



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ESCUELA DE POSGRADO

**“ANÁLISIS DE LA FLEXIBILIDAD DE LOS DIFERENTES
TIPOS DE FÉRULAS. PRESENTACIÓN DE UN NUEVO
MODELO”**

TESISTA:

OD. VALENTINA ULVER DE BELUATTI

DIRECTOR:

PROF. DR. RODOLFO ESTEBAN ÁVILES

CÓRDOBA, 2000



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 Córdoba
Facultad de Odontología

**“ANÁLISIS DE LA FLEXIBILIDAD DE LOS
DIFERENTES TIPOS DE FÉRULAS.
PRESENTACIÓN DE UN NUEVO MODELO”**

**Trabajo de Tesis
Od. VALENTINA ULVER DE BELUATTI**

2000

DIRECTOR DE TESIS:
Dr. RODOLFO ESTEBAN AVILA

Profesor Adjunto Dedicación exclusiva:

- *Prof. Encargado. Cátedra de Histología, Embriología y Genética*
- *Prof. Encargado. Cátedra de Informática Médica
Facultad de Ciencias Médicas
Universidad Nacional de Córdoba*

TRIBUNAL SEGÚN RESOLUCIÓN H.C.D. N° 88/98:

Dr. ALFREDO BASS PLUER

Dr. JOSÉ ATILIO PALMA

Dra. RENÉ ALTHAPARRO DE GONZALEZ

Dr. RICARDO BACHUR (Res. N° 36/99 mr.)

La inagotable fuerza de Dios...

El Señor, el Dios eterno,
El Creador de todo el universo,
No se fatiga ni se cansa;
Su inteligencia es infinita.
Él da fuerzas al cansado,
Y al débil aumenta su vigor.
Hasta los jóvenes
pueden cansarse y fatigarse,
Hasta los más fuertes
llegan a caer,
pero los que confían en el Señor
tendrán siempre nuevas fuerzas
podrán volar como las águilas;
correrán y no se cansarán,
caminarán y no se fatigarán...

Isaías 40:28-31.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia:

A mis abuelos, quienes ni pensaban en algo similar; tratando de sobrevivir durante la segunda guerra mundial o preparando la tierra para la siembra...

A mis padres, auténticos inmigrantes. Mamá, que supo inculcarme su tenacidad y el valor del esfuerzo. Papá, que sin darse cuenta, me enseñó a enfrentar la vida...

A mi esposo Daniel, por su gran amor y su apoyo...

A mis hijos, con todo mi amor...

A mis hermanos, porque cada uno me impulsó con su afecto.

A todos mis sobrinos, que me inspiran con la fuerza de su futuro...

A mis padres políticos Teresa y Elso, siempre dispuestos a colaborar...

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de odontología de la Universidad Nacional de Córdoba, por la formación que me dio y sigue dándome.

Al director, Prof. Dr. Rodolfo Avila, que sin conocerme me apoyó desde el comienzo. Por su estímulo, sus atinados consejos y su permanente amistad.

A los integrantes de la Comisión Asesora, quienes con su experiencia, me guiaron hasta la culminación de este trabajo.

A mi familia, que me brindó su apoyo para crecer sin reclamos.

Al Prof. Dr. J. O. Andreasen quién sin saberlo me condujo al estudio de los traumatismos dentarios.

A todos los integrantes del L.I.A.D.E. (Laboratorio de Investigación Avanzada de Electrónica). A su director, el Ing. Ricardo Taborda por sus conocimientos, su amplitud y su paciencia. A la Facultad de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales (U.N.C.), que brindo las instalaciones, laboratorios y profesionales para la realización interdisciplinaria de este trabajo.

Al Ing. Electrónico Germán Pineda, hacedor práctico del sistema de medición. Por su apoyo, esfuerzo y amistad.

A la Prof. Dra. María Elena Samar, por su aporte crítico y valiosa asistencia.

A mis compañeros de consultorio, por su constante apoyo y colaboración.

A mis compañeros de la Cátedra de odontopediatría “B”, que me acompañaron con entusiasmo.

A la Ing. Agrónoma Laura González por su colaboración en la evaluación estadística y sugerencias.

Al personal de la Biblioteca de la Facultad de Odontología, por el extraordinario apoyo en la búsqueda bibliográfica.

A los pacientes que contribuyeron a la realización del estudio.

A mis amigos, por compartir mi alegría.

A todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron en la concreción de esta tesis...

Gracias...

CERTIFICACIONES

INTRODUCCIÓN

TRAUMATISMOS DENTARIOS

El trauma dental ha sido y continúa siendo una causa frecuente de consultas de emergencia en odontología 30,41,68,71,92,113. Responde a múltiples causas con impacto en la zona oral por caídas, actividad deportiva, violencia familiar, accidentes automovilísticos, asaltos, peleas, enfermedades, etc. 126,229. Cada circunstancia es única, pero existen protocolos de atención específicos para cada tipo de lesión en particular que cada profesional odontólogo debe conocer para actuar con la premura y exactitud que el tratamiento de estos casos requiere 51,52,147,178,181,213,214,225,226.

También existen factores predisponentes como: protrusión dentaria, over jet aumentado, labio superior corto, incompetencia labial o hábitos 29.

Los tejidos de sostén del diente pueden ser afectados de diferentes maneras por la cinética del trauma bucomaxilofacial.

Uno de los atributos más importantes de los seres vivos es la capacidad de reparar sus propios tejidos. Es decir, cuando de alguna manera sufren daño por la acción de una fuerza, tienen la capacidad de responder accionando mecanismos reparadores.

Los procesos de cicatrización responden con una serie de eventos secuenciales e integrados, que requieren de la acción de células especializadas, factores de crecimiento, mediadores inflamatorios, moléculas de adhesión celular y componentes de la matriz extracelular. La evolución está regulada por interacciones célula-célula y célula-sustancias extracelulares 156,167. La diferencia con una herida en piel o mucosa radica esencialmente en la presencia de una superficie avascular, que es la superficie dentaria, calcificada, rígida; con múltiple variedad de tejidos involucrados, consideraciones funcionales únicas y constantes cambios fisicoquímicos de la cavidad oral 3,14,47,67,69,79,81,101,111,117. La evolución más favorable no se compara con la conservación de la integridad original de los tejidos. La prevención es la mejor herramienta de salud en traumatismos dentarios; a través de la educación y técnicas directas de prevención en actividades o deportes de riesgo, como son el uso de protectores bucales, cinturón de seguridad, casco, etc. 176,201.



TEJIDOS DE SOSTEN DEL DIENTE

A. Normalidad

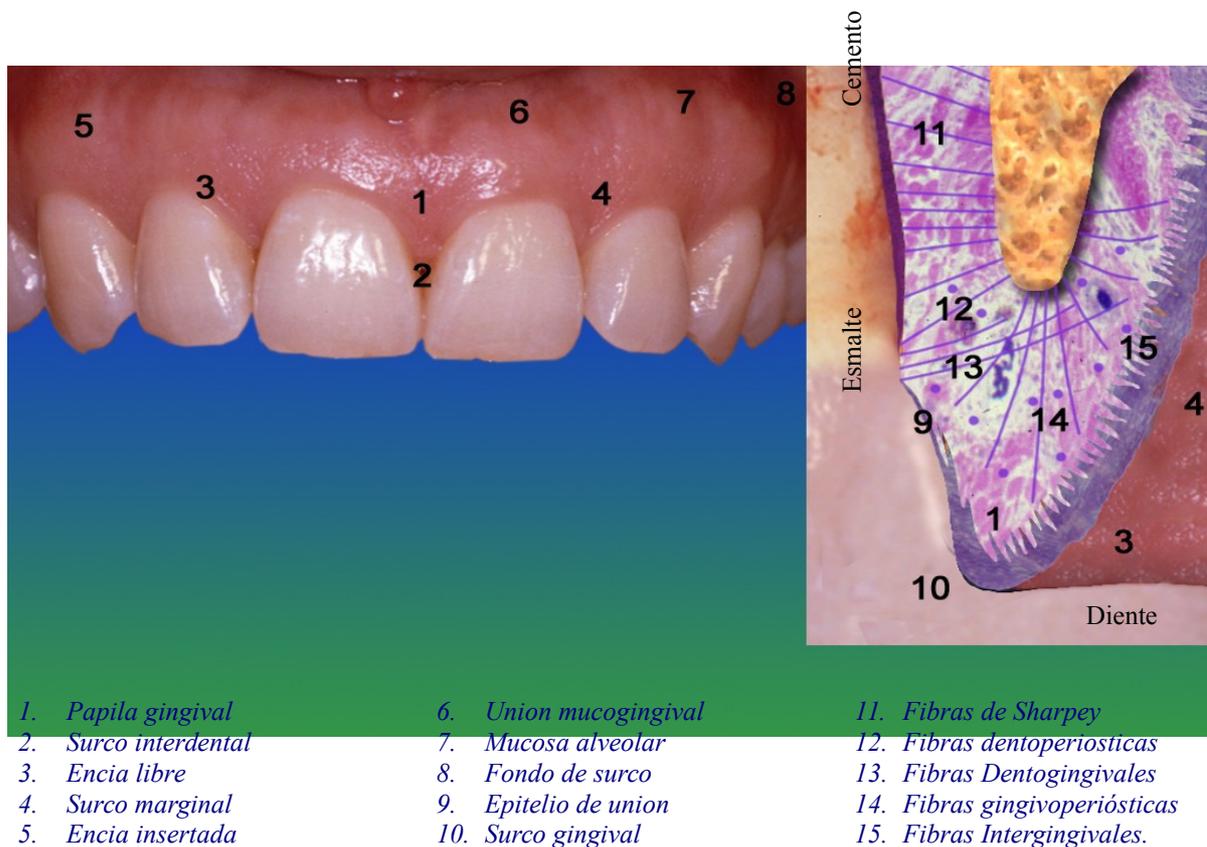


Figura 2

B. Normalidad, lesión y reparación tisular

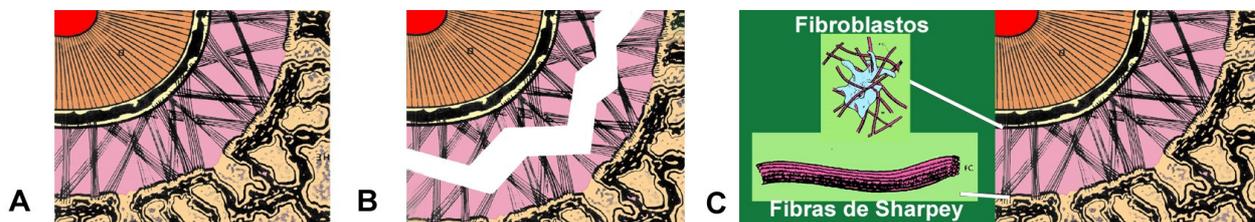
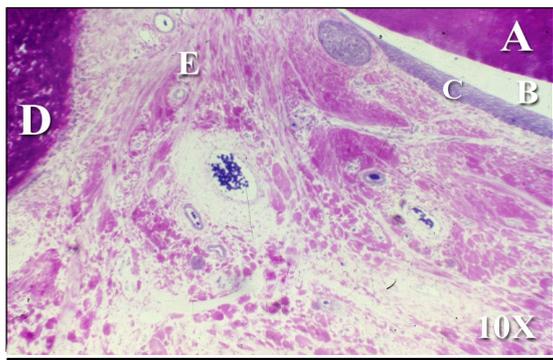
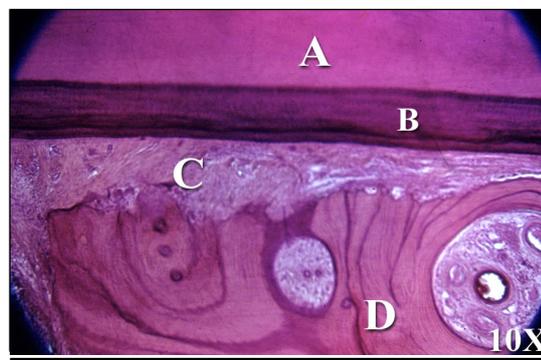


Figura 3

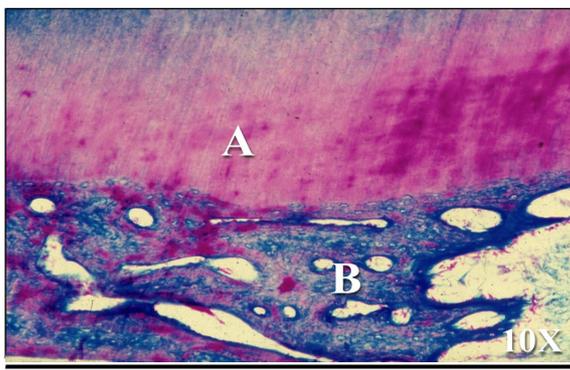
C. Cortes histológicos



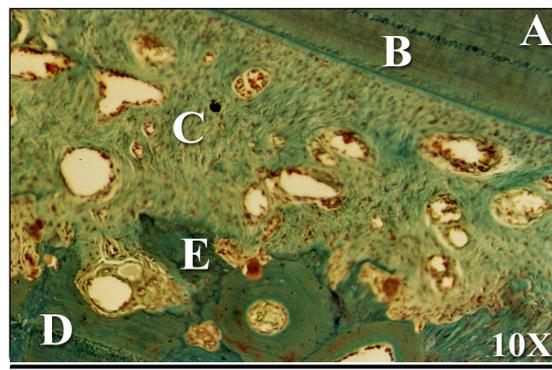
A. Dentina B. Esmalte C. Epitelio de union
D. Hueso alveolar E. Colágeno supracrestal.
Microfotografía de corte a nivel del epitelio
de unión.
Técnica de coloración: Azul de Toulidina.



A. Dentina B. Cemento C. Ligamento periodontal
D. Hueso. Microfotografía mostrando zona
redicular.
Técnica de coloración: Hematoxilina-eosina.



A. Dentina B. Hueso. Microfotografía que muestra
una zona de anquilosis radicular.
Técnica de coloración: Azul de toulidina.



A. Dentina B. Cemento C. Ligamento periodontal
D. Hueso alveolar E. Frente de reabsorción con
células óseas invadiendo el espacio periodontal.
Técnica de coloración: Tricrómica de Masson.

