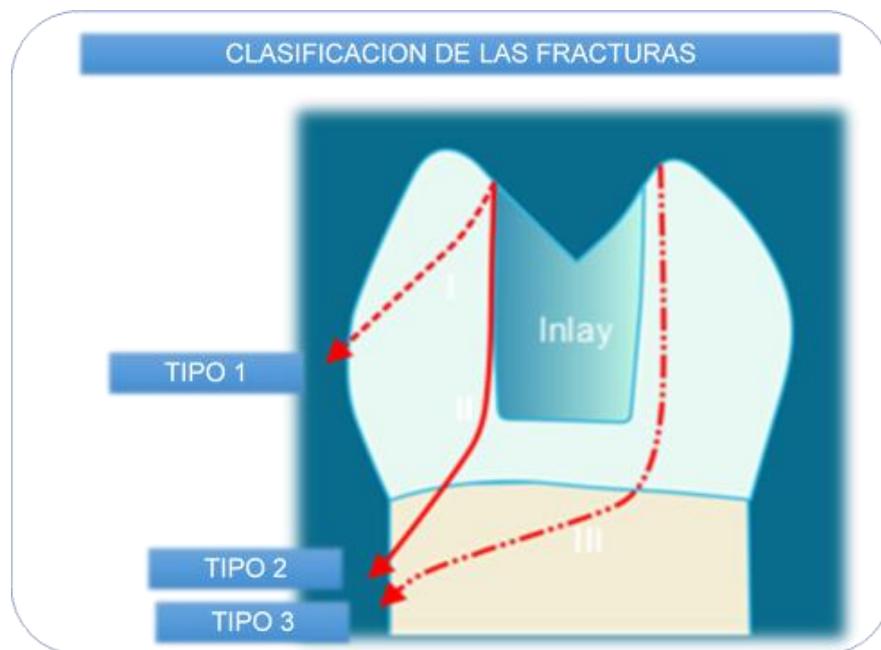


Figura 23- Clasificación macroscópica de las fracturas

RESULTADOS

Método de estudio virtual a través del Análisis con Elementos Finitos

En este método los resultados están expresados en Valores de tensión de Von Mises (que es una combinación de tensiones de esfuerzos normales y de corte), con el fin de facilitar su interpretación se convertirán los valores a MPa. La distribución de las tensiones, se observan en una escala de colores en donde el azul y celeste son las zonas de menor tensión, los verdes indican una tensión media, más marcada y delimitada y por último el amarillo, naranja y rojo en ese orden indican las zonas de mayor tensión de ese sistema y las zonas de mayor probabilidad de colapso del sistema.

En cada gráfico se presenta la escala con los valores Tensión de Von Mises obtenidos para ese modelo.

En todos los modelos completos analizados las zonas de mayor tensión se observaron en el punto de contacto con el antagonista y en segundo lugar a nivel cervical vestibular coincidente con la cresta ósea.

A continuación se muestran los resultados en modelos completos para cada uno de los casos investigados.

Modelo 1

La distribución de tensiones equivalentes de Mises en el modelo completo, y luego en hueso y dentina se muestran a continuación. En dentina joven la tensión máxima fue de 48,33 MPa.(Fig.24)

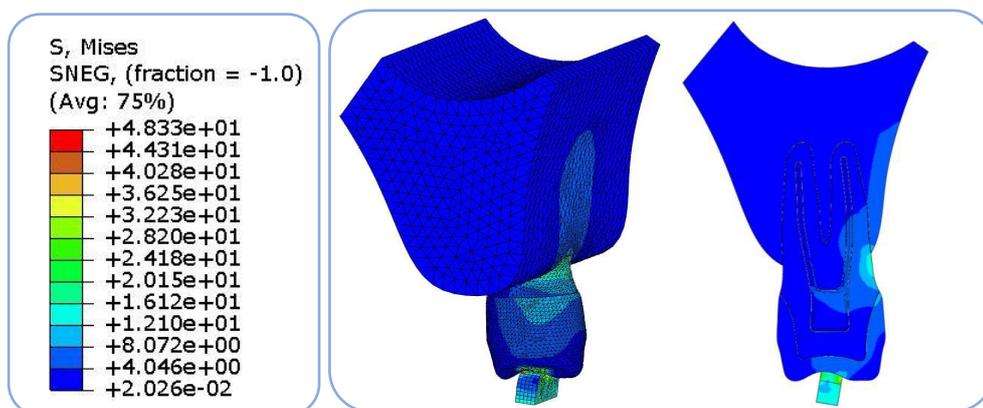


Figura 24. Modelo 1: Dentina joven. Distribución de tensiones equivalentes de Mises (MPa) en modelo

En cuanto al modelo con dentina adulta, la tensión equivalente de Mises máxima fue de 47,52 MPa en el modelo completo, con una distribución similar a la observada en el modelo de dentina joven.

Modelo 2

La distribución de tensiones equivalentes de Mises en el modelo completo, en hueso y dentina se muestran a continuación, presentando en dentina joven una tensión máxima de 64,44 MPa.(Fig. 25)

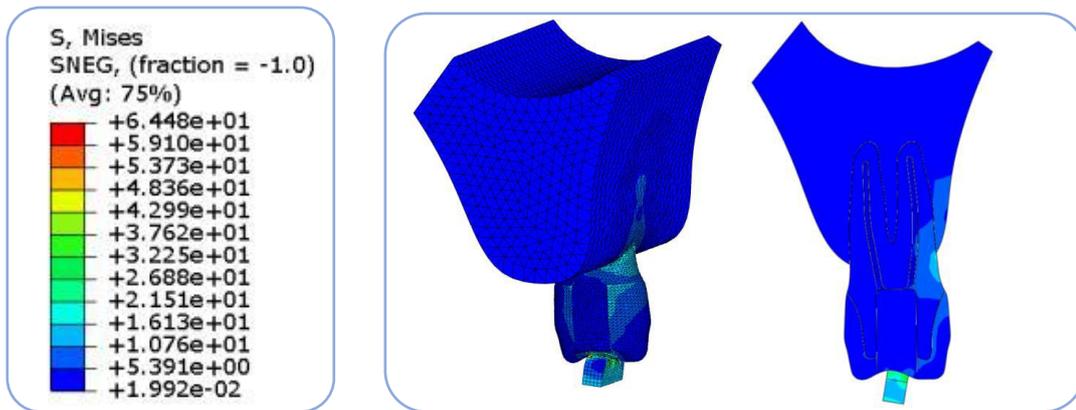


Figura 25. Modelo 2: Dentina joven. Distribución de tensiones equivalentes de Mises (MPa) en modelo completo

En cuanto al modelo con dentina adulta, la tensión equivalente de Mises máxima fue de 64,27 MPa en el modelo completo.

Modelo 3

La distribución de las tensiones de Mises en el modelo completo, en hueso y en dentina se observan a continuación. En dentina joven la tensión máxima medida fue de 53,63 MPa.(Fig.26)

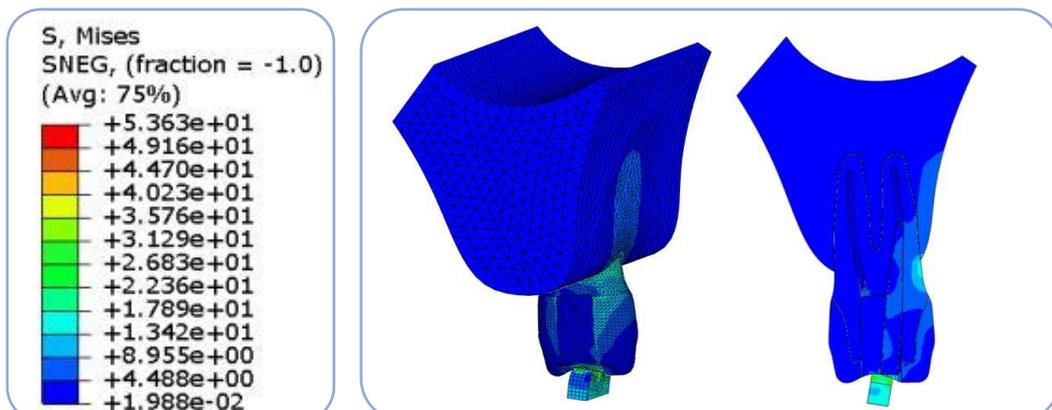


Figura 26. Modelo 3: Dentina joven. Distribución de tensiones equivalentes de Mises (MPa) en hueso y dentina

En cuanto al modelo con dentina adulta, la tensión equivalente de Mises máxima fue de 53,40 MPa en el modelo completo.

Modelo 4

La distribución de tensiones equivalentes de Mises en el modelo completo, y luego en hueso y dentina se muestran a continuación. En dentina joven la tensión máxima fue de 62,96 MPa.(Fig.27)



Figura 27. Modelo 4: Dentina joven. Distribución de tensiones equivalentes de Mises (MPa) en modelo completo

En cuanto al modelo con dentina adulta, la tensión equivalente de Mises máxima fue de 62,66 MPa en el modelo completo.

Modelo 5

La distribución de tensiones equivalentes de Mises en el modelo completo, y luego en soporte y dentina se muestran a continuación. En dentina joven la tensión máxima fue de 67,32 MPa.(Fig.28)

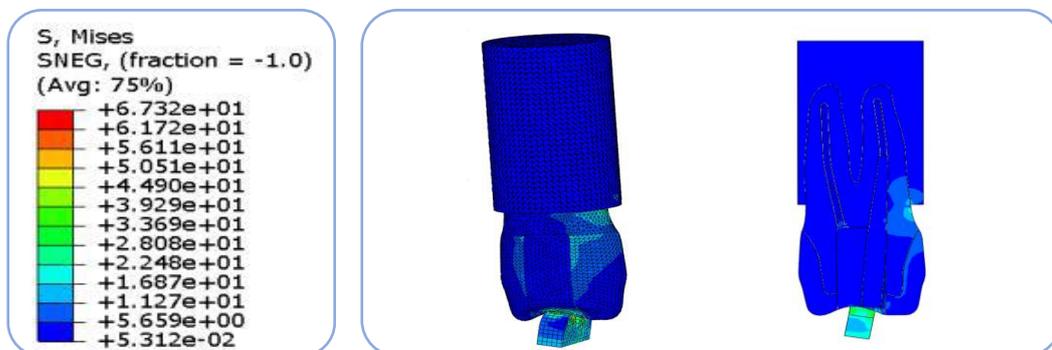


Figura 28. Modelo 5: Dentina joven. Distribución de tensiones equivalentes de Mises (MPa) en modelo completo

En cuanto al modelo con dentina adulta, la tensión equivalente de Mises máxima fue de 66,81 MPa en el modelo completo.

Las zonas de mayor tensión se correspondieron con el punto de contacto a nivel oclusal entre la pieza de carga y el antagonista, de allí las fuerzas se distribuyen uniformemente a lo largo del diente hasta la zona cervical vestibular coincidente con los vértices de la cresta ósea en donde se observó nuevamente una concentración de tensiones aunque en menor medida que los observados en oclusal. Los valores máximos obtenidos en los modelos completos pueden observarse agrupados en la tabla N°2 y gráfico N°1.

MODELO	JOVEN	ADULTO	DIFERENCIA
1. CONTROL	48,33	47,52	1,7%
2. RESINA	64,48	64,27	0,3%
3. POSTE CON R.C.	53,6	53,4	0,4%
4. INCRUSTACIÓN CERÁMICA	62,96	62,66	0,5%
5. TUBO DE ACERO	67,32	66,81	0,8%

Tabla N°2: Valores de Tensión de Von Mises máximos para cada modelo Completo

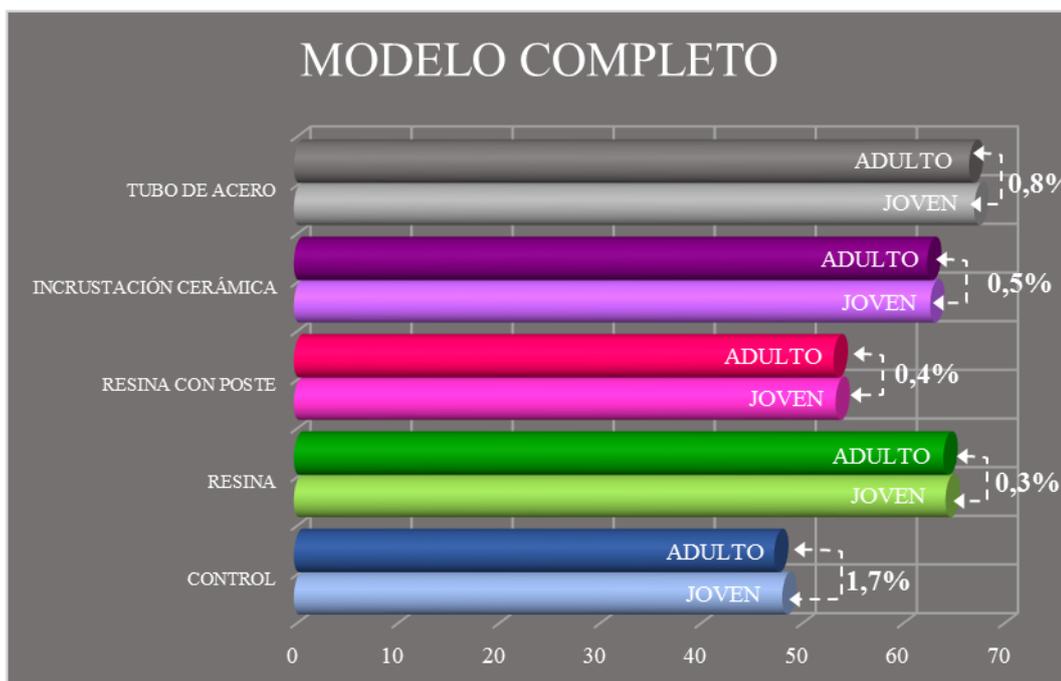


Gráfico N°1: Representación de los Valores de Tensión máximos para cada modelo Completo

Analizando los valores de los modelos completos en jóvenes y adultos vemos que la variación entre ambos es mínima con valores inferiores al 1% o en el caso del elemento control 1,7%. (Tabla N°1)

Análisis comparativo entre modelos completos

Realizando un análisis comparativo entre los distintos modelos en jóvenes y adultos observamos que en todos los casos las diferencias se mantienen constantes según la edad pero con diferencias en cuanto a los métodos de reconstrucción.