Gentileza del Prof. Dr. Ricardo Parodi – Cátedra de Periodoncia “A” – Facultad de Odontología - UNC

Figura 4

Cicatrización tisular: se produce una reacción secuencial que consta de las siguientes etapas:

- **Inflamación:**

Hay una respuesta vascular y celular como respuesta a la ruptura de vasos sanguíneos y activación de los procesos de coagulación y agregación plaquetaria. Aumenta la permeabilidad de la pared de los vasos y las propiedades de adhesión de las células endoteliales. Se forma un coágulo extravascular de fibrina por precipitación de proteínas plasmáticas. Células como los polimorfonucleares neutrófilos invaden tempranamente el coágulo y lo mantienen aséptico. Luego aparecen los macrófagos, que al liberar moléculas biológicamente activas, reclutan las restantes poblaciones celulares necesarias para la regeneración, como son fibroblastos y endotelios.

- **Tejido de granulación:**

Los fibroblastos y los endotelios inician a los tres o cuatro días la formación de un tejido de granulación que contiene una densa población de macrófagos, fibroblastos y gran cantidad de vasos nuevos. Los fibroblastos forman una matriz inmadura de colágeno, fibrina, fibronectina, proteoglicanos y glicosaminoglicanos. Durante esta etapa algunos fibroblastos y células mesenquimáticas perivasculares se diferencian en un fenotipo especial, el miofibroblasto, rico en filamentos de actina y con propiedades contráctiles. Esta fibronectina es esencial para el depósito de colágeno y como molécula de adhesión celular.

- **Matriz extracelular:**

Se produce una especie de fibroplasia y factores de crecimiento celular derivados de las plaquetas y macrófagos estimulan la formación de fibroblastos que sintetizan el colágeno. La fibronectina juega un papel importante asistiendo el movimiento celular de los fibroblastos.

- **Remodelación:**

Es la etapa final de la cicatrización y continúa progresivamente por meses. Se trata de un mecanismo activo de síntesis y degradación de colágeno mediada por proteasas.

Los eventos tempranos de cicatrización en la interfase dento-gingival fueron estudiados por Wiskesjö 234, usando bloques dentarios implantados en rebordes alveolares cubiertos por encía en modelos animales.

Lo primero en observarse son eritrocitos entremezclados con un precipitado de proteínas plasmáticas con cierta adhesión a la superficie dentaria. Horas más tarde la matriz se organiza con la formación de un coágulo de fibrina. Después de un día las células predominantes son los polimorfonucleares neutrófilos en mayor cantidad cerca de la superficie dentaria. Gradualmente la fibrina se va disponiendo de forma fibrilar en el coágulo uniéndose al tejido conectivo y a la superficie dentaria. Comienza también la degradación de eritrocitos.

La formación de tejido de granulación, puede observarse a los tres días aproximadamente. Hay presencia de macrófagos y fibroblastos simultáneamente. Se va degradando el coágulo de fibrina con predominio de células inflamatorias.

A los siete días el sitio está dominado por fibroblastos inmersos en una matriz de tejido de granulación. Las primeras fibras de colágeno inmaduro se organizan paralelas a la superficie dentaria. Esta proximidad primaria habla de mecanismos específicos de adhesividad involucrados.

A los 14 días, las fibras ya más organizadas, muestran un orden y disposición que permite evidenciar una inserción física a la superficie dentaria y la formación de nuevo cemento. Recién

después de dos semanas se logra una interfase dento-gingival con suficiente resistencia a la tensión que se produce normalmente durante las praxias orales.

Posteriormente llega la regeneración epitelial en función de una migración e inserción a través de hemidesmosomas y membrana basal.

La reparación o restitución de los tejidos dañados debe ser monitoreada cuidadosamente por el profesional.

El proceso de cicatrización posibilita una restitución completa sin dejar secuelas (restitución ad integrum) o puede reemplazar el tejido lesionado por un tejido fibroso de reparación. Puede ocurrir de primera intención cuando la lesión es prolija y permite planos bien adosados de cicatrización, u ocurrir por segunda intención en aquellos casos con amplias brechas y gran pérdida de sustancia.

Además los procesos reparativos pueden ser influenciados por numerosos factores entre los cuales podemos citar la edad del paciente, estado de salud general ³², enfermedades sistémicas, nutrición, niveles endocrinos, aporte sanguíneo, movilidad, magnitud del daño tisular, presencia de cuerpos extraños, higiene o infección sobreagregada. Cualquiera de estos factores puede alterar el curso evolutivo de los tejidos dañados ^{36,37,98,177,193,218,222}.

La pulpa y el ligamento periodontal son los tejidos más afectados durante el trauma dental. Su evolución (Figura 5), dependerá de cada individuo, de cada caso en particular y de las muy diversas técnicas terapéuticas específicas implementadas.

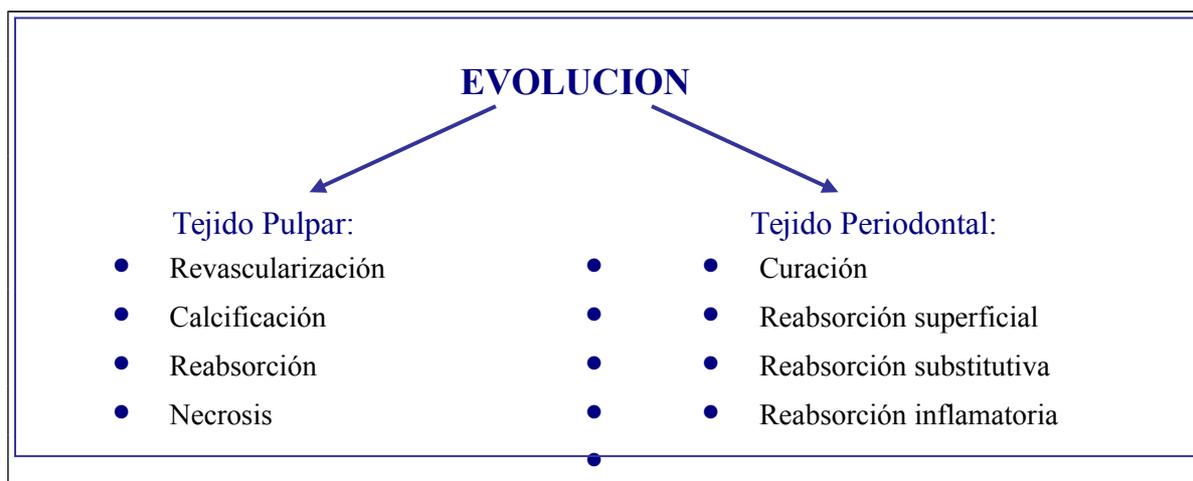


Figura 5

El tejido pulpar que colabora en un primer momento en la formación radicular en conjunto con la vaina radicular de Hertwig, asume luego su función protectora y reparadora ante los diversos estímulos. Así, de acuerdo a la edad y magnitud del daño, el profesional actuante puede elegir entre una amplia gama de posibilidades terapéuticas; que van desde una protección directa o indirecta de la pulpa, tratamientos pulpares parciales, la colocación de pastas alcalinas, tratamientos totales de convencionales o especiales ^{43,65,106}.

El tejido periodontal afectado puede evolucionar favorablemente o dar lugar a complicaciones tisulares conocidas 6,47,48,128,129,143,145,180,185,196,205,212,224,232,244 como son:

Reabsorción superficial :

Es el resultado de pequeñas lesiones en la capa más interna del ligamento periodontal, lo que genera un ataque osteoclástico superficial de la raíz dentaria. Es reversible y la cicatrización se inicia desde el ligamento periodontal adyacente, quedando a veces según el tamaño, pequeñas marcas de zonas de reabsorción rodeadas por ligamento periodontal normal que pueden evidenciarse radiográficamente.



Figura 6

Reabsorción substitutiva:

Se genera cuando se lesiona ampliamente la capa interna del ligamento periodontal y el cemento. Aquí el hueso adyacente participa también en la cicatrización resultando en reabsorción radicular substitutiva por tejido óseo, desapareciendo el ligamento periodontal intermedio. Puede ser transitoria o permanente. Es decir, pequeñas zonas de anquilosis pueden romperse con la funcionalidad del sistema masticatorio o continuar reabsorbiendo en forma gradual toda la raíz substituyéndola por tejido óseo.



Una visión radiográfica mostrará en estadios iniciales, obiteración del espacio del ligamento periodontal y más tardíamente la substitución total. *Figura 7*

Reabsorción inflamatoria:

Un profundo ataque osteoclástico expone los túbulos dentinarios que ponen en comunicación bacterias de origen pulpar produciendo una reacción inflamatoria muy activa; que no se detiene sin un tratamiento endodóntico que elimine el componente bacteriano. Radiográficamente es fácilmente evidenciable por marcadas zonas radiolúcidas.

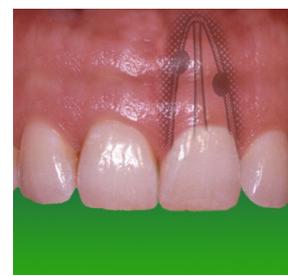


Figura 8

La cicatrización y formación de nuevo cemento reparador en las zonas afectadas, está directamente relacionada con la presencia de restos epiteliales de malazas; que se encuentran en forma de ramilletes celulares aislados de reserva 72,198.

Clasificación de lesiones traumáticas:

Seguindo la Clasificación del Dr. Jens O. Andreasen 12, podemos ordenar las lesiones traumáticas de la siguiente manera:

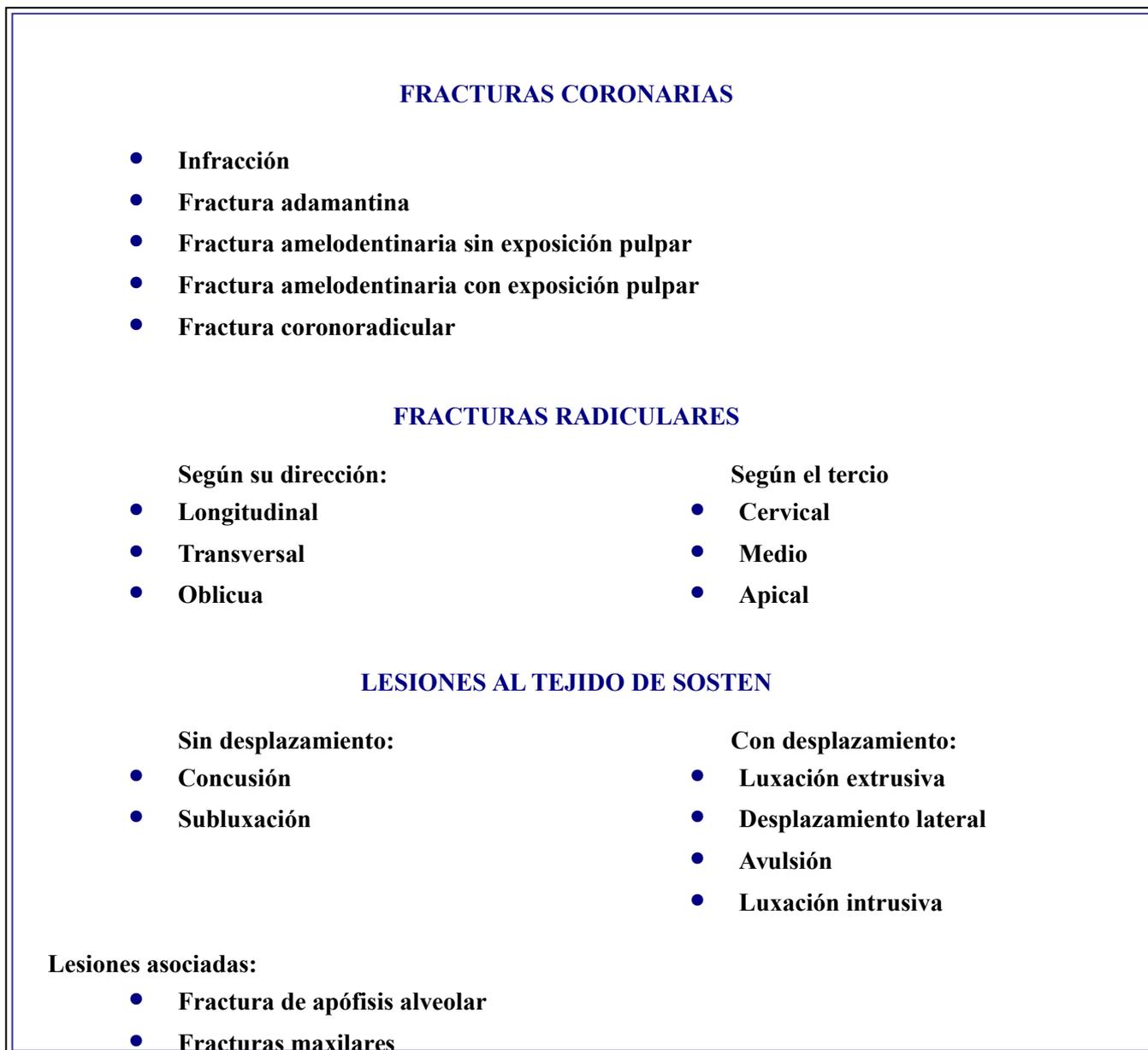


Figura 9

Lesiones Traumáticas

Coronarias



Infracción



Adamantina



Amelodentinarias/e.p.



Amelodentinariac/e.p.



Estallidocoronario

Lesiones del tejido desostén



Fracturacoronaradicular



Concusión



Subluxación



Luxación Extrusiva



Desplazamiento lateral



Luxación Intrusiva



Avulsión



Fracturaradiculares/despl.



Fracturaradicularc/despl.

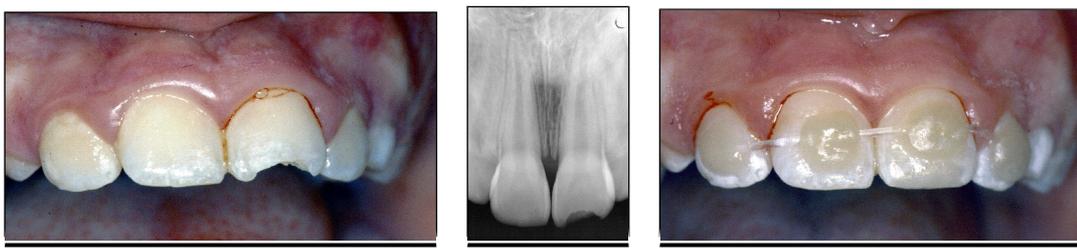


Fract.apófisisalveolar

Lesiones traumáticas con movilidad que necesitan fijación:

La nómina de lesiones que a continuación se detallan, van acompañadas por la ilustración de un caso clínico para su mayor comprensión. Destacamos en ellas, sólo el elemento con la lesión correspondiente; recordando que es infrecuente la presentación de una única lesión aislada en traumatismos dentarios.

- **Subluxación:** aflojamiento anormal del diente por ruptura de algunas fibras, lo que ocasiona un sangrado característico a nivel del surco gingival y determina un aumento en la movilidad. El tratamiento es limitado y de naturaleza paliativa, mientras no se presenten signos patológicos adicionales. La ferulización, es optativa y determinada por el clínico según el grado de movilidad y riesgo 35,154.



A. Subluxación del elemento 21, con fractura coronaria y sangrado del surco gingival.

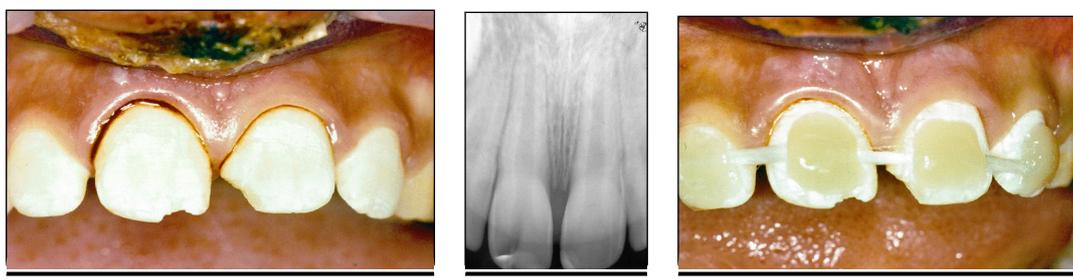
B. Exámen radiográfico: no hay desplazamiento del diente.

C. Ferulización con hilo de Nylon Y puntos de resina compuesta.

Figura 11

- **Luxación extrusiva:** desplazamiento parcial del diente hacia fuera del alvéolo siguiendo su dirección axial. El diente sobrepasa el plano oclusal con gran aumento de movilidad, por ruptura de todas, o casi todas las fibras periodontales. Además, habrá lesión pulpar por ruptura del filete vásculo-nervioso a nivel apical; cuando la luxación exceda los límites elásticos del tejido pulpar. Se debe reposicionar el diente en su alvéolo digitalmente si el traumatismo es inmediato o con fuerzas ortodóncicas si fuera mediato; y estabilizarlo durante el período de cicatrización 82.

Luxación extrusiva con reubicación digital



A. Luxación extrusiva leve del elemento 11 con fractura coronaria.

B. Exámen radiográfico: Leve aumento del espacio periodontal.

C. Ferulización con cordón de fibra óptica y puntos de resina compuesta.

Figura 12

Luxación extrusiva con reubicación ortodéncica



A. Luxación extrusiva del elemento 21 en un paciente adulto con antecedentes de traumatismo previo.

B. Exámen radiográfico: se observan signos de reabsorción radicular previa y aumento del espacio periodontal.

C. Reubicación del diente con fuerzas ortodéncicas.

Figura 13

- Luxación intrusiva:** impulsión del diente dentro del alvéolo por un impacto de dirección axial. El diente queda trabado dentro del hueso comprimiendo el alvéolo y clínicamente se presenta por debajo del plano oclusal. Se produce el daño máximo a la pulpa y los tejidos de sostén. Los mecanismos de curación son complicados y están en relación a la magnitud de la lesión y el grado de desarrollo radicular 90. Básicamente hay tres opciones terapéuticas a implementar:
 1. Esperar una re-erupción espontánea en caso de dientes inmaduros.
 2. Reposicionamiento quirúrgico inmediato y fijación, para dientes maduros.
 3. Reubicación ortodéncica extrusiva, para dientes maduros o inmaduros que no muestran signos de re-erupción.



A. Lesión intrusiva completa de los elementos 21 y 22. Opción terapéutica 2: reposicionamiento quirúrgico de los elementos en el plano oclusal.

B. Exámen radiográfico: Avulsión de 11 y 22 con ausencia de espacio periodontal.

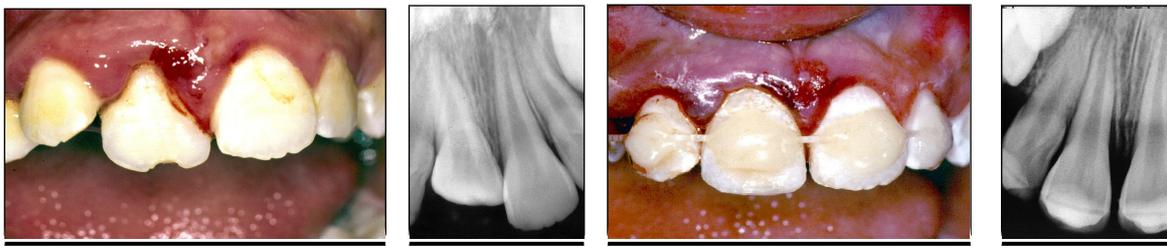
C. Reubicación quirúrgica de 21-22 con fórceps.

D. Rx. Post Reubicación quirúrgica.

Figura 14

- **Desplazamiento lateral:** desplazamiento parcial del diente en dirección diferente de su eje axial, con ruptura de fibras periodontales y lesión de la pulpa; generalmente con compromiso de la cavidad alveolar. Se generan zonas de tensión y presión según estén traccionadas o comprimidas las fibras periodontales y el apice del diente generalmente se traba no permitiendo movilidad alguna. Realizamos la reubicación destrabando primero el ápice, para colocar luego el diente en su posición natural y debido a la movilidad resultante, se feruliza 76,82,86,

Desplazamiento lateral leve



A. Desplazamiento lateral leve del elemento 11 hacia palatino, con traba apical en tabla vestibular.

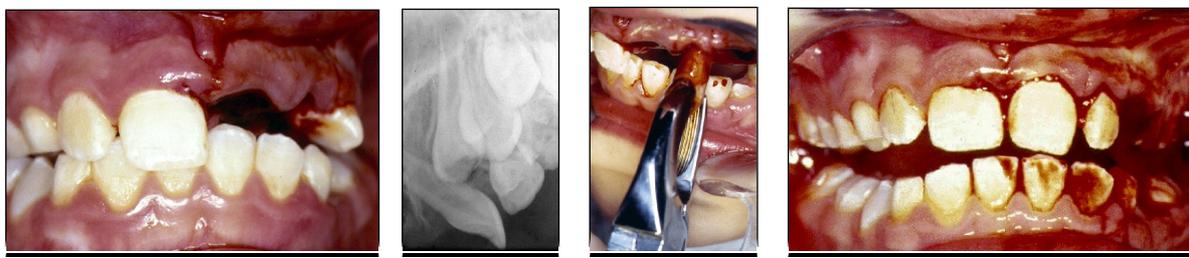
B. Exámen radiográfico: elemento 11 fuera de alineación en el arco con aumento de espacio periodontal en zonas de tracción.

C. Ferulización con hilo de Nylon y puntos de resina compuesta luego de la reubicación digital del diente en el arco.

D. Rx. Post ferulización mostrando la reubicación correcta del elemento en su alvéolo.

Figura 15

Desplazamiento lateral marcado



A. Desplazamiento lateral marcado del elemento 22, Con fuerte traba palatina del ápice del diente.

B. Exámen radiográfico: muestra la dirección del desplazamiento

C. Reubicación quirúrgica del diente con fórceps.

D. Elemento 22 reubicado con fórceps y 21 reubicado digitalmente (post avulsión).



E. Ferulización con malla metálica en dentición mixta, con brecha desdentada.

F. Rx. Periapical post ferulización mostrando posición.

Figura 16

- **Luxación total, avulsión o exarticulación:** dislocación del diente con ruptura total del paquete vasculo-nervioso y las fibras periodontales. El diente es expulsado totalmente fuera de su alvéolo. El manejo clínico-terapéutico está en relación a las maniobras de emergencia que se hayan implementado, integridad del diente, grado de contaminación, desarrollo, medio y tiempo de conservación extralveolar

El tratamiento de elección es el reimplante aún cuando el pronóstico sea pobre; a menos que existan contraindicaciones específicas de compromiso médico u ortodóncico.

Existen diferentes protocolos de manejo del diente avulsionado según los aspectos ya mencionados, con un denominador común que es la necesidad de ferulizar el diente durante los procesos de cicatrización; pero sin dificultar o impedir la llegada de las células reparadoras tan necesarias 12,15,16,17,18,,26,27,35,38,39,42,56,57,71,73,77,83,84,100,115,129,133,134,135,140,143,146,148,151, 152, 165,166, 179, 191,208,215,217,231.

Podemos implementar dos opciones terapéuticas:

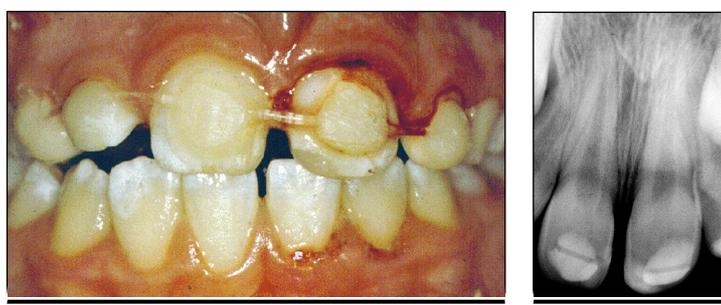
1. Reimplante inmediato: siguiendo pautas clásicas esenciales como reubicación digital, ferulización liviana, de corta duración, con cobertura antibiótica y antitetánica sistémica promoviendo la curación normal.
2. Reimplante a distancia: atendiendo a consideraciones especiales como preparación del alvéolo, lavado y preparación del diente, reubicación, ferulización semirígida (por más tiempo), cobertura antibiótica y antitetánica sistémica buscando una curación por anquilosis. Esta es la única manera de lograr la permanencia del diente en boca; ya que estamos frente a la pérdida total de ligamento periodontal y vitalidad pulpar.



A. Avulsión del elemento 21 con ápice abierto y reubicación inmediata en el lugar del accidente. Excelente pronóstico.

B. Caso clínico al momento de la consulta. El diente está en una posición correcta en la arcada; pero con gran movilidad.

C. Exámen radiográfico: muestra la ubicación correcta del diente en su alvéolo.

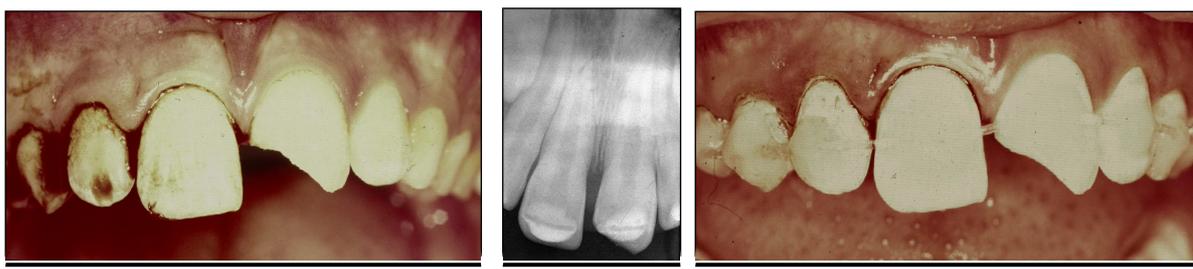


D. Elemento 21 ferulizado con hilo de nylon y puntos de resina compuesta..

E. Exámen radiográfico: post ferulización.

Figura 17

Reimplante inmediato en el consultorio



A. Reimplante inmediato en consultorio del elemento 11, con ápice aún abierto.

B. Exámen radiográfico post ferulización
Figura 18

C. Ferulización con hilo de nylon y puntos de resina compuesta.

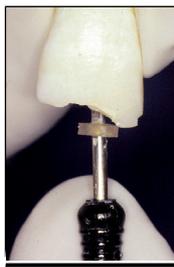
Reimplante a distancia



*A. Reimplante a distancia:
Caso clínico de avulsión del elemento
21.*



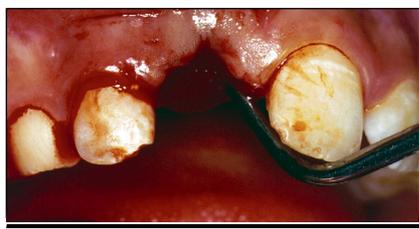
*B. Exámen
radiográfico:
alvéolo vacío del
elemento 21.*



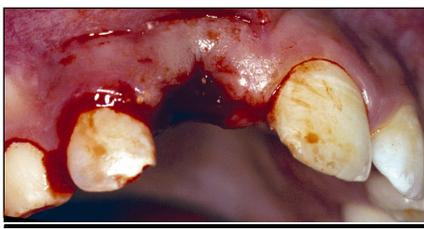
*C. Preparación
endodóntica
previa del diente
en mano.*



*D. Fluoración del diente
previa al reimplante.*



*E. Preparación quirúrgica del
alvéolo.*



F. Alvéolo receptor preparado.



*G. Reimplante con reubicación
digital.*



*H. Elemento 11 preparado y reimplantado
en su alvéolo.*



*I. Ferulización con hilo de nylon,
material que no es el más indicado,
pero disponible en ese momento.*



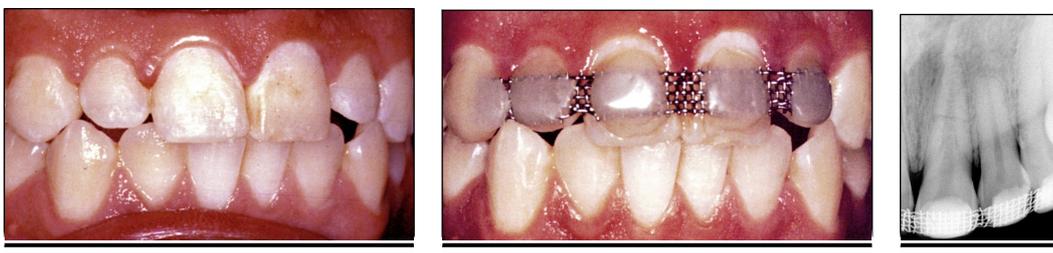
*J. Rx. Post
reimplante y
ferulización.*

Figura 19

- **Fractura radicular:** lesión que abarca la ruptura de cemento, dentina y pulpa; además de fibras periodontales. Puede presentarse con o sin desplazamiento del fragmento coronario. Es

esencial reubicar el fragmento en caso de desplazamiento y mantener una ferulización estable por más tiempo, para facilitar su complejo mecanismo de reparación 44,48,53,62,155,203,245.

Fractura radicular sin desplazamiento



A. Fractura radicular sin desplazamiento del elemento 21

B. Ferulización con malla metálica y resina compuesta.

C. Exámen radiográfico: visualización de la fractura en el 1/3 medio de la raíz.

Figura 20

Fractura radicular con desplazamiento



A. Fractura radicular con desplazamiento del fragmento coronario del elemento 21.

B. Exámen radiográfico: línea de fractura entre el 1/3 apical y medio.

C. Reubicación y ferulización sostenida con malla metálica y resina compuesta.

Figura 21

- **Fractura de apófisis alveolar:** puede ser parcial o total y generalmente es acompañada por desplazamientos dentarios. Los lineamientos a tener en cuenta para su tratamiento son muy similares a los de las fracturas óseas en general; reubicación del fragmento e inmovilización. Se puede presentar clínicamente con o sin desplazamiento del fragmento óseo involucrado.