Comparando los modelos 1 y 2 vemos que la concentración de tensiones en los modelos Reconstrucción con Resinas es mayor que en los modelos Control; en jóvenes en un 25% y en adultos un 26%.(Tabla N°3 y gráfico N°2)

MODELO	JOVEN	ADULTO	DIF.
1. CONTROL	48,33	47,52	1,7%
2. RESINA	64,48	64,27	0,3%
DIFERENCIA	25%	26%	

Tabla N°3-Modelo Control vs Resinas Compuestas

Gráfico N°2-Modelo Control vs Resinas Compuestas

Comparando los modelos 1 y 3 observamos que la concentración de tensiones en los modelos Reconstrucción con Resinas y Poste de Fibra de Vidrio es mayor que en los modelos Control; en jóvenes en un 10% y en adultos un 11%.(Tabla N°4 y gráfico N°3)

MODELO	JOVEN	ADULTO	DIF.
1. CONTROL	48,33	47,52	1,7%
3. POSTE CON R.C	53,6	53,4	0,4%
DIFERENCIA	10%	11%	

Tabla N°4-Modelo Control vs Poste +Resinas Compuestas

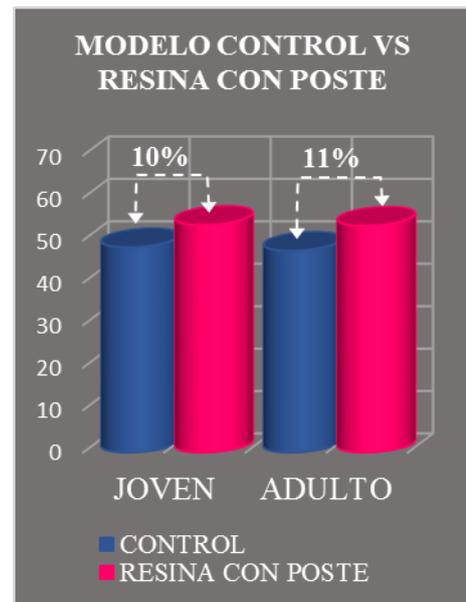


Gráfico N°3 Modelo Control vs Postes + Resinas Compuestas

La comparación de los modelos 1 y 4 nos muestra que la concentración de tensiones registradas en los modelos Reconstrucción con Incrustaciones Cerámicas es mayor que en los modelos Control, con una diferencia del 20% para ambos grupos etarios. (Tabla N°5 y gráfico N°4)

MODELO	JOVEN	ADULTO	DIF.
1. CONTROL	48,33	47,52	1.7
4. INCR. CERAMICA	62,96	62,66	0.5
DIFERENCIA	23%	24%	

Tabla N°5- Modelo Control vs Incrustación Cerámica

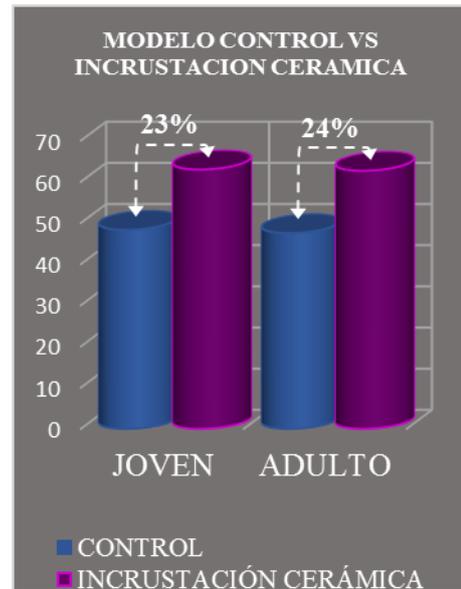


Gráfico N°4- Modelo Control vs Incrustación Cerámica

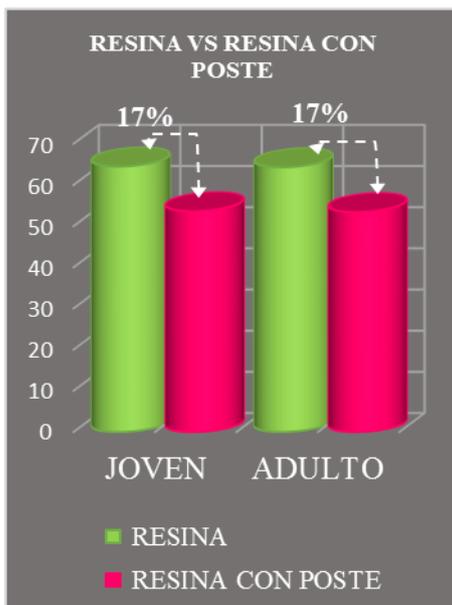


Gráfico N°5 Resinas Compuestas vs Postes + Resinas Compuestas

Al comparar los modelos 2 y 3, la concentración de tensiones en los modelos Reconstrucción con Resinas es mayor que en los modelos Reconstrucción con Resinas y Poste de Fibra de Vidrio en un 17 % para ambos grupos etarios. (Tabla 6 y gráfico N°5)

MODELO	JOVEN	ADULTO	DIF.
2. RESINA	64,48	64,27	0,3%
3. POSTE CON R.C	53,6	53,4	0,4%
DIFERENCIA	17%	17%	

Tabla N° 6 Resinas Compuestas vs Postes + Resinas Compuestas

De la comparación de los modelos 2 y 4 surge que la concentración de tensiones en los modelos Reconstrucción con Resinas es levemente mayor que en los modelos Reconstrucción con Incrustaciones Cerámicas con una diferencia de un 2% para ambos grupos etarios. (Tabla N°7 y gráfico N°6)

MODELO	JOVEN	ADULTO	DIF.
2. RESINA	64,48	64,27	0,3%
4. INC. CERÁMICA	62,96	62,66	0,5%
DIFERENCIA	2%	2%	

Tabla N°7 Resinas Compuestas vs Incrustación Cerámica

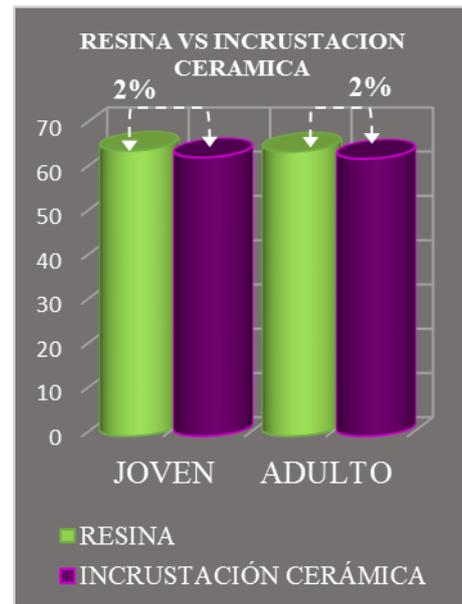


Gráfico N°6 Resinas Compuestas vs Incrustación Cerámica

Finalmente se compararon los valores obtenidos en los modelo 3 y 5, ambos con Reconstrucción con Poste de Fibra de Vidrio y Resinas Compuestas, la diferencia entre estos modelos son los elementos que rodean al diente evaluado. En el modelo 3 los tejidos simulados son ligamento periodontal y hueso alveolar (lo mismo que en los modelos 1, 2 y 4) mientras en el modelo 5 los materiales que rodean al elemento probado son teflón, acrílico y un tubo de acero, materiales éstos en los que se montaron los dientes para los ensayos mecánicos. La concentración de tensiones en el modelos 5 fue un 20% mayor que en el modelo 3. (Tabla n°8 y gráfico N°7)

MODELO	JOVEN	ADULTO	DIF.
3. POSTE CON R.C.	53,6	53,4	0,4%
5. TUBO DE ACERO	67,32	66,81	0,8%
DIFERENCIA	20%	20%	

Tabla N°8 Poste + Resinas Compuestas vs Tubo de Acero



Gráfico N°7 Poste + Resinas Compuestas vs Tubo de Acero

Una vez realizada la simulación en modelos completos, se retiró el antagonista y el esmalte para medir las tensiones generadas en dentina, cemento y hueso. Estos modelos fueron denominados Modelos Dentina.

Modelo 1

La distribución de tensiones equivalentes de Mises en el modelo dentina, en hueso y dentina se muestran a continuación, siendo en dentina joven la tensión máxima de 20,00 MPa.(Fig.29)

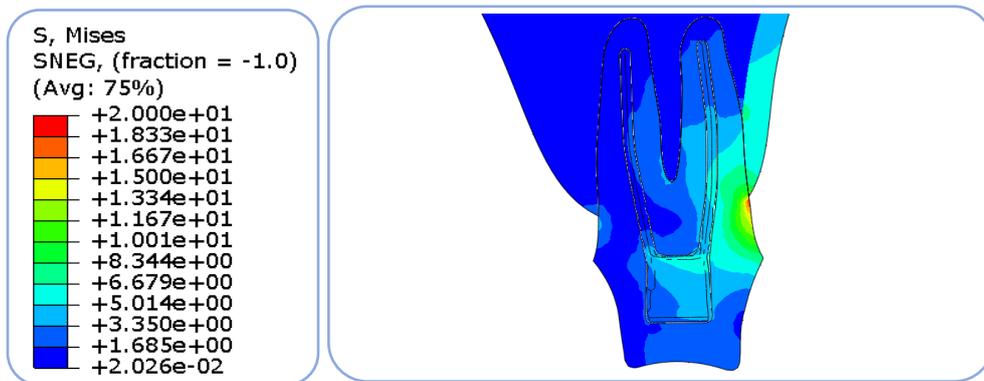


Figura 29- Modelo 1.Dentina joven. Distribución de tensiones equivalentes de Mises (MPa) en hueso y dentina

En cuanto al modelo con dentina adulta, la tensión equivalente de Mises máxima fue de 19,58 MPa.

Modelo 2

La distribución de tensiones equivalentes de Mises en el modelo dentina y hueso se observan a continuación. En la dentina joven la tensión máxima calculada fue de 21,69 MPa.(Fig.30)

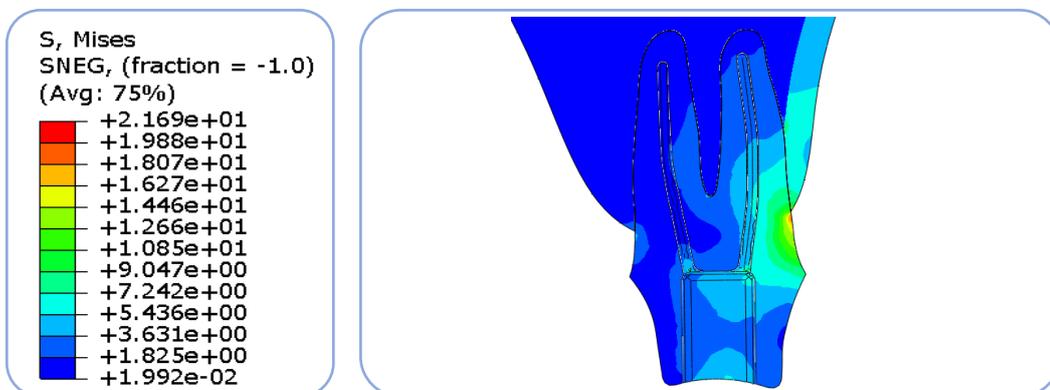


Figura 30- Modelo 2. Dentina joven. Distribución de tensiones equivalentes de Mises (MPa) en hueso y dentina

En cuanto al modelo con dentina adulta, la tensión equivalente de Mises máxima fue de 20,37 MPa.

Modelo 3

A continuación puede observarse la distribución de tensiones equivalentes de Mises en el modelo dentina. El valor de tensión máxima en joven fue de 20,59 MPa.(Fig.31)

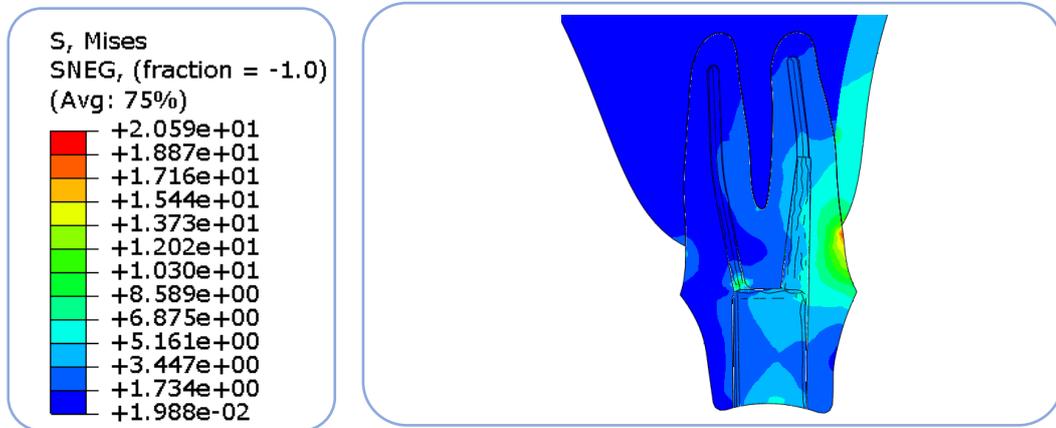


Figura 31- Modelo 3. Dentina joven. Distribución de tensiones equivalentes de Mises (MPa) en hueso y dentina

En cuanto al modelo con dentina adulta, la tensión equivalente de Mises máxima fue de 20,30 MPa.