Fractura de apófisis alveolar sin desplazamiento



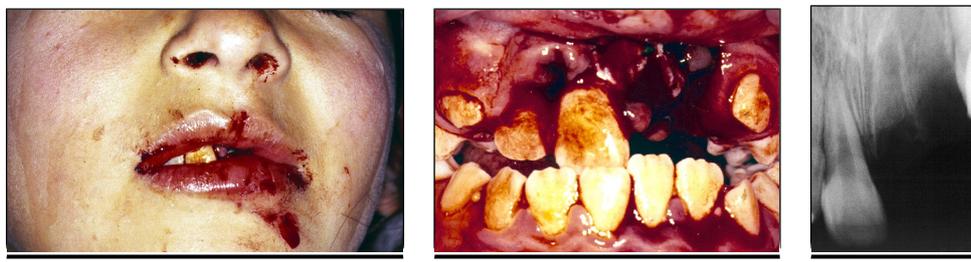
A. Aspecto de los tejidos blandos extraorales en una paciente joven con fractura de apófisis alveolar.

B. Fractura de apófisis alveolar sin desplazamiento.

C. Exámen radiográfico: línea de fractura y ausencia de lesión dentaria.

Figura 22

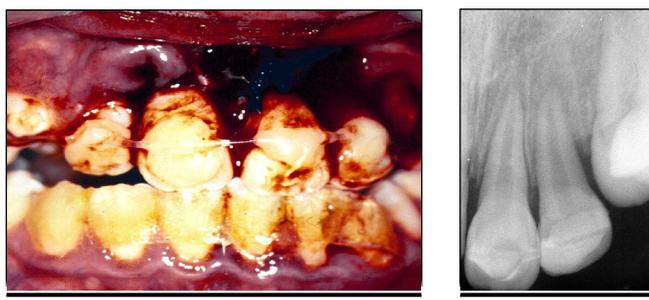
Fractura de apófisis alveolar con desplazamiento



A. Fractura de apófisis alveolar con desplazamiento. Aspecto extraoral de los tejidos blandos.

B. Caso clínico: fractura de apófisis alveolar con desplazamiento en zona de 11-12 y con avulsión en zona de 21-22.

C. Exámen radiográfico: muestra desplazamiento de elemento 11 y avulsión de 21 y 22.



D. Ferulización inmediata con hilo de nylon y punto de resina compuesta.

E. Rx. Periapical post ferulización.

Figura 23

Todas estas lesiones pueden presentarse en la práctica odontológica y el éxito del tratamiento depende de las respuestas de la pulpa y el ligamento periodontal; como así también de la capacidad de cicatrización de ambos tejidos 160,199,202,233,238.

Teniendo en cuenta algunos principios biológicos importantes en la curación de las heridas del ligamento periodontal; como son: pronta reubicación dentaria en el alvéolo, medio de conservación,

fijación y llegada de células reparadoras 139,144,159,171. Cuando en estas lesiones resultan dañadas fibras periodontales, los profesionales deben actuar con rapidez y criterio preventivo. Uno de los recursos terapéuticos más importantes como hemos visto, es la utilización de férulas 93. Estos dispositivos son usados en traumatología odontológica, para fijar artificial y transitoriamente el diente; mientras se produce la curación de las fibras periodontales lesionadas y lograr así el restablecimiento de sus funciones normales 138,168,172,190.

Férula: Definición.

“Todo elemento destinado a limitar el movimiento dentario, a fin de promover la cicatrización de los tejidos lesionados.”

Valentina Ulver de Beluatti.

Clasificación de los diferentes tipos de Férulas:

Según el tipo de material con el que son construidas y el método empleado para su confección se las clasifica de acuerdo a la siguientes divisiones:

a) Férulas plásticas

Con resinas compuestas

Acintada :

Se realiza siguiendo la técnica de grabado ácido, sobre la cara vestibular del diente lesionado y los adyacentes no afectados; aplicando sobre la superficie grabada resina fluida y una porción de composite en forma de cinta, luego se polimeriza.



Figura 24. Férula Acintada de compósito

Puntiforme :

Se aplican puntos interproximales de composite, que al polimerizar, actúan en forma de trabas plásticas sin grabado previo. Para mayor fijación se suele grabar una pequeña zona en vestibular.



Figura 25. Férula Puntiforme de composite.

b) Férulas alámbricas

Se realiza la sujeción de la zona afectada con trozos de alambre (no acerado) generalmente de 0.4 mm.

Ligadura en ocho :

Utilizamos alambre de acero inoxidable blando o de bronce de 0,4 mm de diámetro que se introduce en los espacios interproximales, desde la cara distal de los elementos no traumatizados, describiendo una figura en ocho.



Figura 26. Férula ligadura en ocho.

Ligadura de Essig :

Se construye también con alambre de acero inoxidable blando o cobre de 0,4 mm. De diámetro y partiendo desde un extremo distal de la zona a tratar se recorren las superficies palatinas hasta el extremo distal opuesto recorriendo también las superficies vestibulares ; donde al alcanzar el punto inicial se hace

una ligadura. Se preparan además pequeños trozos de alambre que ajustan individualmente cada espacio interproximal sujetando los segmentos de alambre vestibular y palatino.



Figura 27. Férula ligadura de Essig.

Con arco Eric :

Se adapta el arco percha o arco Eric, según la longitud necesaria y se lo sujeta con trozos individuales de alambre de acero inoxidable de 0,3 a 0,4 milímetros de diámetro a cada diente; pudiendo reforzarse con una ligadura en hamaca, en los elementos más afectados.



Figura 28. Férula con arco Eric.

Con brackets :

Se cementan los brackets de cero grado, sobre las superficies vestibulares de la zona a tratar, utilizando un alambre redondo de acero inoxidable 0,16 bien contorneado, que no ejerza fuerzas activas.

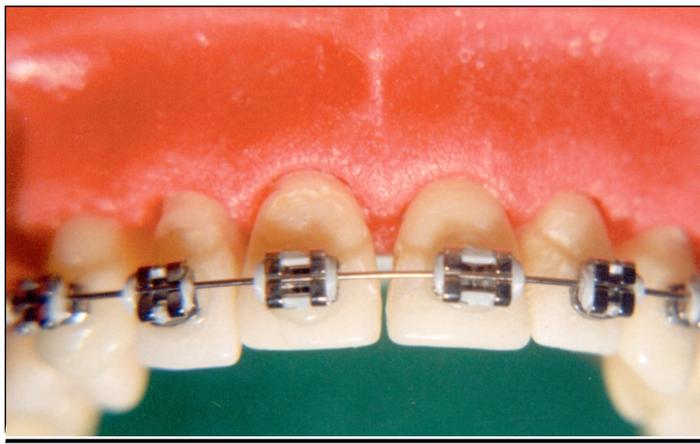


Figura 29. Férula con brackets.

c) Férulas combinadas

Son férulas de última generación. Se construyen combinando materiales compatibles, aprovechando así sus cualidades individuales.

Resina compuesta con cinta de fibra de vidrio :

Se utiliza la cinta de fibra de vidrio (Fiber-splint), previo grabado ácido de las superficies vestibulares se aplican trozos de cinta previamente embebidos en resina de enlace y se polimeriza. Siguiendo la técnica incremental se agregan tantas cintas según la rigidez necesaria.



Figura 30. Férula con cinta de fibra de vidrio.

Resina compuesta con hilo de nylon :

Luego de grabar las superficies vestibulares se fija un hilo de fibra de nylon tenso, de 0,6 a 0,7 milímetros de diámetro, con puntos de resina compuesta.



Figura 31. Férula compuesta con hilo de nylon.

Resina compuesta con malla metálica :

Se utiliza una cinta de acero inoxidable en forma de malla. Se graban las caras vestibulares de los dientes, fijando la misma con resina compuesta.

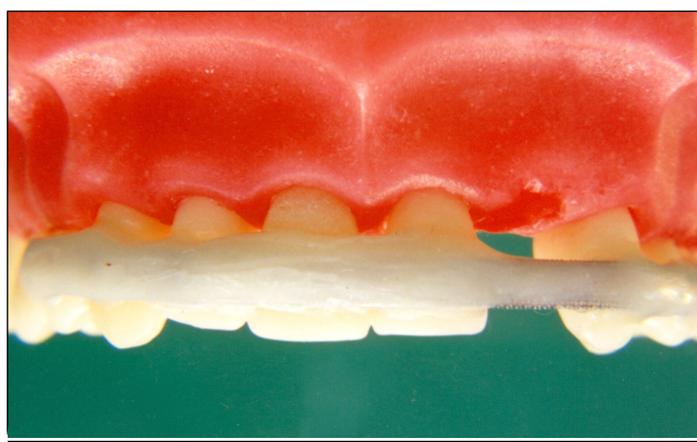


Figura 32. Férula compuesta con malla metálica.

Resina compuesta con refuerzo alámbrico :

Puede aplicarse por vestibular o palatino. Se adapta un trozo de alambre de acero inoxidable de 0,8 a 0,9 mm., previo grabado ácido se fija con resina compuesta.



Figura 33. Férula de resina compuesta con refuerzo alámbrico.

Resina compuesta con fibra óptica:

Se construye aplicando un cordón de fibra óptica sobre la superficie del esmalte, fijándolo con resina compuesta y previa técnica de grabado ácido. Es de muy reciente aparición en el mercado odontológico, siendo utilizada generalmente como medio de contención post tratamiento ortodóncico, para lo cual fue diseñada originalmente 87.

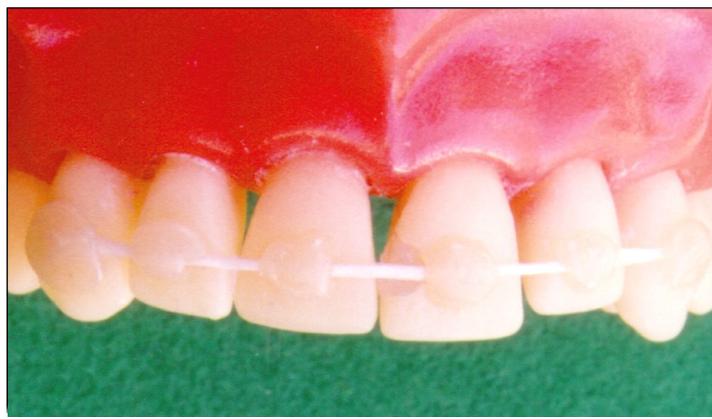


Figura 34. Férula de resina compuesta con fibra óptica.

REQUISITOS

- Inmovilizar los dientes afectados
- Abarcar elementos no traumatizados
- Rápida y fácil aplicación

- No generar fuerzas activas
- Permitir tratamientos endodónticos
- Conservar la estética
- Fácil remoción
- No interferir en la oclusión habitual
- Permitir buena higiene
- Permitir cierta movilidad fisiológica

El tiempo de permanencia de estas férulas está relacionado con el tipo de lesión y el período de cicatrización de los tejidos afectados. El mismo puede ser desde 7 días en la dislocación total o avulsión, hasta 90 días en la fractura radicular.(Figura 35)

TIEMPO:
Luxación total o Avulsión ⇒ 7 días
Luxaciones parciales y laterales ⇒ 20 a 60 días
Fracturas radiculares ⇒ 90 días

Figura 35. Períodos de ferulización.

METODOLOGÍA

METODOLOGIA

1. DESARROLLO DEL SISTEMA DE MEDICION DE LA MOVILIDAD DENTAL

En esta investigación analizamos el grado de libertad que le otorgan al diente los diferentes modelos de ferulización. Utilizamos un sistema electrónico computarizado para evaluar la movilidad dentaria, a través de un sensor montado en un arco facial de uso odontológico modificado.

El desarrollo de este sistema fue posible gracias a la esmerada colaboración del L.I.A.D.E. (Laboratorio de investigación avanzada en Electrónica) perteneciente a la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales. Este permite un monitoreo en estática, utilizando una fuerza determinada por un dinamómetro; y en dinámica, con las fuerzas generadas por la fonación, deglución y masticación del propio paciente.

Esto hace posible establecer una clasificación más exacta y amplia de las férulas, según el grado de libertad de movimiento que permiten, facilitando la elección de las mismas y mejorando las condiciones de normalización de los tejidos.

Los modelos de ferulización utilizados tienen diferentes grados de flexibilidad y/o rigidez; siendo ésta una característica importante a tener en cuenta en la elección de uno u otro modelo, según el tipo de lesión. Por ejemplo, en los casos de avulsión se prefieren los modelos más flexibles, debido al gran daño periodontal; en tanto que en las fracturas radiculares se busca más rigidez para evitar el desplazamiento de los cabos de fractura y resistir el largo período de la cicatrización.

Cuanto mayor sea el daño producido en el ligamento periodontal, la férula debe ser más flexible, para permitir una adecuada movilidad fisiológica. Esto es para permitir una buena circulación sanguínea en la zona y con ello la llegada de las células reparadoras.

Si la férula es rígida se producen zonas de necrosis isquémica por falta de irrigación y se pueden desencadenar complicaciones tisulares, como son reabsorciones radiculares o anquilosis (Unión rígida del diente al hueso, sin presencia de ligamento periodontal) haciendo peligrar la supervivencia del diente afectado.

Investigación previa:

En una etapa inicial comenzamos investigando y recopilando información sobre los métodos de medición existentes y su posible aplicación a este desarrollo.

De la búsqueda bibliográfica en Internet y de publicaciones existentes en las bibliotecas locales, nacionales e internacionales; encontramos que existen diferentes métodos de medición 45,58,80,119, 122,125, 126,130,138,150,153,157,158, 162,183,243.

Todos coinciden en dos posibilidades físicas diferentes :

- *La determinación estática.*
- *La medición dinámica.*

En la *determinación estática* se somete al diente en un lugar definido a una fuerza determinada y se capta su desviación extrema. Esto se lleva a cabo por ejemplo, con movimiento manual, en el que se siente o se ve la variación de la posición.

En la *determinación dinámica* se obtienen conclusiones sobre el movimiento del diente en su alveolo cuando actúan sobre él fuerzas temporalmente variables.

En resumen, entre los métodos hallados, los que resultaron de gran orientación sobre las técnicas que se podían utilizar, citamos los siguientes :

“ Fuerzas y Momentos Generados en los Dientes Incisivos Durante el Proceso de Masticación en Humanos ”

Un sensor de carga miniatura capaz de medir todas las fuerzas y todos los movimientos simultáneamente en un único lugar en el espacio fue utilizado para evaluar la magnitud y dirección de las cargas que afectan a los dientes incisivos durante movimientos fisiológicos (Figura 36).