Modelo 4

En el modelo con Incrustación cerámica en joven, la tensión máxima fue de 21,99 MPa. Pudiendo observarse a continuación la distribución de las tensiones en el modelo.(Fig.32)

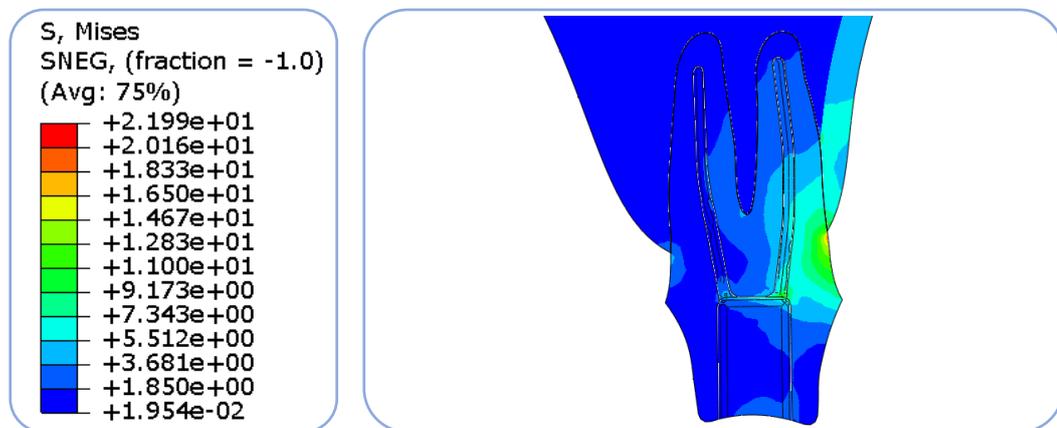


Figura 32- Modelo 4. Dentina joven. Distribución de tensiones equivalentes de Mises (MPa) en hueso y dentina

En cuanto al modelo con dentina adulta, la tensión equivalente de Mises máxima fue de 19,76 MPa.

Modelo 5

La distribución de tensiones equivalentes de Mises en el modelo dentina, en hueso y soporte se muestran a continuación. En dentina joven la tensión máxima fue de 31,33 MPa.(Fig.33)

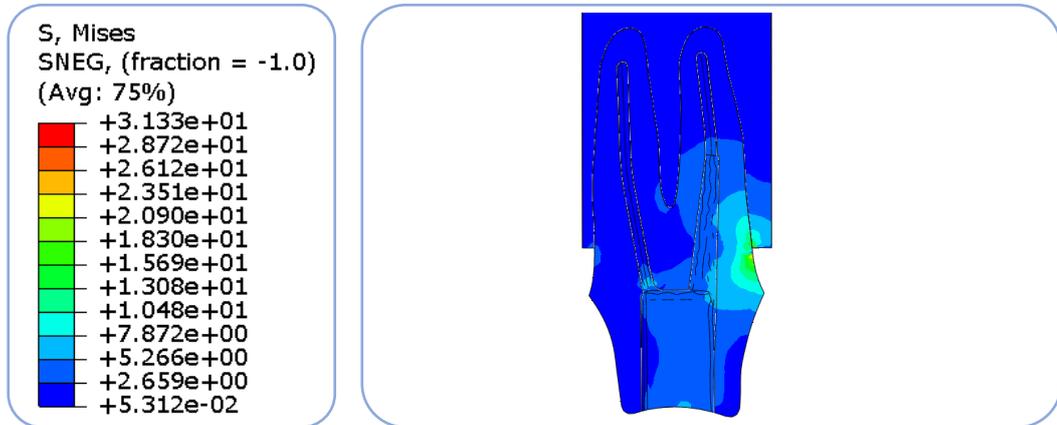


Figura 33- Modelo 5. Dentina joven. Distribución de tensiones equivalentes de Mises (MPa) en soporte y dentina

En cuanto al modelo con dentina adulta, la tensión equivalente de Mises máxima fue de 31,58 MPa.

En estos modelos la zona de mayor concentración de tensiones se observó en el tercio cervical de la cara vestibular, a la altura de la cresta ósea. Los valores son similares a los obtenidos en esa zona con los modelos completos pero al retirar el esmalte y antagonista se pudo ver con mayor detalle la distribución de las tensiones en esa zona.

Los valores máximos obtenidos en los modelos Dentina pueden observarse agrupados en la tabla N°9 y gráfico N°8.

MODELO DENTINA	JOVEN	ADULTO	DIFERENCIA
1. CONTROL	20	19,58	2%
2. RESINA	21,69	20,37	6%
3. POSTE CON R.C.	20,59	20,3	1%
4. INCRUSTACIÓN CERÁMICA	21,99	19,76	10%
5. TUBO DE ACERO	31,33	31,58	1%

Tabla N°9: Valores de Tensión de Von Mises máximos en MPa para cada modelo Dentina.

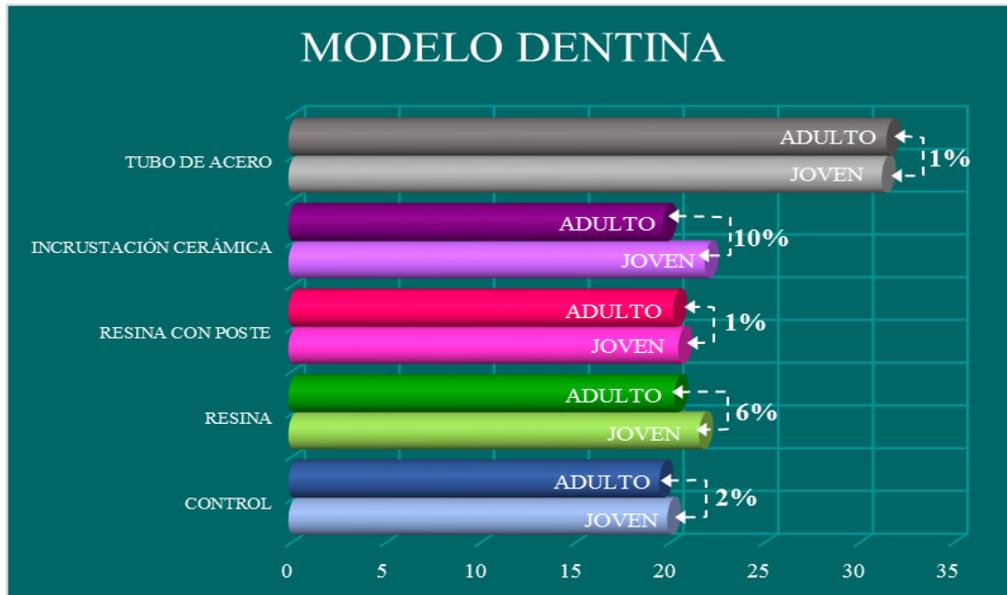


Gráfico N°8: Representación de los Valores de Tensión máximos en MPa. para cada modelo Completo.

Analizando los valores de los modelos Dentina en jóvenes y adultos se observa que los valores obtenidos en los modelos 1 (Control), 3 (Reconstrucción con Poste de Fibra de Vidrio + Resinas Compuestas) y 5 (Reconstrucción con Poste de Fibra de Vidrio + Resinas Compuestas en Tubo de acero), fueron similares, con variaciones máximas cercanas al 2%, mientras que en los modelos 2 (Reconstrucciones con Resinas Compuestas) y 4 (Reconstrucción con Incrustación Cerámica) las diferencias fueron del 6 y 10% respectivamente. La mayor concentración de tensiones se manifestaron en jóvenes a excepción del modelo 5 en donde la mayor concentración esta en los modelos Dentina adulta con una diferencia del 1%.(tabla N°9)

Análisis comparativo entre Modelos

Comparando los modelos 1 y 2 se observa que la concentración de tensiones en los modelos Reconstrucción con Resinas es mayor que en los modelos Control; en jóvenes un 8% y en adultos un 4%.(Tabla N°10 y gráfico N°9)

MODELO DENTINA	JOVEN	ADULTO	DIF.
1. CONTROL	20	19,58	2%
2. RESINA	21,69	20,37	6%
DIFERENCIA	8%	4%	

Tabla N° 10 Modelo Control vs Resinas Compuestas

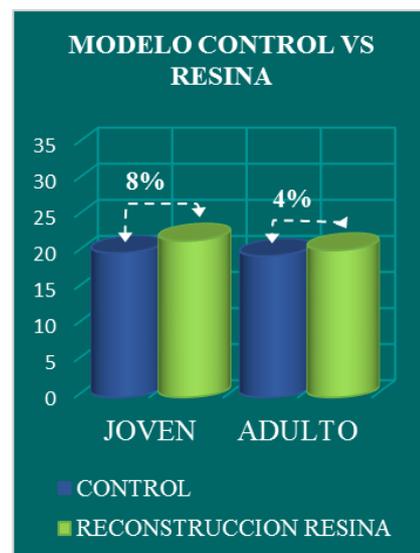


Gráfico N°9 Modelo Control vs Resinas Compuestas

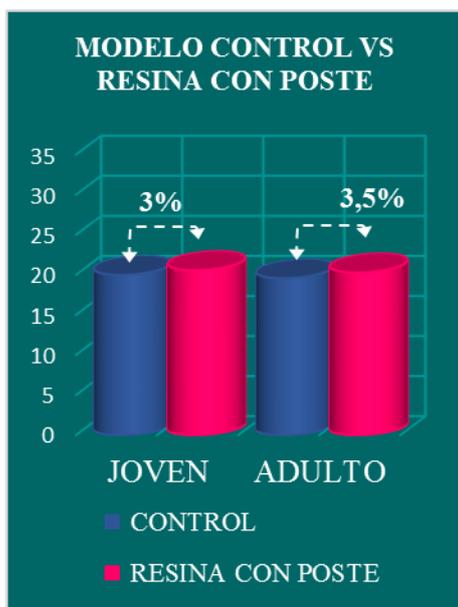


Grafico N° 10 Modelo Control vs Poste + Resinas Compuestas

Comparando los modelos 1 y 3 se muestra que la concentración de tensiones en los modelos Reconstrucción con Reconstrucción con Poste de Fibra de Vidrio + Resinas Compuestas es mayor que en los modelos Control; en jóvenes es un 3% y en adultos un 3,5%. (Tabla N°11 y gráfico N° 10)

MODELO DENTINA	JOVEN	ADULTO	DIF.
1. CONTROL	20	19,58	2%
3. POSTE CON R.C	20,59	20,3	1.50%
DIFERENCIA	3%	3.50%	

Tabla N°11 Modelo Control vs Poste + Resinas Compuestas

Comparando los modelos 1 y 4, la concentración de tensiones en los modelos Reconstrucción con Incrustación Cerámica es mayor que en los modelos Control; en jóvenes la diferencia es de un 9% mientras que en adultos es de 1%. (Tabla N°12 y gráfico N°11)

MODELO DENTINA	JOVEN	ADULTO	DIF.
1. CONTROL	20	19,58	2%
4. INC. CERÁMICA	21,99	19,76	10%
DIFERENCIA	9%	1%	

Tabla N° 12 Modelo Control vs Incrustación Cerámica

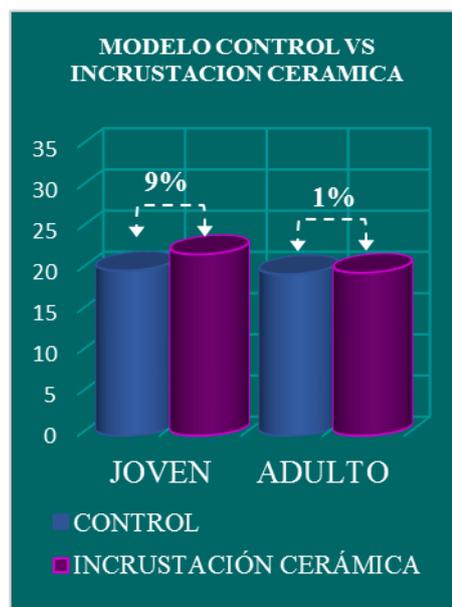


Gráfico N° 11 Modelo Control vs Incrustación Cerámica

Finalmente se compararon los valores obtenidos en los modelo 3 y 5, ambos con Reconstrucción con Resinas y Poste de Fibra de Vidrio la diferencia entre estos modelos son los elementos que rodean al diente evaluado. En el modelo 3 los tejidos simulados son ligamento periodontal y hueso alveolar (lo mismo que en los modelos 1, 2 y 4) mientras en el modelo 5 los materiales que rodean al elemento probado son teflón, acrílico y un tubo de acero, materiales éstos en los que se montaron los dientes para los ensayos mecánicos. La mayor concentración de Tensiones se observó en el modelo 5, 34% en jóvenes y 36% en adultos. (Tabla N°13 y gráfico N°12)

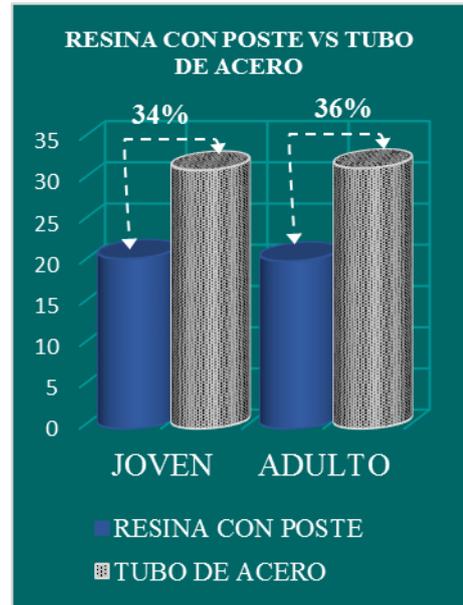


Gráfico N° 12 Modelo Poste + Resina Compuesta vs Tubo de acero

MODELO DENTINA	JOVEN	ADULTO	DIFERENCIA
3. POSTE CON R.C.	20,59	20,3	1.50%
5. TUBO DE ACERO	31,33	31,58	2%
DIFERENCIA	34%	36%	

Tabla N° 13 Modelo Poste + Resina Compuesta vs Tubo de acero

Método de estudio mediante Ensayo Mecánico de Fractura por Compresión

En un ensayo mecánico de carga por compresión, al aplicar una fuerza sobre un material este responde comprimiéndose, al cesar la fuerza recupera su forma original, ésta es la resistencia elástica de un material y su valor determina su módulo de elasticidad. Si las fuerzas aplicadas no superan los valores del módulo de elasticidad el material resistirá sin alterarse.

Al superarse este valor comienza una deformación plástica; en la estructura interna del material se producen dislocaciones, las moléculas se reacomodan readaptándose. Las moléculas de mayor tamaño favorecen las dislocaciones mientras las de menor tamaño tienden a frenarlas, este movimiento de partículas generan “apilamientos” sobre los que se concentran las tensiones generando una nueva dislocación hasta el colapso final del sistema.

En este método de ensayo se trabajó con elementos naturales los que fueron seleccionados, preparados y montados siguiendo el protocolo descrito en Materiales y Métodos.

Los dientes fueron sometidos a una carga creciente a una velocidad constante de 0,5 mm por minuto hasta lograr la fractura. (Fig.34)



Figura 34: Vista general de las 40 muestras analizadas

En la tabla N°14 pueden observarse los valores máximos de fractura de N_w y el modo de fractura de cada una de las muestras evaluadas en dientes jóvenes, Grupo 1. En la

Tabla N°15 se presentan los valores máximos de fractura y modo de fractura de las muestras de dientes adultos, Grupo 2.

El primer dato que se desprende de la lectura general de estos valores es que en todos los casos las fuerzas aplicadas para lograr la fractura fueron superiores a los valores máximos promedio de fuerza que los músculos transmiten a las piezas dentarias, teniendo en cuenta además que los valores máximos de fuerza obtenidos en seres humanos no son mantenidos en forma constante por un período prolongado sino que son picos máximos de fuerza que duran unos segundos. En el caso del ensayo mecánico, no hay fatiga por parte de la máquina generadora de la fuerza sino por el contrario esta va en constante aumento.

Valores máximos de Fractura y Modo de Fractura en Jóvenes

Grupo	Muestra	Valor en Nw	Modo de Fractura
1.1	1	1857	2
1.1	2	1567	1
1.1	3	1389	1
1.1	4	2384	2
1.1	5	1972	1
1.2	6	1080	3
1.2	7	1402	3
1.2	8	1003	2
1.2	9	2503	2
1.2	10	1755	3
1.3	11	1442	2
1.3	12	1422	2
1.3	13	1853	2
1.3	14	1929	2
1.3	15	2192	2
1.4	16	1063	3
1.4	17	1527	3
1.4	18	1150	1
1.4	19	1292	2
1.4	20	1285	2

Tabla N° 14: No se observaron diferencias significativas entre los distintos tipos de restauración entre sí y con el subgrupo Control.

Valores máximos de Fractura y Modo de Fractura en Adultos

Grupo	Muestra	Valor en Nw	Modo de Fractura
2.1	21	1572	1
2.1	22	983	1
2.1	23	2341	1
2.1	24	920	1
2.1	25	1563	1
2.2	26	849	2
2.2	27	564	3
2.2	28	1212	3
2.2	29	983	3
2.2	30	1497	3
2.3	31	694	3
2.3	32	1050	2
2.3	33	777	2
2.3	34	1180	2
2.3	35	879	2
2.4	36	1594	3
2.4	37	1046	2
2.4	38	1369	3
2.4	39	1280	3
2.4	40	1015	2

Tabla N°15: No se observaron diferencias significativas entre los distintos tipos de restauración entre sí y con el subgrupo Control.

Análisis comparativo

Grupo 1.1 Joven Íntegro Control. Valor máximo de fractura a 2384 Nw. y mínimo a 1389 Nw. con una media de 1833,80 Nw. (Gráfico 13)

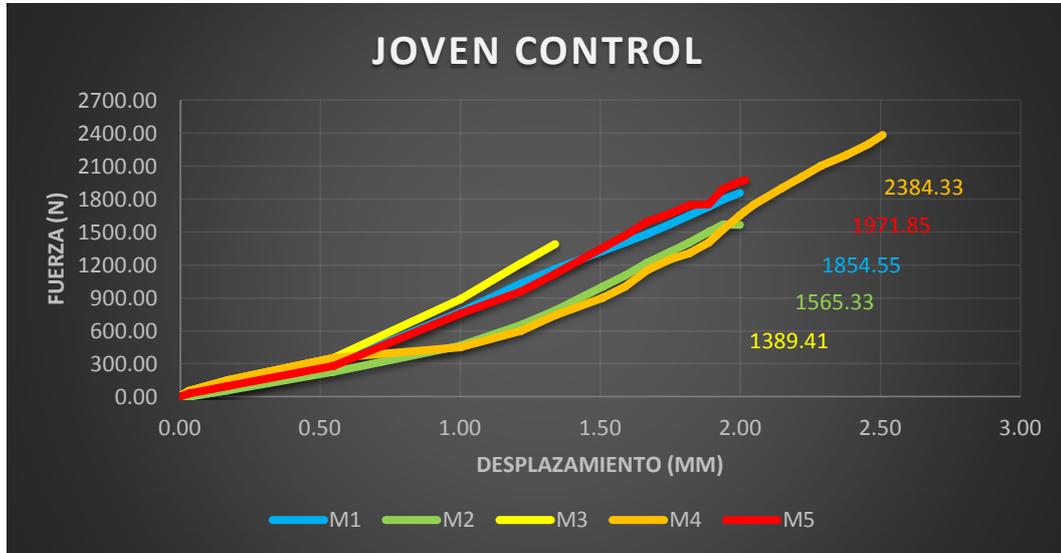


Gráfico N° 13: representación de las curvas hasta la fractura de cada una de las muestras del Grupo 1.1

Grupo 1.2 Joven Reconstruido con Resinas Compuestas. Presentó un valor máximo de fractura a 2503 Nw y mínimo a 1003 Nw con una media de 1548,60 Nw. (Gráfico 14)

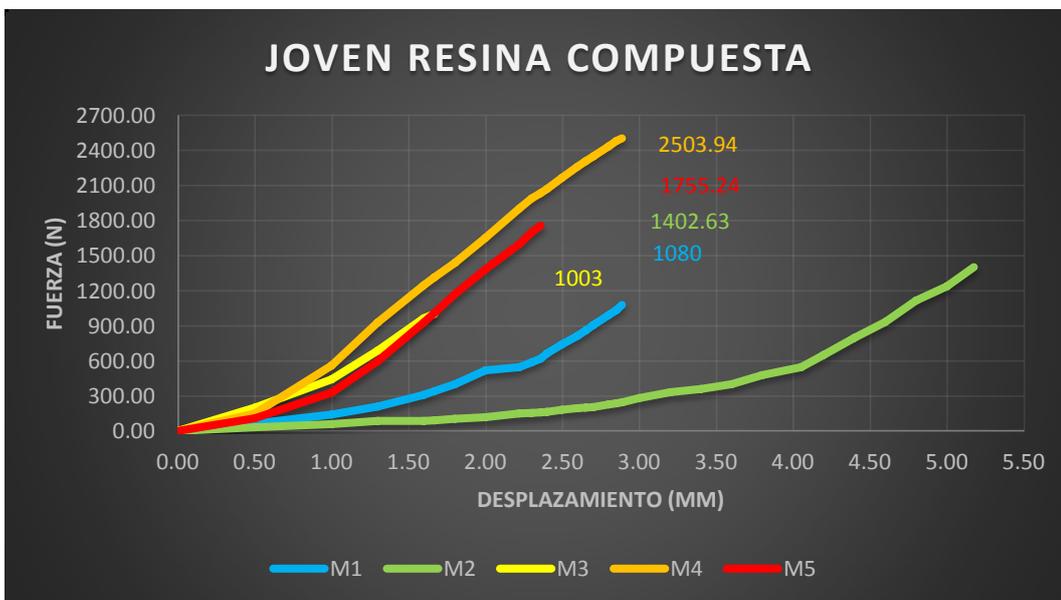


Gráfico N° 14: representación de las curvas hasta la fractura de cada una de las muestras del Grupo 1.2

Grupo 1.3 Joven Reconstruido con Poste y Resinas Compuestas. Mostró un valor máximo de fractura a 2192 Nw. y mínimo a 1422 Nw. con una media de 1767,6 Nw. (Gráfico N°15)

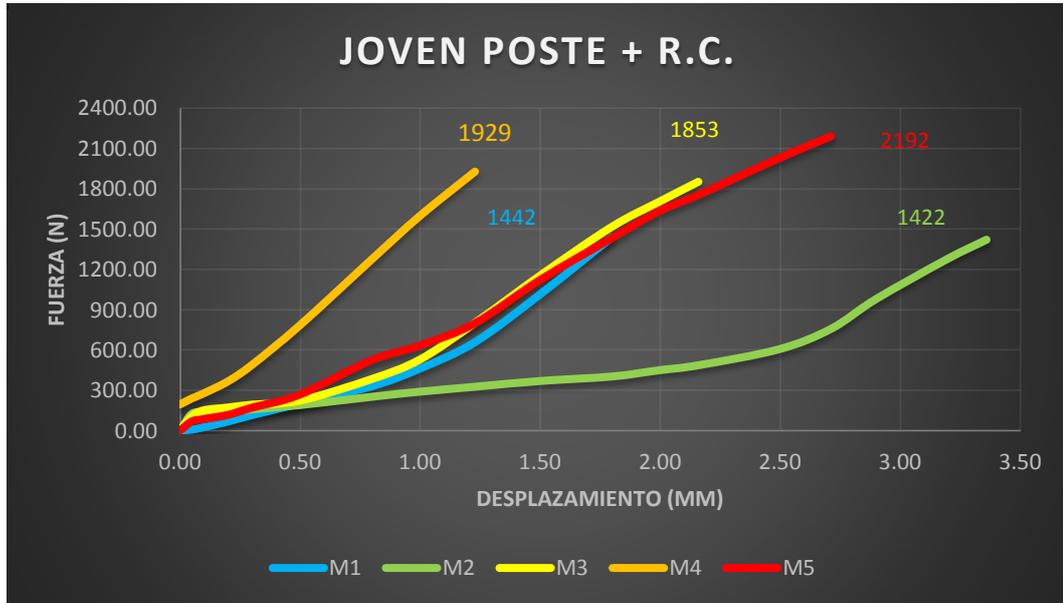


Gráfico N° 15: representación de las curvas hasta la fractura de cada una de las muestras del Grupo 1.3

Grupo 1.4 Reconstrucción con Incrustación Cerámica observamos valor máximo de fractura a 1527 Nw. y mínimo a 1063 Nw con una media de 1263,40 Nw. (Gráfico N°16)

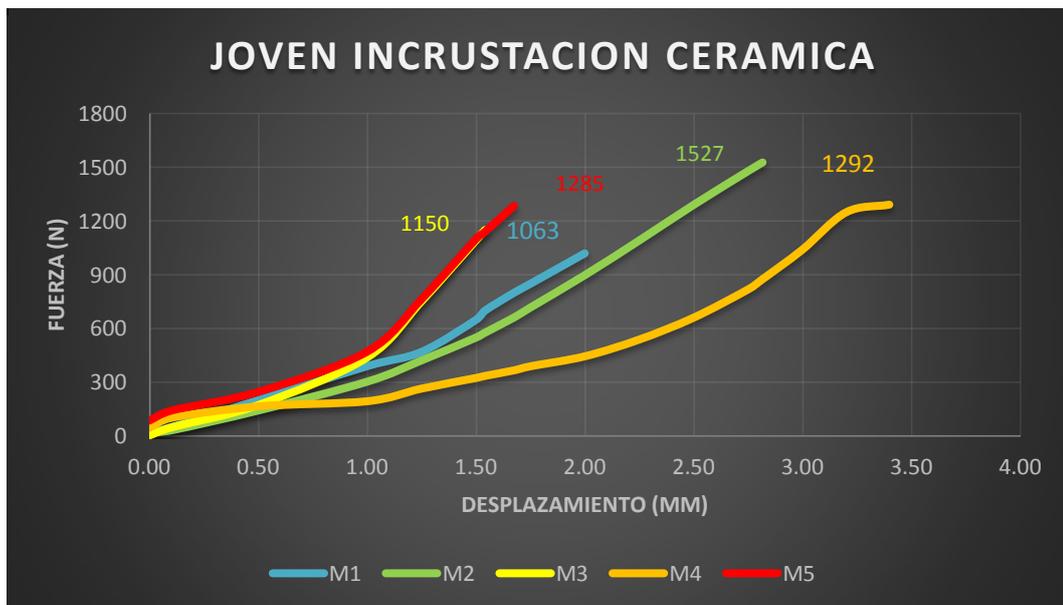


Gráfico N° 16: representación de las curvas hasta la fractura de cada una de las muestras del Grupo 1.4