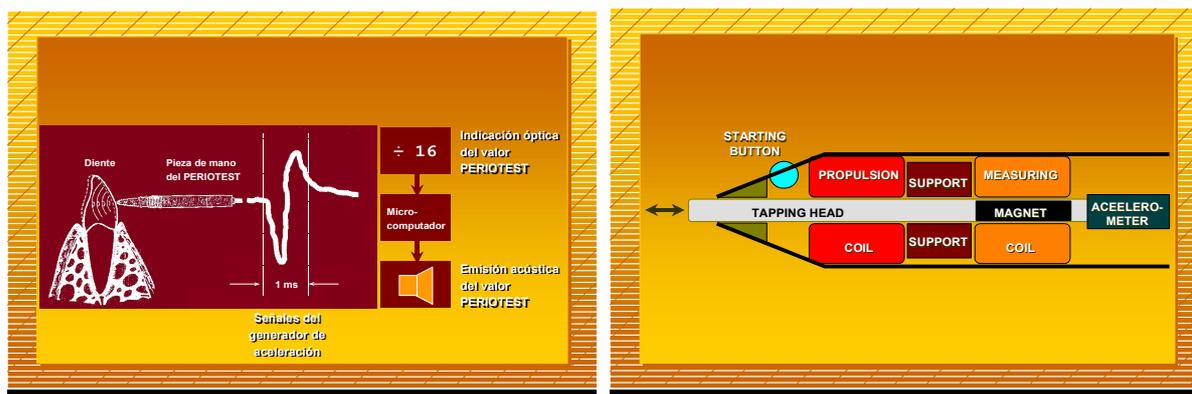


Figura 36. Periotest.

“ Gestión del Trauma Dental : Desarrollo de un Sistema de Adquisición de Datos de 2D para Evaluarla Pasividad de las Férulas Dentales ” 188.

Se utiliza un sistema que es capaz de coleccionar y procesar los datos de desplazamientos de los dientes ferulizados. Un transductor en forma de L invertida, que consta de dos piezas en ángulo de acero inoxidable, sobre cada rama se dispone de un puente de Wheatstone de Strain Gages, dos sensores pasivos y dos activos, y se captan las deformaciones del material, luego se procesan matemáticamente las lecturas y se obtiene un registro.

“ Una Aplicación de Magnetos y sensores Magnéticos : Sistema de Medición de Movimientos Dentales ” 241.

Es un sistema de medición de desplazamiento y rotación en los planos sagital y frontal. Utiliza cuatro sensores magnéticos dispuestos en cada esquina de un rectángulo de una hoja plástica. El conjunto es colocado en la boca. Un poderoso magneto hecho de tierras raras es fijado al diente a medir y ubicado en el centro de los sensores. El movimiento del magneto es detectado por los sensores marcando la trayectoria del diente.

“ El Procedimiento del Periotest ” 206.

Es un equipo fabricado por Siemens A.G. en el cual un percutor movido electromagnéticamente golpea al diente a una frecuencia constante, que frena al impactar sobre la superficie del esmalte dentario. La desaceleración del percutor es captada, transformada en señal y su magnitud depende de la amortiguación del periodonto. La señal indica el tiempo de contacto entre el diente y el percutor. Todas las alteraciones de las estructuras periodontales hacen variar el tiempo de contacto. Con la ayuda de un microprocesador estas diferencias son captadas y mostradas en un visor. El instrumento posee una escala estimativa propia del movimiento del diente por lo que muestra un número que luego es interpretado con la ayuda de una tabla.

“ *Un aparato experimental para la simulación de movimientos tridimensionales en ortodoncia.* ” 242.

“ *Influencias de fuerzas axiales en el contacto oclusal.* ” 161.

“ *Mediciones tridimensionales del movimiento dental durante el tratamiento de ortodoncia.* ” 45.

El análisis de nuestra búsqueda determinó lo siguiente:

1. Ninguno de los métodos encontrados sería factible de utilizar directamente:

- El sensado a través de una celda de carga no es el mas conveniente para medir desplazamientos.
- La utilización de sensores magnéticos elevaría demasiado los costos y la complejidad del equipo a desarrollar.
- La utilización del Periotest está contraindicado en los casos que se desean evaluar y además el mismo no da por resultado una medición lo suficientemente precisa como para considerarlo aplicable e éste estudio, lo bueno de considerar este aparato es que se pudo observar la utilización de sensores tipo LVDT's, entre otros.

2. Para la evaluación de la movilidad dental generalmente se utilizan métodos de sensado ópticos, magnéticos, a través de Strain Gages ó LVDT's.

3. Los tipos de sensores factibles de utilizar podrían ser *Strain Gages ó LVDT's*.

Como puntos a favor de los Strain Gages y los LVDT's se hallan su relativamente bajo costo y su fácil adquisición en el mercado, existe material para realizar consultas, además la circuitería asociada no es extremadamente compleja.

De ahora en adelante debíamos realizar las pruebas de factibilidad para definitivamente decidir cual sería el sensor mas adecuado.

Primeras pruebas de factibilidad:

Ensayos Utilizando Strain Gages:

Comenzamos entonces evaluando la utilización de Strain Gages, sensores que captan deformación de los materiales y la traducen en un parámetro eléctrico. El sensor será montado en la férula Fiber Splint y la misma irá fijada a los dientes del modelo, hacia ambos lados del diente dañado estarán ubicados los sensores; en la porción de férula no fijada al diente (espacio interproximal), después de los sensores se encuentran los puntos de fijación en otros dientes (Figura 37).

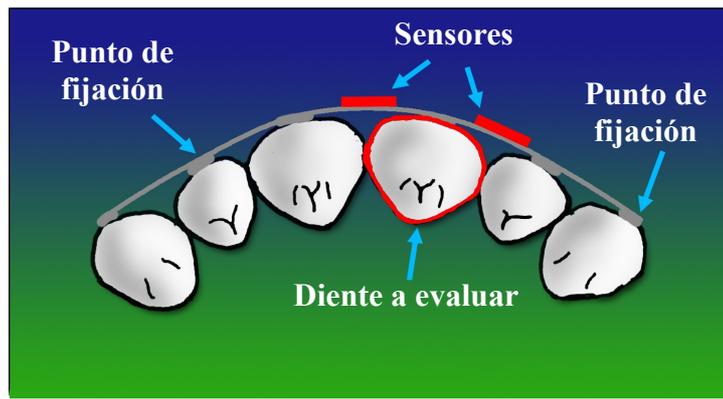


Figura 37. Disposición prevista para posicionar los Strain Gages

A partir de esta disposición se podrá evaluar la deformación de la férula cuando el diente se mueva en sentido antero-posterior, obteniendo luego la magnitud del desplazamiento a través de cálculos matemáticos.

Al no contar con experiencia práctica del uso de Strain Gages, personal del “Laboratorio de Suelo” de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, nos sugirió que realizáramos un montaje previo en algún material estudiado, para así ganar experiencia con el uso de los mismos y luego continuar en los modelos.

Procedimos a montar un sensor en una regla plástica (Figura 38), la cual cuenta con una geometría y materiales de constantes físicas conocidas, datos imprescindibles para efectuar los cálculos, y una vez armado el puente de Wheatstone se pudo lograr obtener un primer resultado de la medición con la utilización de estos sensores 163.

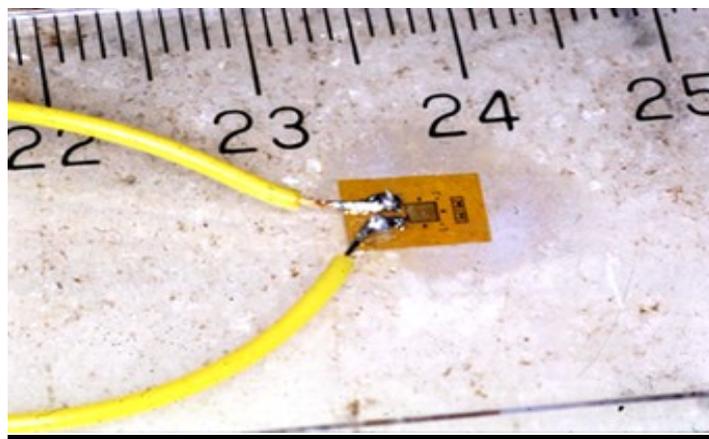


Figura 38. Pruebas con Strain Gages.

Luego de estas primeras pruebas con Strain Gages, a pesar de haber sido satisfactorias, hallamos algunas dificultades:

- No pueden ser reutilizados, por lo que el costo aumentaría con la cantidad de mediciones.
- El procedimiento de montaje era excesivamente complejo.
- La utilización de la férula como método de montaje de los sensores influirá demasiado en los resultados de las mediciones.

- La lectura del desplazamiento sería calculada en forma indirecta y no se conocen con exactitud los parámetros necesarios para efectuar los cálculos; planteando cierto grado de incertidumbre.
- No resultan adecuados para su utilización en seres vivos.

Ensayos utilizando LVDT's:

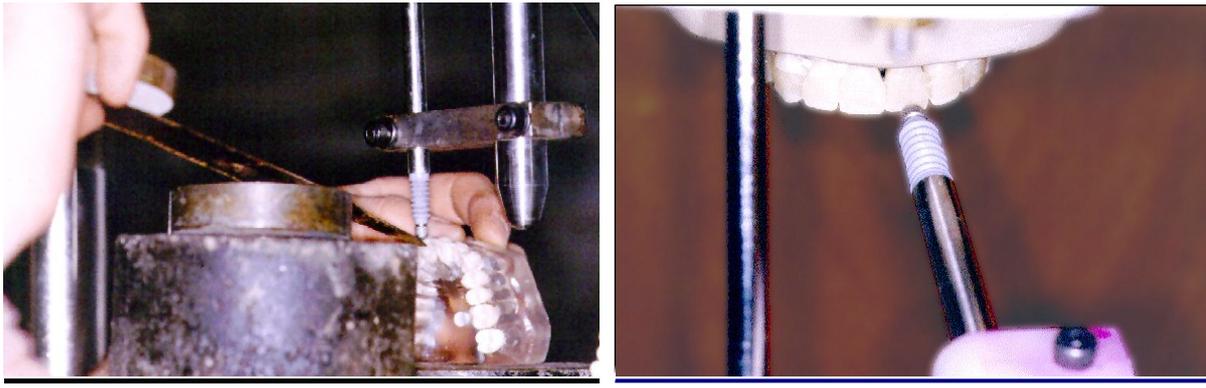


Figura 39. Pruebas en laboratorio.

Luego comenzamos a evaluar los LVDT's. Se realizaron mediciones en el Laboratorio de Geotecnia (Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales), quienes nos facilitaron uno de estos sensores y todo el equipamiento necesario para su funcionamiento (Figura 39).

Adaptamos un “Arco facial” de uso odontológico para el montaje del sensor.

Procedimos a realizar las primeras mediciones, las cuales arrojaron resultados alentadores, induciéndonos a decidimos por utilizar definitivamente este tipo de sensores para el equipo.

En este método:

- Un mismo sensor servirá para realizar todas las mediciones deseadas.
- Las lecturas son directas.
- El procedimiento de montaje de los sensores es relativamente fácil de realizar.
- No tiene efectos adversos en seres vivos.

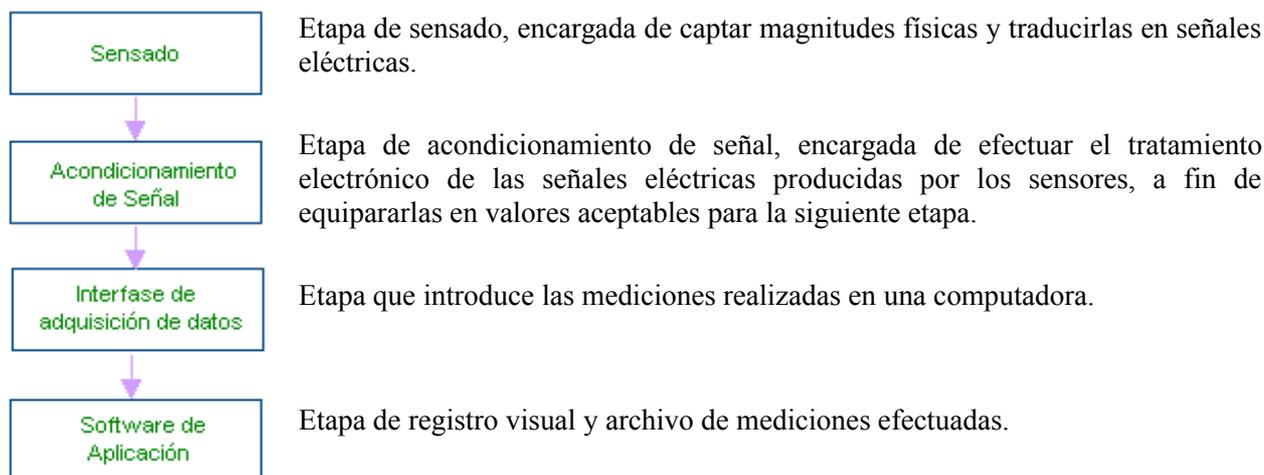
Adaptamos un “Arco facial” de uso odontológico para el montaje del sensor, el cual va sujetado a la cabeza del paciente apoyándose en tres puntos: los conductos auditivos externos y el punto fronto-nasal. Con estos puntos de fijación el sensor se referencia al cráneo del paciente y así es posible lograr las mediciones programadas en los dientes antero-superiores (Figura 40).



Figura 40. Arco facial modificado para el montaje del sensor de desplazamiento.

Sistemas de medición: conceptos generales.

Los sistemas de medición básicamente constan de las etapas que a continuación se detallan:



Una medición física es el acto de obtener información cuantitativa sobre el objeto afectado a la medición o una acción por comparación a una referencia 204.

Para ello deben ser tenidos en cuenta tres elementos fundamentales :

- La cantidad o propiedad a ser medida.
- La cantidad o propiedad física con la cual se efectúan las comparaciones.
- Obtener un resultado debido a las acciones de comparación.
- Se realizan con el fin de cumplir con uno de los siguientes ítems :
 - Recabar información con el fin de cuantificar la medición.
 - Proveer un archivo histórico de las magnitudes medidas.
 - Utilizar la información a fin de efectuar una acción.