Grupo 2.1 Adulto Íntegro Control con un valor máximo de fractura a 2341 Nw. y mínimo a 920 Nw. con una media de 1475,8 Nw.(Gráfico N°17)

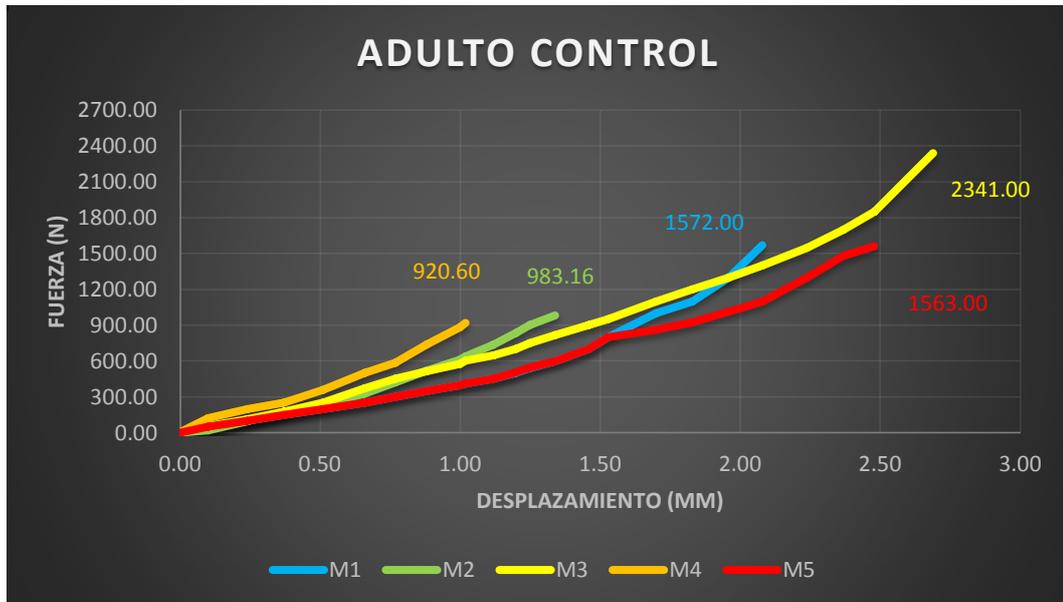


Gráfico N° 17: representación de las curvas hasta la fractura de cada una de las muestras del Grupo 2.1

Grupo 2.2 Reconstrucción con Resinas Compuestas. Presentó un valor máximo de fractura a 1497 Nw y mínimo a 564 Nw con una media de 1021 Nw.(Gráfico N°18)

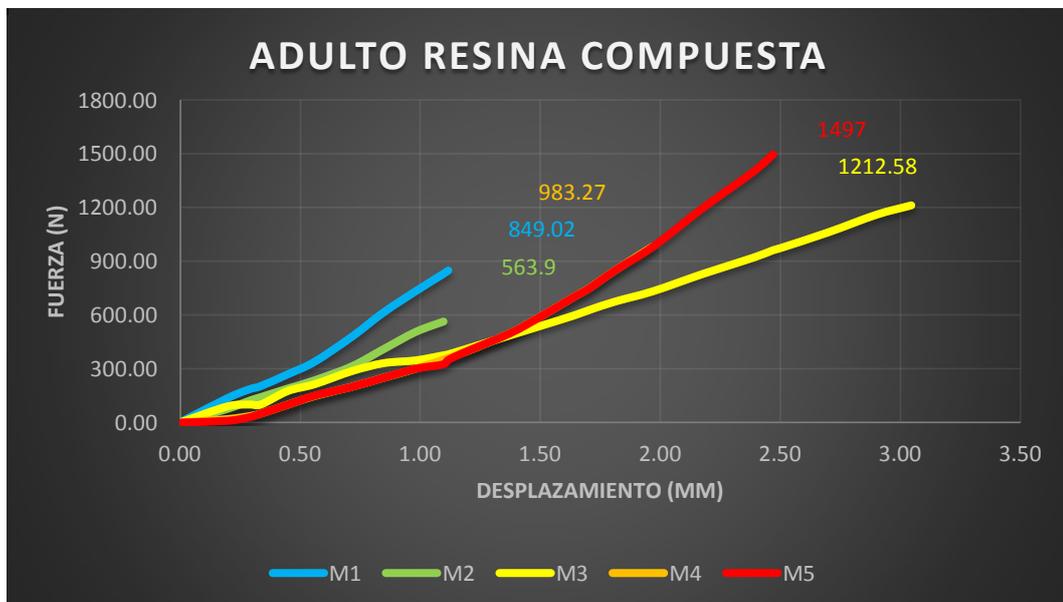


Gráfico N° 18: representación de las curvas hasta la fractura de cada una de las muestras del Grupo 2.2

Grupo 2.3 Reconstrucción con Postes y Resinas Compuestas. Mostró un valor máximo de fractura a 1180 Nw y mínimo a 694 Nw con una media de 916 Nw.(Gráfico N°19).

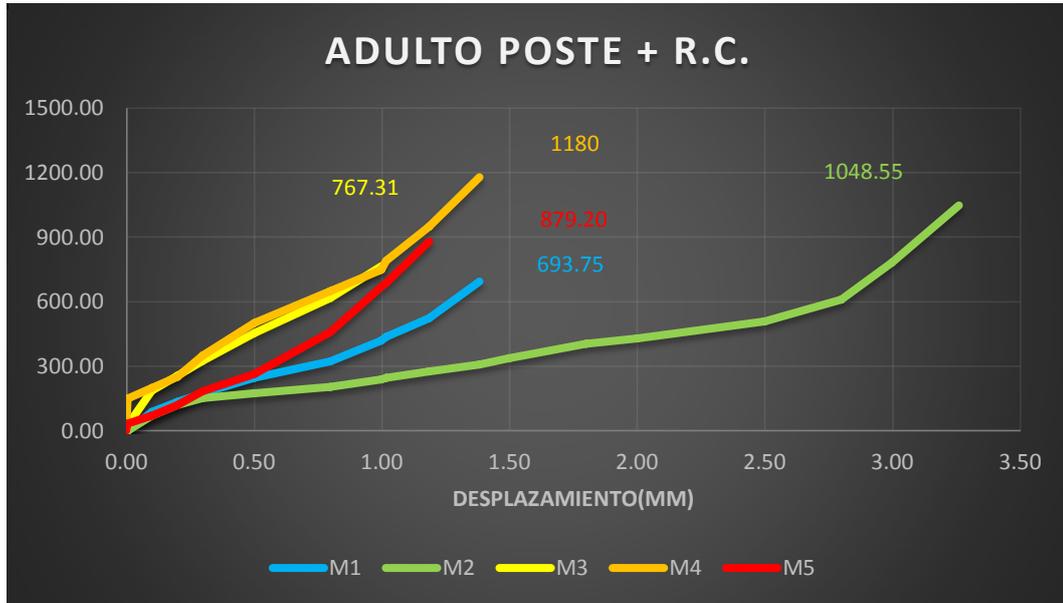


Gráfico N° 19: representación de las curvas hasta la fractura de cada una de las muestras del Grupo 2.3

Grupo 2.4 Reconstrucción con Incrustación Cerámica se observa un valor máximo de fractura a 1594 Nw y mínimo a 1015 Nw con una media de 1260,80 Nw.(Gráfico N°20)

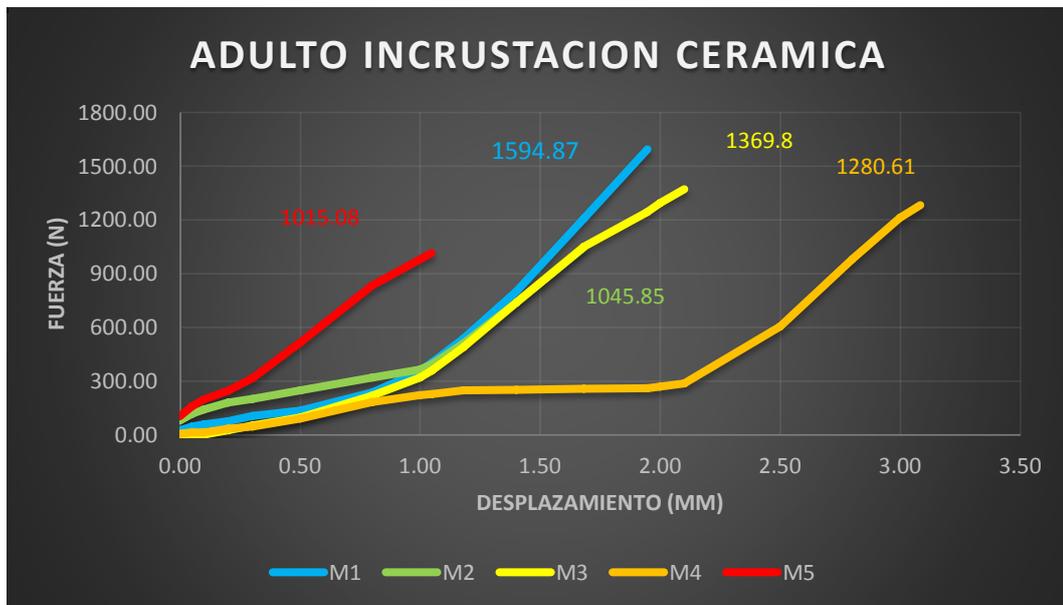


Gráfico N° 20: representación de las curvas hasta la fractura de cada una de las muestras del Grupo 2.4

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis estadístico ANOVA de una vía y a posteriori se realizaron contrastes ortogonales para valorar los resultados de la variable dependiente Newton en relación a los grupos estudiados.

Los resultados obtenidos se expresan en las tablas N° 16, 17 y 18 y gráfico N°21.

Resultados de la Variable Newton (Nw)

Grupos Etarios	Newton					p-valor (ANOVA)
	Media	E.E.	Mín	Máx	Mediana	
AIC	1260,80	107,16	1015,00	1594,00	1280,00	0,0057
AR ^(a)	1021,00	158,58	564,00	1497,00	983,00	
APRC ^(b)	916,00	88,78	694,00	1180,00	879,00	
AC	1475,80	256,63	920,00	2341,00	1563,00	
JIC	1263,40	78,67	1063,00	1527,00	1285,00	
JPRC ^(b)	1767,60	148,14	1422,00	2192,00	1853,00	
JR ^(a)	1548,60	273,15	1003,00	2503,00	1402,00	
JC	1833,80	171,96	1389,00	2384,00	1857,00	

Tabla 16. Valores resúmenes estadísticos de la variable dependiente Newton en relación a los grupos estudiados. Modelo ANOVA (newton= μ +grupos etarios), a posteriori se realizaron contrastes ortogonales; (a) p-valor=0,0399; (b) p-valor=0,0016.

Valores máximos de Fractura

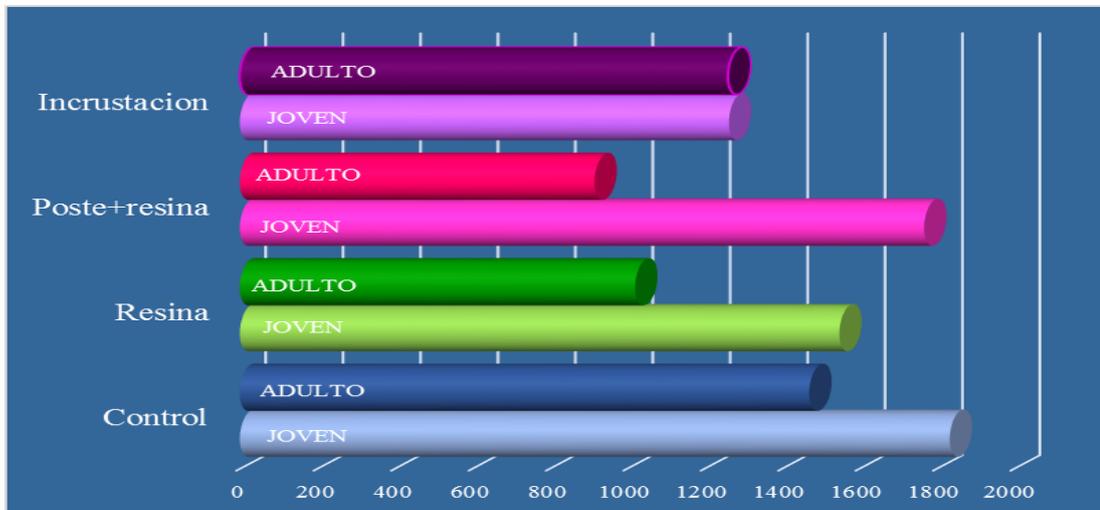


Gráfico N°21: Representación de los valores promedio de fractura. Se aprecia la mayor resistencia en general de los dientes jóvenes. Se observa la amplia diferencia entre los modelos jóvenes y adultos de los subgrupos Resinas Compuestas (verdes) y Postes + Resinas compuestas (Rojos).

En la tabla N°16 se observa un resumen de los valores obtenidos donde se destaca la similitud entre las medias y medianas lo que habla de una simetría de las muestras estudiadas.

No se evidenciaron diferencias significativas en los valores máximos de fractura comparando los distintos tipos de restauración entre sí y con el subgrupo control dentro de cada grupo etario. Al contrastar los valores obtenidos entre cada grupo etario, se observó que el Grupo 1 joven presentó valores promedio de resistencia mayores que el Grupo 2. El subgrupo 1.2- Resinas Compuestas joven presentó una resistencia a la fractura significativamente mayor que el subgrupo 2.2- Resinas Compuestas en adulto ($p=0,0399$). El subgrupo 1.3-Postes con Resinas Compuestas joven mostró una resistencia a la fractura significativamente mayor que el subgrupo 2.3-Postes con Resinas Compuestas adulto ($p=0,0016$). En los dos subgrupos restantes las diferencias entre jóvenes y adultos no fueron significativas.

En relación a la Fuerza máxima de fractura Media según edad y grupo medida en Nw, se observa que los valores generales medios en jóvenes fueron mayores que en adultos, es decir que en general los dientes jóvenes mostraron una mayor resistencia a la fractura que los adultos.

La explicación para este suceso está en que los materiales en general, a medida que se van fragilizando, en el caso de la dentina por mayor aposición de matriz inorgánica son más susceptibles a las fallas. En realidad no es que la dentina tenga menor resistencia a la tracción o compresión sino que se fracturan antes por la presencia de microgrietas en esa fase, que funcionan como concentradores de tensión que generan dislocaciones y favorecen la propagación de las grietas. La presencia de túbulos grandes con dentina hipermineralizada actúan frenando la propagación de la grieta tal como ocurre por ejemplo en las resinas compuestas con los distintos tamaños de partículas. En un estudio realizado con microsonda Edax hemos comparado la composición de la dentina superficial y profunda en dientes jóvenes y adultos, los resultados mostraron que la proporción calcio fósforo se mantiene constante en una relación de 35 - 47% en Jóvenes y de 34 - 45% en adultos.

El análisis estadístico entre los valores máximos de resistencia a la fractura obtenidos en los distintos subgrupos del grupo Joven no arrojó diferencias significativas.(Tabla N°17)

El análisis estadístico entre los valores máximos de resistencia a la fractura obtenidos en los distintos subgrupos del grupo Adulto no arrojó diferencias significativas.(Tabla N°18)

Grupo	Joven				p-valor ANOVA
	Media	E.E.	Mín.	Máx.	
Control	1833,8	171,96	1389	2384	0,1544
Resina Compuesta	1548,6	273,15	1003	2503	
Poste + Resina Compuesta	1767,6	148,14	1422	2192	
Incrustación Cerámica	1263,4	78,67	1063	1527	

Tabla 17. Valores resúmenes estadísticos de la variable dependiente Newton en relación a los grupos estudiados. Modelo ANOVA; p-valores < 0,05 indican significación estadística.

Grupo	Adulto				p-valor ANOVA
	Media	E.E.	Mín.	Máx.	
Control	1475,8	256,63	920	2341	0,1188
Resina Compuesta	1021	158,58	564	1497	
Poste + Resina Compuesta	916	88,78	694	1180	
Incrustación Cerámica	1260,8	107,16	1015	1594	

Tabla 18. Valores resúmenes estadísticos de la variable dependiente Newton en relación a los grupos estudiados. Modelo ANOVA; p-valores < 0,05 indican significación estadística.

Modo de Fractura

Una vez que el sistema colapsa y se produce la fractura, se evaluó el remanente dentario y su posibilidad de reconstrucción por medios protéticos.

Se clasifica en:



Figura 35

Tipo I: Fractura coronaria hasta el límite Amelocementario.(Fig.35)

Tipo II: Fractura hasta 2 mm hacia apical del límite amelocementario.(Fig.36)

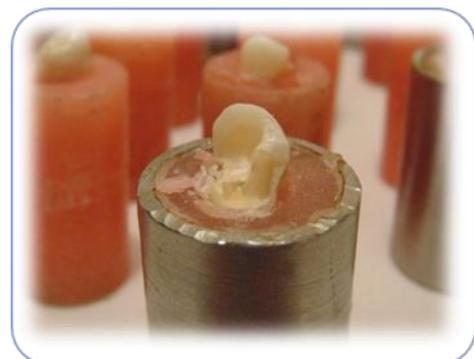


Figura 36



Figura 37

Tipo III: Fractura que sobrepasa más de 2 mm hacia apical del límite amelo-cementario exponiendo la cavidad del conducto.(Fig. 37)

Los resultados generales muestran que las fracturas tipo 1 se presentaron mayormente en dientes sanos y en 1 incrustación cerámica, en dientes reconstruidos con resinas las fracturas fueron mayormente tipo 3, en los reconstruidos con poste y resinas fueron principalmente tipo 2 mientras que las reconstruidas con incrustaciones fueron tipo 1 un caso, y luego repartidas entre tipo 2 y 3.

En Jóvenes las fracturas Tipo 1 se presentaron en dientes íntegros en un 60% y en Incrustación 20%, las fracturas Tipo 2 fueron las que se presentaron con mayor asiduidad un 40% en Integro, 40% en Reconstruidos con Resinas, 100% de los Reconstruidos con Postes y Resinas Compuestas y 40% de los Reconstruidos con Incrustaciones; las fracturas Tipo 3 se observaron en un 60% de los Reconstruidos con Resinas y 40% de los Reconstruidos con Incrustaciones Cerámicas.(Tabla N°19 y gráfico N°22)

Tipos de Fractura en Jóvenes

JOVENES					
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5
Control	2	1	1	2	1
Resina	3	3	2	2	3
Poste+Resina	2	2	2	2	2
Incrustación	3	3	1	2	2

Tabla N° 19: Tipos de fractura de cada una de las muestras en dientes Jóvenes.

En Adultos las fracturas Tipo 1 se presentaron en dientes íntegros en un 100%, las fracturas Tipo 2 se produjeron un 20% en Reconstruidos con Resinas Compuestas, 80% de los Reconstruidos con Postes y Resinas Compuestas y 40% de los Reconstruidos con Incrustaciones Cerámicas; las fracturas Tipo 3 se observaron en un 80% de los Reconstruidos con Resinas, 20% de los Reconstruidos con Postes y Resinas Compuestas y 60% de los Reconstruidos con Incrustaciones Cerámicas. (Tabla N°20 y gráfico N°22)

Tipos de Fractura de Adultos

ADULTOS					
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5
Control	1	1	1	1	1
Resina	2	3	3	3	3
Poste+Resina	3	2	2	2	2
Incrustación	3	2	3	3	2

Tabla N° 20: Tipos de fractura de cada una de las muestras en dientes Adultos

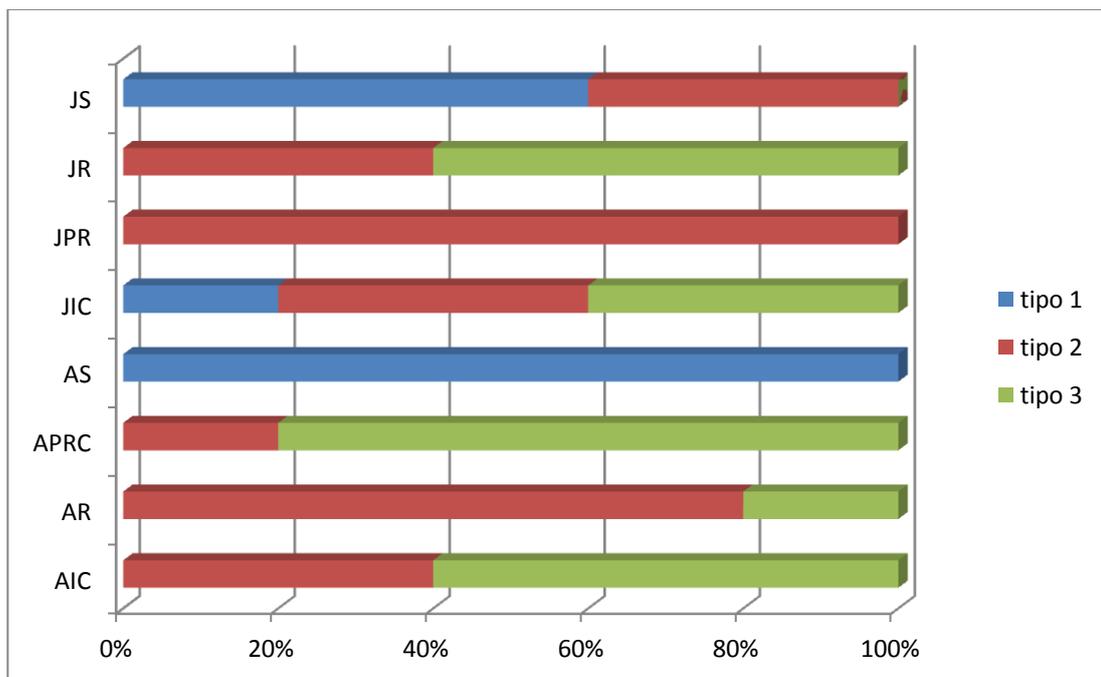


Gráfico N°22- Frecuencias absolutas y relativas en % de pacientes con diferentes tipos de fracturas en cada grupo etario y de tratamiento estudiado.

DISCUSIÓN

La restauración de los elementos con tratamiento de conductos despierta controversias en cuanto a las técnicas y materiales a emplear y representa un verdadero desafío al profesional en la práctica diaria.

Queral, R³ en 2006 sostiene que la realización de un tratamiento endodóntico no necesariamente está asociada a una destrucción coronaria amplia, por lo que la restauración o reconstrucción del elemento tratado no podrá realizarse por un único medio, con una única técnica y con un único material.

Las características morfológicas de la dentina cambian a lo largo de la vida del diente dependiendo de los estímulos a los que es sometido, estos cambios originan un mayor depósito de dentina con la consiguiente disminución de la luz de los túbulos dentinarios y de la cámara pulpar.

Luí (1994)²², Hornbrooks - Hastings (1995)²³, concordaron en que con el advenimiento de las últimas generaciones de agentes de unión a dentina, de resinas de cementación y materiales de restauración, los dientes con endodoncia pueden ser reconstituidos y reforzados en forma conservadora.

En reportes clínicos retrospectivos realizados por Pashley DH⁷ y Tamse L.²⁴ encontraron que los premolares fueron los más frecuentemente fracturados. Trope M²⁵ concluyó que la resistencia a la fractura en premolares que recibieron tratamiento de endodoncia era significativamente mayor cuando los dientes eran restaurados con resinas compuestas colocadas intracoronalmente luego del grabado ácido.

Hay coincidencia en que el diente que por distintas causas ha perdido una porción de su estructura debe ser reconstruido y reintegrado a la función normal de la cavidad bucal, lo que genera discusión es cuál es la alternativa más conveniente a aplicar en cada caso.

Baino MA y Fernandez Bodereau E⁴⁴ observaron que cuanto mayor remanente coronario se conserve y menor número de interfases se realicen, mayor será la resistencia a la fractura, menor deformación y menor filtración marginal.

La presencia de lesiones de caries proximales en primeros premolares superiores que obligan a un tratamiento endodóntico es una situación clínica frecuente en la práctica diaria de consultorio. Por lo general son lesiones ubicadas hacia apical de la relación de contacto y extendidas en sentido vestibulo-lingual, el escaso ancho mesio-distal del diente hace que esta lesión afecte la pulpa dentaria generando una pulpitis.

El propósito de este trabajo fue determinar el comportamiento de distintos métodos de restauración post endodoncia en primeros premolares superiores con un remanente coronario de tres paredes, observando la resistencia y modo de fractura en dientes jóvenes y adultos.

Edad

En el diente y tejidos de sostén se producen cambios constantes con el paso del tiempo y por los estímulos recibidos durante las funciones y parafunciones que pueden generar un envejecimiento prematuro. En el diagnóstico debe ser considerada no sólo la edad cronológica sino también el envejecimiento del diente producido por estos factores.

Cochran DL⁴⁸ sostiene que con el paso de los años no sólo se producen cambios en la estructura interna del diente sino también en las estructuras que lo rodean, la reducción del hueso alveolar puede ocurrir fisiológicamente con la edad. Sougajam Vijay y col.⁴⁹ analizaron con Elementos Finitos distintas alturas de hueso cortical y determinaron que la altura del hueso es un factor determinante en la distribución del estrés y en la estabilidad del diente. Coincidiendo con esto, en este trabajo se observó mediante el análisis con Elementos Finitos que las zonas de mayor concentración de tensiones se presentaron en el punto de contacto con el antagonista, luego se distribuye uniformemente siguiendo una dirección hacia apical y vestibular concordante con la dirección de la fuerza. En el tercio cervical vestibular, a nivel de la cresta ósea vestibular simulada, se observó una segunda zona de tensión máxima aunque de menor valor que la oclusal.

La migración hacia apical de la cresta ósea generada por una enfermedad periodontal, bruxismo o la edad dejan al descubierto una porción mayor del elemento dentario aumentando la fuerza de palanca y con ellos la posibilidad de que se presenten lesiones. Las zonas de tensión migran hacia apical junto con la cresta ósea.