Sistemas elementales:

El término *realizar una medición* se asocia automáticamente con un sistema de medición, el mismo, funcionalmente se asocia con tres distintas operaciones:

A. Adquisición de la información

La cual puede ser recabada por medio de un transductor electromecánico el cual responde a la magnitud a medir y produce una señal eléctrica. El transductor consta de dos partes fundamentales:

- I. El elemento sensor propiamente dicho, el cual responde a la variación de la magnitud física a medir y la convierte en la variación de alguna magnitud eléctrica tal como resistencia, inductancia, etc.
- II. El equipo acondicionador de señales, el cual es el encargado de proveer la excitación a los sensores pasivos, adaptar impedancias, también debe cubrir los requerimientos de amplificación o atenuación, demodulación, filtrado, o cualquier otro tratamiento de la señal.

B. Procesamiento de dicha información

Consiste el método de presentación de la información, archivo de esa información, o una combinación entre ambos

C. Resultados de la medición.

En cualquier medición siempre existe un cierto grado de incertidumbre resultante del error de la medición, el cual es la diferencia entre el valor indicado y el valor actual de la magnitud medida. Se los puede expresar como un error absoluto o bien como un porcentaje del fondo de la escala 204.

Descripción general del equipo a desarrollar:

El primer problema a resolver fue el de decidir como se realizarán las mediciones para que los resultados fueran comparables entre diferentes mediciones. Luego de analizar detenidamente varios métodos propuestos optamos por el que se describe a continuación :

La medición constará de dos fases:

- En la primera, se tomará una medición a la que denominamos “ *Medición Estática*”. En la cual se mide el desplazamiento del diente cuando le aplicamos una fuerza conocida, de este modo quedarán fijados pares de valores, (D_0, F_0) ; (D_1, F_1) ; (D_2, F_2);.....; (D_n, F_n); estas magnitudes son guardadas en un arreglo de dos vectores.
- A continuación se realizará la segunda etapa de la medición, a la que denominamos “*Medición Dinámica*”, en ésta se tomarán registros del desplazamiento que se producirá en el diente cuando el paciente realice movimientos fisiológicos comunes como ser : Fonación, Masticación, Deglución , etc. y se calcularía la fuerza correspondiente, gracias a los valores almacenados durante la primera fase, que aplicada al diente dará como resultado ese desplazamiento.

El equipo desarrollado para efectuar la evaluación de la movilidad dental consta de las siguientes partes :

- Un sensor de desplazamiento del tipo LVDT.
- Un dinamómetro a resortes capaz de aplicar fuerza en ambos sentidos, tirando ó presionando desde su extremo, con el principio del LVDT se traduciría esta fuerza en una magnitud eléctrica.
- Una etapa acondicionadora de señal para el sensor de desplazamiento.
- Una etapa acondicionadora de señal para el dinamómetro.

- Una etapa de adquisición de datos.
- Un desarrollo de software en LabView.

Las partes que serán desarrolladas son los dos transductores, las etapas acondicionadoras de señal y el desarrollo de software en LabView.

La placa de adquisición de datos es de National Instruments, y es conectada al slot PCMCIA que posee la computadora portátil o Notebook que gobernará el equipo.

LVDT's:

El LVDT es un dispositivo electromecánico que produce una salida eléctrica proporcional al desplazamiento de un núcleo móvil, es uno de los elementos de inductancia mutua mas comúnmente utilizado.

Estos sensores consisten en un bobinado primario y dos bobinados secundarios, los mismos están dispuestos sobre una forma cilíndrica y los secundarios se ubican simétricamente espaciados del arrollamiento primario.

Un núcleo magnético, también de forma cilíndrica, goza de libre movimiento dentro del conjunto de bobinas conformado, el mismo es utilizado como camino del flujo magnético que acopla los arrollamientos.

Principio de funcionamiento:

Cuando el bobinado primario es alimentado con una fuente externa , se inducen voltajes en los bobinados secundarios, los cuales están interconectados en oposición de fase, por lo tanto la salida del sensor es la diferencia entre estos dos voltajes.

La tensión de salida es cero cuando el núcleo se encuentra en la posición central ó posición nula, debido a que el valor de tensión inducido en cada bobinado es idéntico en magnitud pero la fase difiere en 180 grados, por lo que la resultante entre ambas es nula.

Cuando el núcleo se mueve de la posición central se incrementa el voltaje del bobinado hacia donde se desplaza, mientras que la tensión inducida en el arrollamiento opuesto disminuye. Este efecto se debe a que la inducción mutua entre los arrollamientos secundarios y el primario cambia cuando el núcleo se mueve desde la posición nula hacia los lados.

Esta acción produce un voltaje diferencial de salida que varía linealmente con los cambios de posición del núcleo, el ángulo de fase de la tensión de salida cambia abruptamente en 180° cuando el núcleo se mueve de un lado a otro de la posición nula.

En los gráficos que aparecen en la figura 41, es posible ver claramente como varía el voltaje de salida en función de la posición en la que se encuentre el núcleo .

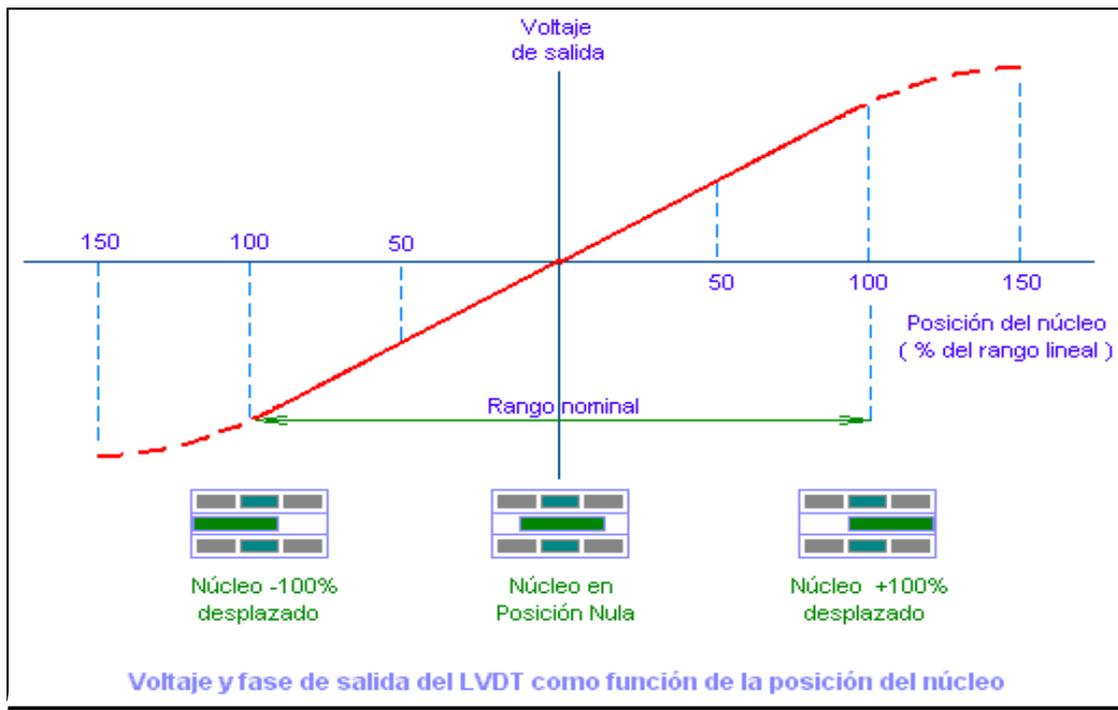


Figura 41. Salida de continua a la salida del LVDT.

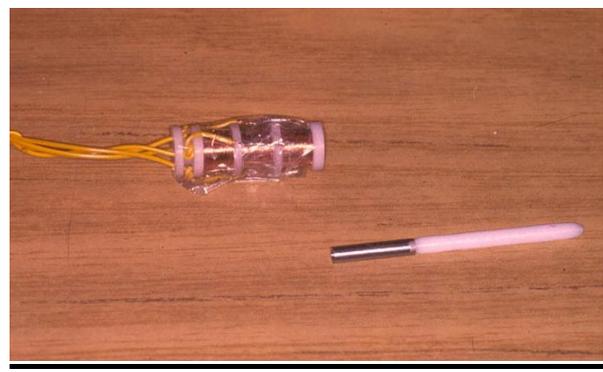
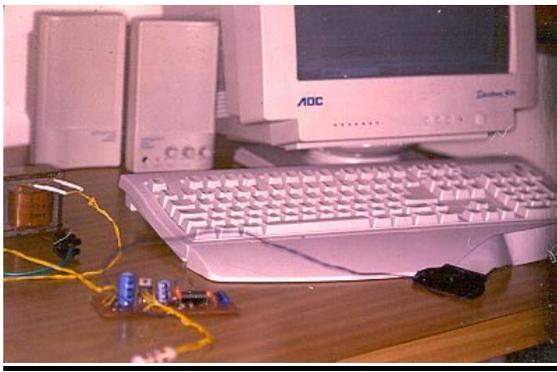


Figura 42. Ensayos durante la construcción de los sensores.

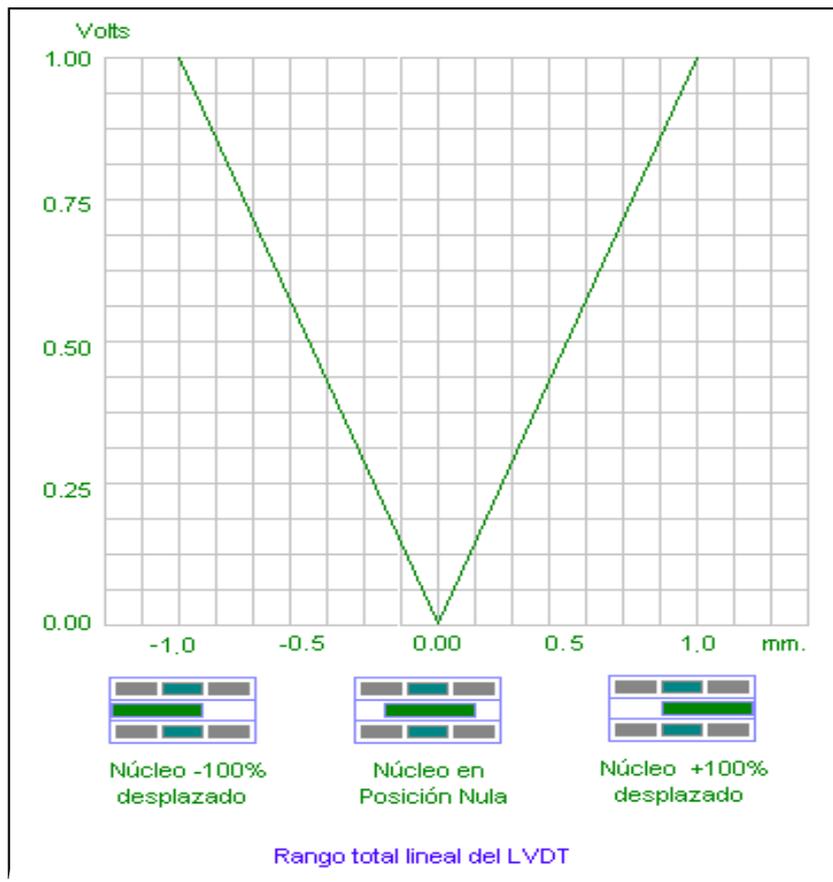


Figura 43. Valor absoluto de la tensión DC a la salida del LVDT.

Características de los LVDT's:

- *Medición libre de fricción* : Generalmente no existe contacto físico entre el núcleo móvil y la estructura de las bobinas.
- *Vida mecánica infinita* : La ausencia de cualquier contacto entre el núcleo y las bobinas significa que no es obligatorio que alguna de las partes quede al descubierto, dando esto las características de vida mecánica infinita.
- *Separación entre las bobinas y el núcleo* : La separación entre el bobinado y el núcleo permite la aislación del bobinado por medio de algún material no magnético y hasta su sellado completo si el medio así lo requiere.
- *Resolución infinita* : Significa que el LVDT puede captar y responder ante el mas diminuto de los movimientos del núcleo, la limitación quedará fijada en la práctica por la resolución que pueda interpretar la circuitería asociada.

- *Repetibilidad de la posición nula* : La inherente simetría en la construcción del LVDT hace posible esta característica.
- *Aislación entrada – salida* : El hecho de que el LVDT sea un transformador implica que hay completa aislación entre la entrada (Primario) y la salida (Secundario)
- *Insensible a movimientos en sentido transversales* : El LVDT es prácticamente sólo sensible a desplazamientos en el sentido axial del núcleo.

Sensor de desplazamiento

El sensor de desplazamiento es como el que se muestra en el esquema :

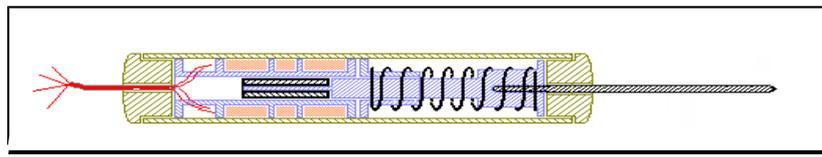


Figura 44. Corte del sensor de desplazamiento

El carretel fue construido de material en base a Resina Acetálica, material no magnético fácil de maquinar, ya que a pesar de ser un plástico en el momento del torneado se comporta de manera similar a un material metálico.

Las medidas que se adoptaron para cada una de las partes de los tres bobinados quedaron fijadas luego realizar varios ensayos prácticos de laboratorio construyendo bobinados de diferentes tamaños, pudimos observar que ambos bobinados secundarios deben tener la misma longitud, el primario puede ser de longitud menor y el rango útil de medición es aproximadamente igual a la longitud del secundario, siendo el tamaño del núcleo igual a la suma de las longitudes del primario más la del secundario.

A continuación se realizó el bobinado de los secundarios en contrafase, o sea en distinto sentido uno del otro, tratando que fueran lo más prolijos y similares posible.

El diámetro del alambre de cobre utilizado fue seleccionado en base a que fuera lo más pequeño posible, pero a la vez debía poder ser manipulado sin mayores complicaciones, utilizándose uno de diámetro 0.075 mm. y la cantidad de espiras que se realizaron fue de 2100 vueltas.

Luego se realizó el arrollamiento del primario con unas 1200 vueltas, a continuación se soldaron los cables que servirán para alimentar el bobinado primario y las conexiones para obtener la salida del transformador diferencial se soldaron al secundario.

El núcleo fue construido de material de hierro dulce y las medidas del mismo guardan concordancia con la suma de los bobinados.

En el laboratorio pudo observarse que una continua mayor o menor a la de la suma de las longitudes del primario mas la del secundario dan por resultado una tensión de salida menor que la tensión que se obtiene con el núcleo igual a la suma de ambos.

Una vez construido el sensor se procedió a construir el cilindro continua, el mismo se trató de fabricar de un material que no alterara el campo magnético reinante. Pero debido a la geometría del mismo fue imposible fabricarlo con algún tipo de material plástico, por lo que hubo que resignar parte de la

excelente ganancia obtenida, ya que rodear el bobinado con un metal produce una pérdida de la misma, debido a que parte del campo magnético se cierra por él, como vemos en la tabla de la figura 45:

Milímetros		0.0	0.2	0.5	0.7	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5
		0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
Medición (Volts)	1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0
		9	4	8	2	6	9	1	3	5	6	7	8	9	0	1
Medición (Volts)	2	3.1	3.0	2.8	2.5	2.2	2.0	1.7	1.4	1.2	0.9	0.6	0.4	0.1	-	-
		2	2	5	9	8	2	5	8	1	5	8	1	9	0.0	0.2
														5	5	

Milímetros		3.7	4.0	4.2	4.5	4.7	5.0	5.2	5.5	5.7	6.0	6.2	6.5	6.7	7.0	7.2
		5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
Medición (Volts)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0
		8	7	6	5	3	2	0	7	5	2	8	4	8	0	3
Medición (Volts)	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.7	2.7
		9	8	5	3	0	8	5	3	0	8	6	7	2	0	5

Figura 45.

Es útil tener en cuenta este fenómeno pero, aún así, la medición no se vió afectada de manera significativa.

Luego se fabricó el elemento que sirve de nexo entre el núcleo y el mundo exterior (Figura 46). Para ello también debía utilizarse un material no magnético, como es imaginable fue hecho en resina acetal.

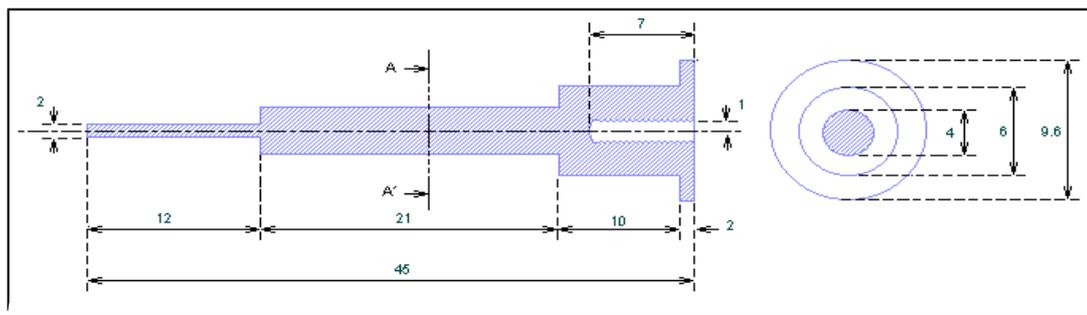


Figura 46. Corte de la pieza para unir el núcleo con la parte externa.

La geometría del mismo fue pensada para que sujetara al núcleo y quedara íntimamente ligado al mismo. Un tope plástico limita el recorrido del núcleo dentro del bobinado para que el sensor trabaje de forma lineal.

Un resorte extremadamente blando fue colocado con el fin de lograr que el núcleo se halle en una posición extrema del sensor y trate de hacer volver al núcleo a esa posición cuando desaparezca la fuerza actuante.

Debido a que el plástico no es adecuado para la esterilización y limpieza profunda, no nos olvidemos que debe ir en contacto con la boca del paciente, se reemplazo la parte externa en contacto con el diente por un material metálico (Figura 47).

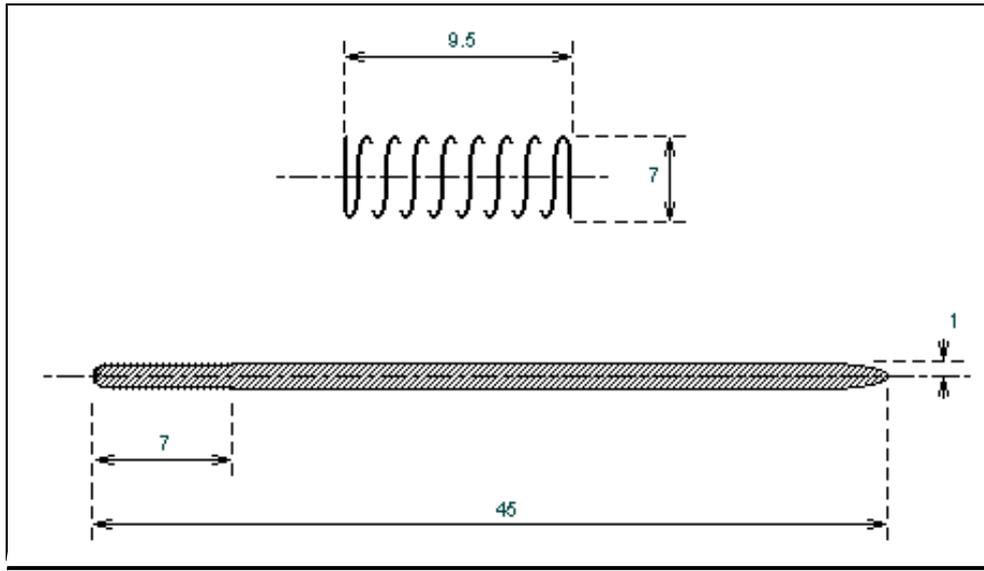


Figura 47. Resorte y pieza externa del sensor.

Luego se diseñaron y construyeron las tapas que sellaran los extremos del sensor.

Función de transferencia del sensor de desplazamiento:

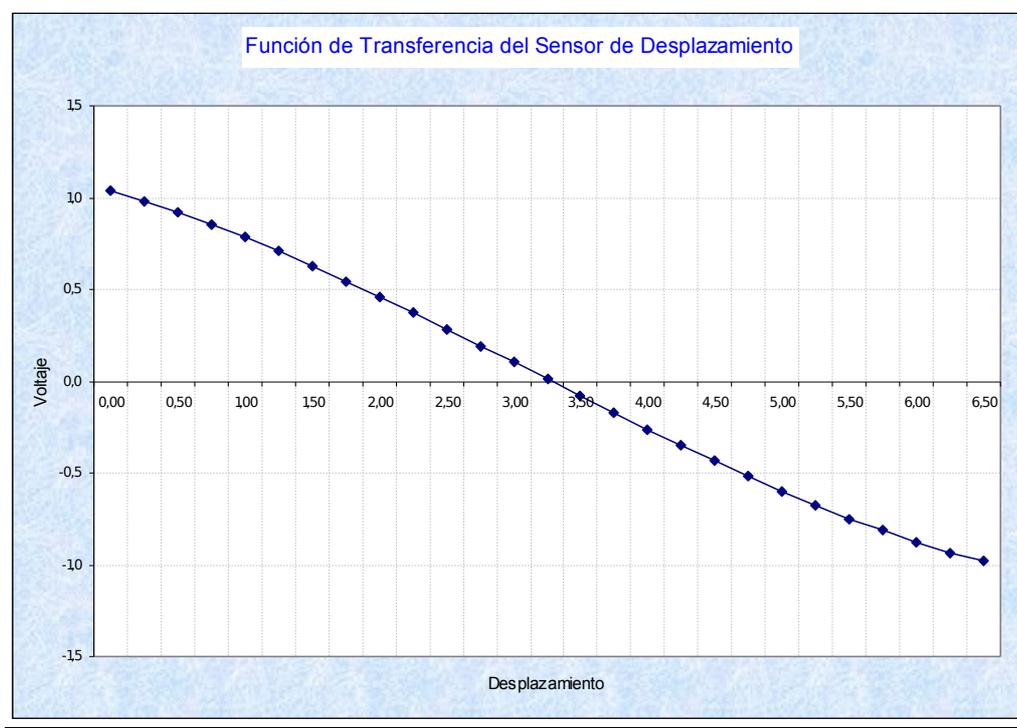


Figura 48. Mediciones de prueba para el sensor de desplazamiento

Mediciones de repetibilidad:

Milímetros	0.0	0.2	0.5	0.7	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5
Medición (Volts) 1	1.08	1.05	0.94	0.90	0.85	0.79	0.73	0.66	0.59	0.51	0.43	0.34	0.25	0.16	0.07
Medición (Volts) 2	1.08	1.05	0.94	0.90	0.85	0.79	0.73	0.66	0.59	0.51	0.43	0.34	0.25	0.16	0.07
Milímetros	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25
Medición (Volts) 1	-0.02	0.01	0.20	0.29	0.38	0.47	0.55	0.63	0.71	0.78	0.85	0.92	0.99	0.99	1.01
Medición (Volts) 2	-0.02	0.01	0.20	0.29	0.38	0.47	0.55	0.63	0.71	0.78	0.85	0.92	0.99	0.99	1.01

Figura 49.

Sensor de fuerza (Dinamómetro)

A continuación , en la figura 50, se puede ver un esquema del sensor para tener una idea de cómo está armado.

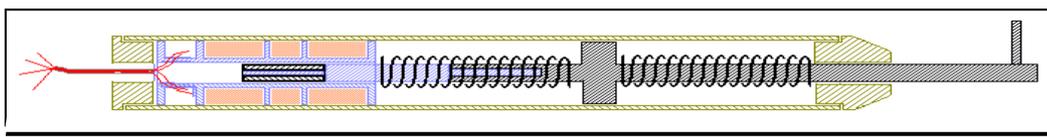


Figura 50. Esquema del sensor dinamómetro

Para que el dinamómetro efectuara fuerza en ambos sentidos se ideó un sistema con dos resortes como se ve en el dibujo anterior.

El carretel y el bobinado fue realizado de forma similar al anterior, cambiando sólo las dimensiones de las partes.

Solidario con la parte que ejerce la presión y/o tracción se implementó un dispositivo que une su desplazamiento con el del núcleo del LVDT.

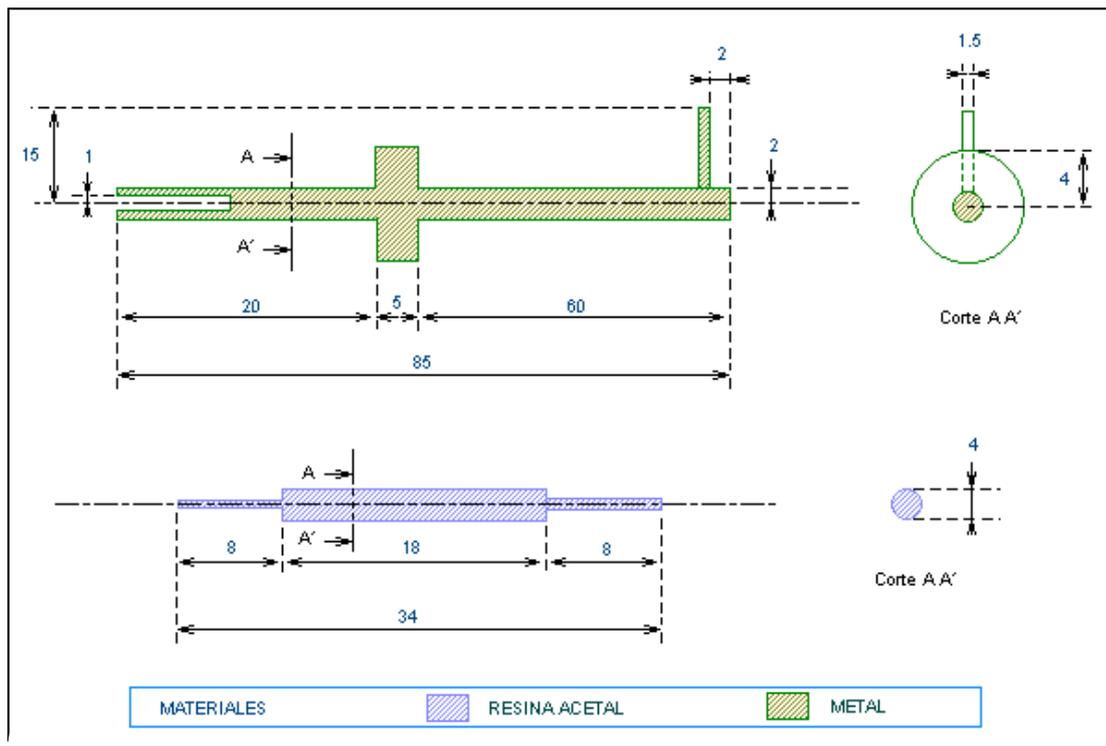


Figura 51. Arriba pieza externa, abajo pieza que sirve como nexo entre el núcleo y la pieza externa

Una vez que se tuvieron las partes, se construyó el cobertor y las tapas del mismo, utilizando como material el latón.

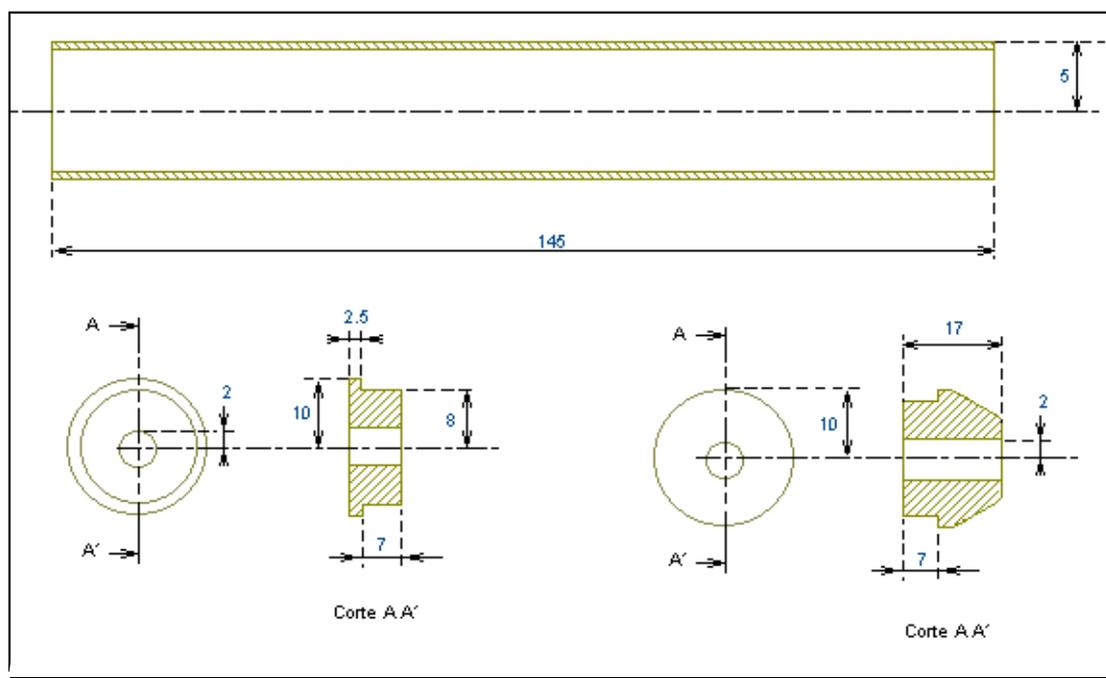


Figura 52. Esquema del cobertor del sensor

Principios fundamentales:

Los transformadores lineales diferenciales variables, LVDT's, son transductores de posición utilizados para medir desplazamientos extremadamente pequeños o bien cualquier otro parámetro que pueda ser convertido en movimiento lineal.