En los Ensayos Mecánicos de Fractura se observa que los valores generales medios en jóvenes fueron mayores que en adultos, es decir que en general los dientes jóvenes mostraron una mayor resistencia a la fractura que los adultos mientras que en el Análisis con Elementos Finitos la comparación general entre estos grupos muestra una diferencia de solo un 1%.

La explicación para esta diferencia está en que los materiales en general, a medida que se van fragilizando, en el caso de la dentina por mayor aposición de matriz inorgánica, son más susceptibles a las fallas. En realidad no es que la dentina tenga

menor resistencia a la tracción o compresión sino que se fracturan antes por la presencia de microgrietas en esa fase, que funcionan como concentradores de tensión que generan dislocaciones y favorecen la propagación de las grietas. Este cambio gradual en las características internas del material no han podido ser replicadas en los Análisis con Elementos Finitos.

En los Ensayos Mecánicos de Fractura, el grupo control Joven mostró una resistencia promedio de 1834 Nw mientras que el grupo control adulto presentó una media de 1476 Nw esta diferencia no es significativa. Comparando los grupos Reconstrucción con Resina Compuesta en Joven (1549 Nw) y en Adulto (1021 Nw) los resultados muestran una diferencia significativa con $p=0,0399$. Comparando los grupos Reconstrucción con Postes y Resina Compuesta en Joven con una media de 1767, 6 Nw y en Adulto de 916 Nw, estos resultados muestran una diferencia significativa amplia con $p=0,0016$. Los grupos Reconstrucción con Incrustación Cerámica arrojaron resultados promedio muy similares, 1260,80 Nw en adultos y 1263, 40 Nw en jóvenes.

Espesor de las paredes remanentes

La preservación de las estructuras dentarias es uno de los objetivos de la odontología. El espesor de las paredes remanentes es determinante al momento de seleccionar la técnica y material de restauración.

Scotti N⁵⁰ reportó que dientes con espesores de paredes mayores a 2 mm reconstruidos con resinas compuestas soportadas con postes de fibra de vidrio alcanzaron una resistencia a la fractura satisfactoria.

Panitvisai P.⁵¹ y Steele A.⁵² resaltaron el hecho de que el ancho de la preparación del diente favorece la fractura de estos a nivel cervical de tal manera que la cavidad MOD es considerada el peor de los casos en términos de resistencia a la fractura.

En este trabajo se han evaluado tres alternativas de reconstrucción para primeros premolares superiores, con endodoncia y un remanente de tres paredes de 3 mm de espesor a nivel cervical.

Todos los ensayos arrojaron resultados favorables para todas las alternativas estudiadas ya que en todos los casos los valores promedio de fractura fueron superiores a los 900 Nw.

El espesor de las paredes debe ser determinado a nivel de tercio cervical de la corona, próximo a la cresta ósea que es la zona de mayor concentración de tensiones según los resultados obtenidos en el análisis con Elementos Finitos. En caso de reabsorción ósea la medición del espesor de la pared debe trasladarse hacia apical.

Tipo de reconstrucción

Las reconstrucciones con resinas compuestas, postes de fibra de vidrio y resinas compuestas e incrustaciones cerámicas son las alternativas frecuentemente utilizadas para la solución de la situación clínica analizada. Las opiniones sobre cuál de ellas ofrece mejor pronóstico a largo plazo son variadas.

Siso SH⁵³ concluye que en premolares superiores con endodoncia y cavidades MOD las reconstrucciones adhesivas con resinas compuestas con grabado total y técnica de adhesión en dos pasos aumentaron significativamente la resistencia a la fractura de las cúspides vestibulares en comparación con una técnica adhesiva de un paso independientemente de si se instalaron o no postes de fibra de vidrio o zirconio.

Yanyu M⁵⁴ sostiene que independientemente del uso de postes de fibra de vidrio, las restauraciones con resinas reforzadas con fibras proveen una mayor resistencia a la fractura en premolares con endodoncia y cúspides palatinas debilitadas comparadas con las técnicas de restauración directa convencionales.

Fokkinga WA⁵⁵ determinó que los premolares superiores con daños severos y tratamiento de conducto restaurados completamente con resinas compuestas directas sin postes tienen una resistencia a la fractura similar comparados con aquellos en los que se colocaron distintos tipos de postes, por lo que sugieren que los postes no serían necesarios.

Yashwanth G⁵⁶ concluye que la inserción de postes de fibra de vidrio no refuerzan el complejo restauración-diente.

Aws H Atiyah BDS⁵⁷ analizó la resistencia a la fractura de premolares superiores con cavidades MOD y endodoncia restaurados con diferentes tipos de resinas compuestas, llegando a la conclusión de que éstas son un buen material de restauración intermedio hasta tanto se realice un recubrimiento completo.

Sarabi N y col.⁵⁸ observaron que las reconstrucciones directas con composite tienen una resistencia a la fractura significativamente mayor que las incrustaciones de resinas compuestas o cerámicas. Estos resultados son similares a los obtenidos en este trabajo donde las restauraciones directas con resinas compuestas presentaron una resistencia a la fractura mayor que las reconstrucciones con Incrustaciones cerámicas en dientes jóvenes mientras que en adultos las incrustaciones cerámicas presentaron valores promedio mayores que las reconstrucciones con resinas compuestas aunque en estos casos estas diferencias no fueron significativas.

Los resultados del análisis con Elementos Finitos y de los ensayos de carga no mostraron diferencias significativas en cuanto a los valores de resistencia a la fractura

comparando los tres tipos de reconstrucciones propuestas dentro de cada grupo etario investigado.

Modo de fractura

El análisis del modo de fractura tiene como finalidad evaluar la probabilidad que tiene un diente, una vez colapsada la reconstrucción seleccionada, de ser recuperado. Este análisis adquiere especial relevancia si se tiene en cuenta que los ensayos de resistencia a la fractura referidos anteriormente coinciden en que no hay diferencias significativas entre los distintos tipos de reconstrucciones post endodónticas.

Jayshree H⁵⁹ observó que las propiedades del material de los postes influyen en la distribución de las tensiones siendo favorable cuando dos sustancias de módulo elástico similar se aproximan y concluye que los postes de fibra al tener características mecánicas similares a la de la estructura dentinaria ayudan a absorber golpes, disipando el estrés en la restauración terminada transmitiendo fuerzas leves a las paredes dentarias lo que hace que al fracturarse, éstas puedan ser restauradas nuevamente.

Scotti N⁵⁰ llegó a la conclusión de que con paredes residuales de un espesor mayor a 2 mm pueden realizarse tratamientos como restauraciones con resinas compuestas soportadas con postes de fibra que son menos invasivos y proveen suficiente resistencia a la fractura producida por las cargas oclusales.

Pradeep K⁶⁰ en un estudio con Elementos Finitos observó que las zonas de máxima tensión se localizaron a nivel de la región cervical en los dientes con postes de fibra de vidrio y resinas compuestas, por lo tanto, la fractura se induce en esta zona del diente restaurado lo que permite la reparación posterior.

En coincidencia con esto Bessone L y Fernandez Bodereau E⁶¹ determinaron que los postes de fibra de vidrio afectan favorablemente la distribución de las cargas en dentina y esto está directamente relacionado con el módulo de elasticidad del poste. El comportamiento del diente restaurado con postes de fibra de vidrio es similar al del diente natural ya que distribuye uniformemente el estrés. Pradeep K⁶⁰ agrega que la concentración de fuerzas disminuye cuanto mayor es el diámetro y longitud del poste.

Para Jayshree H⁵⁹, la reconstrucción post endodóntica utilizando postes con un módulo de elasticidad mayor que el de la dentina es capaz de causar un estrés peligroso y heterogéneo en el canal dentinario alterando el comportamiento biomecánico natural del diente con la consiguiente generación de fracturas radiculares,

recomendando el uso de postes de fibra de vidrio que tienen un módulo de elasticidad similar a la dentina.

Según Belwalkar VR⁶², la pérdida de retención ha sido citada como la causa más común de falla de las restauraciones post tratamiento con consecuencias irreversibles cuando materiales de diferente composición están en íntimo contacto como es el caso del poste y el sistema de adhesión. La combinación de un tratamiento químico previos de la superficie seguido por la silanización aumentan de manera significativa la fuerza de adhesión en la interfase poste-adhesivo.

En oposición a esto, Yanyu M y col.⁵⁴ observaron que el mayor porcentaje de fracturas desfavorables se presentaron en los grupos Reconstrucción con Poste de Fibra de Vidrio + Resinas Compuestas en un 80% de los casos analizados y en el caso de las Resinas Compuestas en un 50% de los casos vistos. Otros, como Fokkinga WA y col.⁵⁵ han demostrado que la colocación de postes de fibra no produce ninguna mejora en el modo de fallo de premolares superiores y como Yashwanth. G y col.⁵⁵ concluyeron en que los patrones de fractura fueron desfavorables en todos los casos. Memon S⁶³, sostiene que no hay mejor material que el propio diente y para demostrar esto evaluó mediante estudio con Elementos Finitos el comportamiento de postes de fibra y postes de dentina observándose que el estrés en el área cervical de la dentina fue mayor cuando se usaron postes de fibra de vidrio en comparación con los postes de dentina.

El modo de fractura de este trabajo determinó que las reconstrucciones con Resinas Compuestas tienen un 70% de probabilidad de sufrir fracturas desfavorables tipo 3 (sobrepasa 2 mm hacia apical del límite amelocementario y porción central) y un 30% de pronóstico dudoso tipo 2 (hasta 2 mm apical del límite amelocementario), las reconstruidas con incrustaciones cerámicas un 50% de probabilidad de fracturas tipo 3, 40% tipo 2 y 10% tipo 1 (coronaria hasta el límite amelocementario) finalmente las reconstruidas con postes de fibra y resinas compuestas presentaron fracturas de tipo 2 en un 90% de los casos y tipo 3 en un 10%.

Actualmente han surgido resinas reforzadas con fibras de vidrio que están en estudio, según Abdulkadir S y col.⁶⁴ no observaron diferencias significativas con los composites tradicionales. Navimipour J y col.⁶⁵ demostraron que las restauraciones realizadas con composites reforzados con fibra de vidrio aumentan la resistencia a la fractura de dientes tratados endodónticamente y presentaron un modo de fractura favorable.

Oskoe PA⁶⁶ y Garoushi S.⁶⁷ han llegado a la conclusión de que las restauraciones de Composite Reforzados con Fibra (FRC) pueden aumentar significativamente la

resistencia a la fractura por un aumento de la resistencia a la flexión de toda la estructura.

Todas las alternativas de reconstrucción analizadas en esta investigación presentaron una resistencia a la fractura aceptable, por encima de los valores máximos de fuerza, aunque por las limitaciones de los métodos de análisis no pudo ser evaluada la fatiga de los materiales producida por el ciclaje mecánico de la cavidad bucal en el tiempo. El hecho de que los grupos control hayan sido dientes aparentemente íntegros y los resultados de las reconstrucciones han sido confrontadas con éstos nos da cierta seguridad en los resultados finales.

La edad es un factor poco tenido en consideración en las bibliografías consultadas, un ejemplo de esto es que para realizar el análisis con Elementos Finitos de la dentina adulta se debió primero determinar su módulo elástico ya que éste no había sido definido en estudios anteriores. Creemos que la edad es un factor fundamental a tener en cuenta al momento de realizar el diagnóstico de un diente y de seleccionar la técnica y materiales adecuados para su tratamiento.

También se observa que las Reconstrucciones con postes de fibra y resinas compuestas fueron las que, después de los grupos control, mostraron menos fracturas tipo 3, lo que supone un pronóstico favorable para realizar una reconstrucción coronaria total.

En los últimos años se presentaron resinas compuestas que llevan incluidas en su matriz fibras de vidrio, lo que aportaría una mayor resistencia elástica y un comportamiento similar a la dentina. Es necesario estudiar y valorar estos nuevos materiales, solos o combinados con postes de fibra de vidrio.

Los resultados de este trabajo permitirían distintas alternativas de restauración para esta situación clínica particular, a sabiendas de que pueden existir en la clínica factores que no hayan sido evaluados en este trabajo como ser las parafunciones y malos hábitos.

CONCLUSIONES

Método de Análisis con Elementos Finitos

- En Jóvenes, los valores de Tensión de Von Mises obtenidos en el análisis de las tres alternativas de reconstrucción en relación al diente íntegro muestra que la alternativa Reconstrucción con Poste y Resinas Compuestas es la que muestra una mayor similitud en el comportamiento con el premolar íntegro.
- En Adultos la respuesta de las tres alternativas de reconstrucción y el diente íntegro fueron similares.
- El comportamiento del modelo Reconstrucción con Poste y Resinas Compuestas en relación al diente íntegro mostró valores similares en jóvenes y adultos. Si se tiene en cuenta la gran dificultad que existe en determinar la edad del diente, en relación al envejecimiento de la dentina, esta previsibilidad lo torna como una buena alternativa de elección.
- Las zonas de mayor concentración de tensiones se observó en el modelo completo en el punto de contacto con las cúspides antagonistas y una vez distribuida en el interior del diente, estas tensiones se concentraron en el tercio cervical de la pared vestibular coincidente con la cresta ósea.

Método de Ensayo Mecánico de Carga

- En los ensayos mecánicos se produjeron un mayor número de fracturas de las paredes vestibulares, coincidentes con las zonas de mayor tensión observadas en el ensayo con Elementos Finitos.
- Los dientes Jóvenes presentaron en general una resistencia a la fractura mayor que los Adultos. Las Reconstrucciones con Resinas Compuestas y Reconstrucciones con Postes y Resinas Compuestas jóvenes mostraron valores de resistencia a la fractura significativamente mayores que los adultos, demostrando que la edad influye en la respuesta mecánica de los sistemas evaluados.
- No hubo diferencias significativas entre las tres alternativas de reconstrucción y con el diente íntegro dentro de los grupos estudiados. Todas las alternativas de reconstrucción son viables.

Modo de Fractura

-En general se puede concluir que la tendencia de los elementos Reconstruidos con Resinas Compuesta es a la fractura tipo 3 en un 70% de los casos, los Reconstruidos con Poste y Resinas Compuestas tienden a fractura tipo 2 en un 90% de los casos y los Reconstruidos con Incrustaciones Cerámicas tienen una tendencia a la fractura tipo 1-2 en un 50% de los casos.

- En relación a la edad, las fracturas tipo 3 se presentaron principalmente en adultos. Los dos métodos de análisis utilizados en esta investigación demostraron que no hay diferencias significativas entre las distintas alternativas de reconstrucción analizadas entre sí y con el grupo control. En general los dientes jóvenes mostraron una mayor resistencia a la fractura que los adultos siendo significativa en los grupos resinas compuestas y postes con resinas compuestas. Finalmente el modo de fractura mostró una mayor previsibilidad en las reconstrucciones con postes de fibra de vidrio y resinas compuestas.

Los resultados de esta investigación permitirían contar con distintas alternativas de restauración para esta situación clínica particular, a sabiendas de que pueden existir en la clínica factores que no hayan sido evaluados como ser las parafunciones y malos hábitos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod.* 1989 Nov; 15(11):512-6.
2. Polesel A. Il restauro conservativo del dente singolo posteriore trattato endodonticamente. *G Italiano Endod.* Apr 2011 (25): 3-21.
3. Queralt R, Durán-Sintreu F, Ribot J, Roig M. Manual de endodoncia. Parte 4. Patología pulpo-periapical. *Rev. Oper. Dent. Endod.* 2006; 5:24.
4. Sorensen J A, Engelman M J. Effect of post adaptation on fracture resistance of endodontically treated teeth. *J. Prosthet dent.* 1990; 64:419-24.
5. Mjor IA, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Arch Oral Biol.* 1996; 41: 401-12.
6. Garberoglio R, Brannstrom N. Scanning electron microscopic investigation of human dental tubules. *Archives of Oral Biology* 1976; 21(6): 355-62.
7. Pasley DH. Dentin: a dynamic substrate – a review scanning microscopy. 1989; 3(1): 161-76.
8. Cagidiaco MC, Ferrari M, Vichi A. Mapping of tubule and inter-tubule surface area available for bonding in class V and class II preparation. *J Dent.* 1997; 25: 379-89.
9. Barrancos Money. *Operatoria dental, Técnica y clínica.* Ed. Médica Panamericana S.A. 1ª Ed. 4ª reimpresión; 1991.
10. Denely GE, Torney DL. Internal enamel reinforcement thought micromechanical bonding. *J Prosthet Dent.* 1976; 36(2): 171-175.
11. Santos AC, Meiers JC. Fracture resistance of premolars with MOD amalgam restorations lined with amalgam bond. *Operative Dentistry.* 1994; 19(1): 2-6.
12. Deliperi S. Direct Fiber-reinforced composite restoration in an endodontically-treated molar: a three year case report. *Op. Dent.* 2008; 33-2, 209-14.
13. Habekost L, Camacho GB, Azevedo EC. Fracture resistance of thermal cycled and endodontically treated premolars with adhesive restorations. *J. Prosthet Dent.* 2007 Sep; 98(3):186-92.
14. Lovdahl PE, Nicholls JL. Pin Restored amalgam cores v/s cast-gold dowel cores. *J Prosthet Dent.* 1997; 38: 507-14.
15. Sorensen JA. Presentation of tooth structure. *J Calif Dent Assoc.* 1988; 16:15-22.
16. Assif D, Bitenski A, Pilo R, Orel E. Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crow. *J Prosthet Dent.* 1993; 69: 36-40.

-
17. Asmussen E. Elastic limit and strength of newer types of endodontically posts. *J. Dent.* 1999; 27:275-8.
 18. Sirimai S. An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulp less teeth restored with six post and core systems. *J. Prosthet Dent.* 1999; 81:262-9.
 19. Soares PV, Santos-Filho PC, Martins LR. Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part I: fracture resistance and failure mode. *J Prosthet Dent.* 2008 Jan; 99(1):30-7.
 20. Goncalves LA, Vansan LP, Paulino SM. Fracture resistance of weakened roots restored with a transilluminated post and adhesive restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2006 Nov; 96(5):339-44.
 21. Nakabayashi N. Pashley DH. Hybridization of dental hard tissues. 1 st ed. Tokio, Japan: Quintessence Publishing; 1998: 82-3.
 22. Lui JL: Composite resin reinforcement of flared canal using light transmitting plastic post. *Quintessence Int.* 1994; 25: 313-319.
 23. Hornbrook DS. Hastings JH. Use of bondable reinforcement fiber for post and core built-up an endodontically treated tooth: maximizing strength and aesthetics. *Pract. Periodontics Aesthetics Dent.* 1995; 7: 33-42.
 24. Tamse A. Fuss Z. Lustig I. Kaplavi I. An evaluation of endodontically treated vertically fractured teeth. *J Endod* 1999; 25: 506-8.
 25. Trope M. Tromstad L. Resistance to fracture of endodontically treated premolars restored with glass ionomer cement or acid etch composite resin. *J Endod* 1991; 17(6): 257-9.
 26. Gibbs CH, Maham PE, Manderli A. Limits of human bite strength. *J Prosthet Dent.* 1986; 56:226-9.
 27. Scott J, Ash MMJr. A six channel intra-oral transmitter for measuring occlusal forces. *J. Prosthet Dent.* 1966; 16-56.
 28. Misch CE. *Implantología Contemporánea.* Cap. 7 "Factores de Fuerzas relacionados con el estado del paciente". Edit. Elsevier. 3ª Ed. España; 2009: 91
 29. Waltimo A, Kônönen M. A novel bite force recorder and maximal isometric bite force value for healthy young adults. *Scand. J Dent.Res.* 1993; Jun 10(3): 171-5.
 30. Alonso A, Albertini J, Bechelli J: *Oclusión y diagnóstico en Rehabilitación Oral.* 1ª Ed. 4ª reimp. Edit. Médica Panamericana; 2004.
 31. Canalda Sahli C. *Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas.* Edit Elsevier 2ª ed. 2006; 354.
-

-
32. Borgia B. Restauraciones Indirectas Adheridas Posteriores. Cap. 12 Adhesión en Odontología Restauradora. Ed. MAIO 1º; 2003.
 33. Dietschi D. Recent trends in esthetic restorations for posterior teeth. *Quintessence Int.* 1994; 25:659-77.
 34. Dumbrigue HB, Al-Bayat MI. Influence of remaining coronal tooth structure location on the fracture resistance of restored endodontically treated anterior teeth. *J Prosthet Dent.* 2006 Apr; 95(4):290-6.
 35. St.Georges AJ, Studervant JR, Swift EJ Jr. Fracture resistance of prepared teeth restores with bonded inlays restorations. *J Prosthet Dent.* 2003 Jun; 89(6):551-7.
 36. Hannig C, Westphal C, Becker K. Fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars restored with CAD/CAM ceramics inlays. *J Prosthet Dent.* 2005 Oct; 94(4):342-9.
 37. Hajizadeth H, Namazikhah MS, Moghaddas MJ. Effect of posts on the fracture resistance of load-cycled endodontically-treated premolars restored with direct composite resin. *J. Contemp Dent Pract.* 2009 May 1; 10(3):10-7.
 38. Nothdurft FP, Seidel E, Gebhart F. The fracture behavior of premolar teeth with class II cavities restored by both direct composite restorations and endodontic post systems. *J Dent.* 2008 Jun; 36(6):444-9.
 39. Mohammadi N, Kahnamoii MA, Yeganeh PK. Effect of fiber post and cusp coverage on fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars directly restored with composite resin. *J Endod.* 2009 Oct; 35(10):1428-32.
 40. Plotino G, Buono L, Grande NM. Fracture resistance of endodontically treated molars restored with extensive composite resin restorations. *J Prosthet Dent.* 2008 Mar; 99(3):225-232.
 41. Newman MP, Yaman P, Dennison J. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite post. *J Prosthet Dent.* 2003 Apr; 89(4):360-7.
 42. McLaren JD, McLaren CL, Yaman P. The effect of post type and length on the fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 2009 Mar; 101(3):174-82.
 43. Varvara G, Perinetti G, Di Lorio D. In vitro evaluation of fracture resistance and failure mode of internally restored endodontically treated maxillary incisors with differing heights of residual dentin. *J Prosthet Dent.* 2007 Nov; 98(5):365-72.
 44. Baino MA. Análisis por elementos finitos de primeros premolares restaurados con sistemas de endopostes. Tesis doctoral. Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina; 2007.
-

-
45. Naumann M, Metzdorf G, Fokkinga W. Influence of test parameters on in vitro fracture resistance of post-endodontic restorations: a structured review. *J Oral Rehabil.* 2009 Apr; 36(4):299-312.
 46. Figun y Garino. *Anatomía Odontológica Funcional y Aplicada.* Edit. El Ateneo 1997; 234-7
 47. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG. The balanced force concept for instrumentation of curved canals. *J Endod.*1985; 11:203-211.
 48. Cochran DL. Inflammation and bone loss in periodontal disease. *J. Periodontology* 2008; 79(8 Suppl): 1569-76.
 49. Sougajam Vijay S. Stress distribution of posts on the endodontically treated teeth with and without bone height augmentation: A three-dimensional finite element analysis. *J.Conserv. Dent.* 2015 May-Jun; 18(3): 196-9.
 50. Scotti, N. Influence of adhesive techniques on fracture resistance of endodontically treated premolars with various residual wall thicknesses. *J. Prosthet. Dent.* 2013 Nov; 110(5):376-382.
 51. Panitvisai P, Messer HH. Cuspal deflection in molars in relation to endodontic and restorative procedures. *J Endod.* 1995; 21: 57-61.
 52. Steele A, Johnson BR. In vitro fracture strength of endodontically treated premolars. *J Endod.* 1999; 25:6-8.
 53. Siso SH. Fracture resistance of the buccal cups of root filled maxillary premolar teeth restored with various techniques. *Int. Endod.J.*2007; 40:161-8.
 54. Yanyu M. Fracture resistance of palatal cusps defective premolars restored with Polyethylene fiber and composite resin. *Dental Materials Journal.* 2016; 35(3): 498–502.
 55. Fokkinga WA. Ex vivo fracture resistance of direct crowns with and without post on maxillary premolars. *Int. Endod. J.* 2005; 38: 230-7.
 56. Yashwanth G. Fracture resistance of endodontically treated premolars with direct resin restoration using various corono-radicular retentive techniques: An in-vitro study. *Endodontology.*2012; 82-9.
 57. *Aws H. Atiyah, BDS.* Fracture resistance of endodontically treated premolars with extensive MOD cavities restored with different composite restorations (An In vitro study. *J Bagh College.* 2014; Vol. 26(1): 7-15.
 58. Sarabi N, Taji H, Jalayer J, Ghaffari N, Forghani M. Fracture Resistance and Failure Mode of Endodontically Treated Premolars Restored with Different Adhesive Restorations. *J Dent Mater Tech.* 2015; 4(1): 13-20.

-
59. Jayshree H. An in vitro evaluation of fracture strength of endodontically treated teeth with simulated flared root canals restored with different post and core systems. *J. Conserv. Dent.* 2012 Jul-Sep; 15(3): 223-7.
 60. Pradeep K, Nageswar R. Three-dimensional finite element analysis of stress distribution in a tooth restored with metal and fiber posts of varying diameters: An in-vitro study. *J Conserv Dent.* 2015 Mar-Apr; 18(2): 100-4.
 61. Bessone L, Fernandez E. Evaluation of different post systems: finite element method. *Int. J. Odontostomat.* 2010; 4(3):229-236.
 62. Belwalkar VR. Comparison of the effect of shear bond strength with silane and other three chemical presurface treatments of a glass fiber-reinforced post on adhesion with a resin-based luting agent: An in vitro study. *Contemp Clin Dent.* 2016; Apr-Jun 7(2):193-197.
 63. Memon S. Three-dimensional finite element analysis of the stress distribution in the endodontically treated maxillary central incisor by glass fiber post and dentin post. *J. Indian Prosthodont Soc.* 2016; Jan-Mar, 16(1):70-4.
 64. Abdulkadir S. Effect of a new restoration technique on fracture resistance of endodontically treated teeth. *Dental Traumatology.* 2008; 24(2):214-9.
 65. Navimipour Jafari, E. Fracture Resistance of Endodontically-treated Maxillary Premolars Restored with Composite Resin along with Glass Fiber Insertion in Different Positions. *J. Dent. Res.* 2012; 6(4):125-30
 66. Oskoe PA, Ajami AA, Navimipour EJ, Oskoe SS, Sadjadi J. The effect of three composite fiber insertion techniques on fracture resistance of root-filled teeth. *J Endod* 2009; 35:413-6.
 67. Garoushi S, Lassila LV, Tezvergil A, Vallittu PK. Load bearing capacity of fiber-reinforced and particulate filler composite resin combination. *J Dent* 2006; 34:179-84.