Como se explicó anteriormente, son dispositivos que utilizan la inductancia mutua para operar. Constan de un arrollamiento primario y un par de arrollamientos secundarios, los cuales son fabricados sobre una bobina aisladora y un núcleo libre de contacto, capaz de moverse libremente dentro del transformador. Los secundarios son construidos de modo tal que queden en una configuración de serie, pero con campos opuestos.

Cuando se aplica una excitación de alterna en el primario, el núcleo controla el acoplamiento entre el primario y los secundarios, se produce un voltaje diferencial entre los secundarios; el cual varía en forma lineal con el desplazamiento del núcleo y contiene información de la posición y la dirección del desplazamiento del núcleo con respecto a la posición central de los secundarios. (Posición nula).

Con el núcleo en la posición nula, el voltaje inducido en cada secundario es igual en magnitud pero de fase opuesta, ocurriendo de esta manera la cancelación del voltaje resultante, obteniéndose una salida de 0 Volt de AC. Tan pronto como el núcleo se desplace de la posición nula, un voltaje sinusoidal se hace presente entre los terminales del secundario, su amplitud y polaridad es directamente un indicativo de la posición del mismo.

Cuando el núcleo se mueve atravesando la posición nula un cambio de fase de 180 grados es observado entre los terminales del secundario respecto a la tensión del primario.

Se requería algún tipo de acondicionamiento de señal. Las figuras 41 y 42 muestran la tensión de continua de salida del LVDT en función del desplazamiento del núcleo luego de un apropiado acondicionamiento de la señal.

El voltaje de salida del LVDT es directamente proporcional al voltaje de excitación, también varía alinealmente con la frecuencia de excitación.

La mayoría de los LVDT's presentan un ligero corrimiento de fase entre las frecuencias del primario y secundario, este desplazamiento introduce un offset de tensión de continua en la posición nula, el cual tiende a enmascarar la tensión en esa posición.

Este inconveniente se puede minimizar excitando el primario con un valor de frecuencia donde ambas tensiones estén en fase, esta tensión es llamada "*tensión de ángulo de fase nula*". Trabajar con esta frecuencia optimiza la linealidad y repetibilidad de las mediciones.

Una alta impedancia de carga nos independizará de regular la frecuencia de excitación.

Una fuente estable de frecuencia constante debe ser aplicada al primario del LVDT.

A continuación alguna clase de demodulación es necesaria para extraer la información de la posición, desde la señal de salida del secundario del LVDT. Un rectificador de onda completa proporcionará información útil en la amplitud de la tensión cuando es adecuadamente filtrada; por otro lado la información de la fase es imprescindible. A fin de obtener ambas, amplitud y fase, es necesaria una demodulación sincrónica.

Una vez que se obtiene la información de la amplitud y la fase de una forma de señal de onda completa rectificadas desde el rectificador sincrónico, la componente portadora debe ser filtrada, dejando solo la información de la posición real únicamente. Esto se obtiene pasando la señal demodulada por un filtro activo pasabajos.

Descripción del circuito utilizado:

El circuito empleado utiliza un integrado (NE5521), el cual está diseñado para ser utilizado como Excitador-demodulador de los sensores LVDT's. El mismo contiene todas las etapas necesarias para este fin.

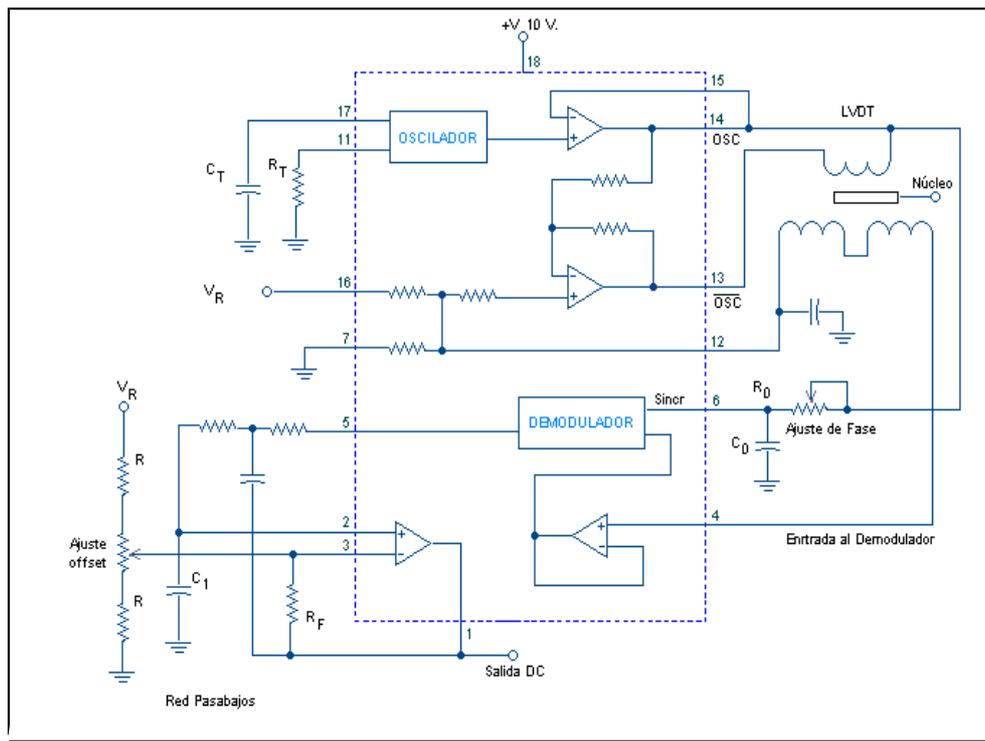


Figura 53. Diagrama del circuito acondicionador de señales

El oscilador del circuito consiste en un generador de onda triangular, un circuito fuente de corriente el cual conmuta cuando el voltaje del capacitor alcanza un valor “X” del valor de V_{ref} .

La onda triangular es introducida en una carga no lineal la cual genera una forma de onda senoidal de baja distorsión. La onda senoidal es pasada a través de un buffer que consta de dos amplificadores operacionales y dos pines del integrado proporcionan la salida senoidal en oposición de fase uno de otro. Esta es por lo tanto la excitación del bobinado primario del LVDT.

La parte más útil del circuito integrado es el demodulador sincrónico. Esta sección realiza una rectificación de onda completa en sincronismo de fase con la salida del oscilador.

A fin de extraer información real de la posición, es necesario analizar la relación de la fase entre el primario y el secundario. Ya que cuando el núcleo pasa a través de la posición nula ocurre un cambio de fase abrupto de 180 grados.

Una vez hecha la rectificación de onda completa la frecuencia portadora de la señal debe ser removida a través del filtrado. Esto es realizado por un filtro activo construido con el amplificador operacional incluido en el chip. La información de la posición aparecerá entonces libre de ripple (ruido) a la salida del amplificador operacional.

El capacitor controla la frecuencia del oscilador como vemos en el gráfico y su frecuencia responde a una ecuación matemática y el amplificador operacional está conectado a un filtro de Butterworth (Elimina el ripple al filtrar o rectificar las ondas senoidales de las tensiones, convirtiendo las ondas en otras más planas).

Para mejorar la linealidad es necesario compensar el desfase entre tensiones de excitación del primario y la obtenida en el secundario del LVDT; se emplea entonces un potenciómetro multivoltas que se ajusta con la ayuda de un osciloscopio, hasta que el desfase sea nulo.

Ajuste del circuito acondicionador de señal.

El filtro de Butterworth es de Función de transferencia normalizada.

El LVDT tiene un corrimiento de fase que es dependiente de la frecuencia que está asociado a las características del dispositivo y su frecuencia de excitación.

Este corrimiento de fase es un desfase que se suma al normal de 180° que ocurre cuando se atraviesa la posición nula, como se ve en el siguiente esquema:

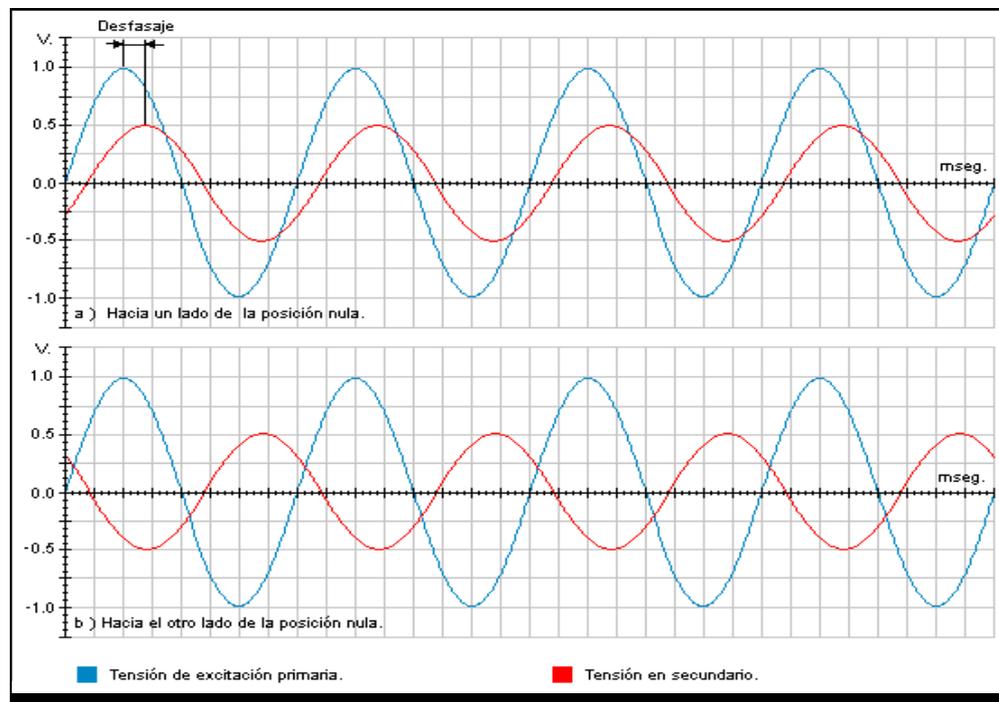


Figura 54. Formas de onda en los bobinados del LVDT.

Ajustando la frecuencia de la onda senoidal de excitación del primario puede ocurrir que el voltaje secundario quede en fase con el primario, pero esto no es factible de realizar en todos los casos.

La calibración de los ángulos de fase entre las dos ondas da por resultado varios efectos.

- Primero, si el demodulador sincrónico toma la señal del primario como referencia, la rectificación óptima ocurre cuando la diferencia de fase entre la tensión secundaria y la permutación del demodulador ocurre en los cruces por cero.
- Segundo, excitando un LVDT con una frecuencia que no cause desfase da por resultado una mínima sensibilidad a la variación de frecuencia y de la temperatura.

La forma de onda de salida del demodulador, por efecto de este desfase normalmente presenta la siguiente forma:

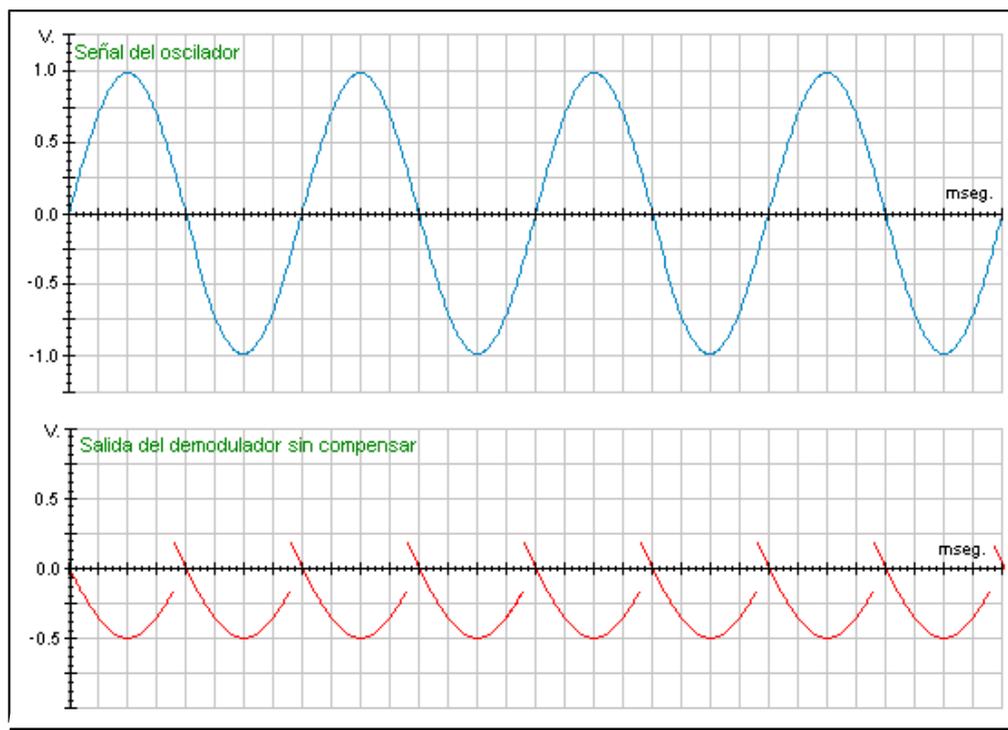


Figura 55. Formas de onda a la salida del demodulador sin compensar.

Es posible ajustar este desfase con ayuda de una red RC como se ve en la figura siguiente. La red de compensación esta compuesta por un potenciómetro variable de 20 Kohms en serie con un capacitor.

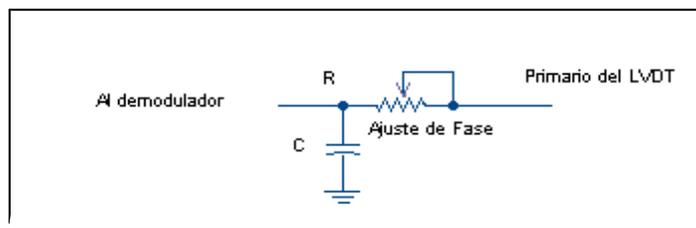


Figura 56. Circuito para compensar el desfase del LVDT.

Calibrando correctamente la “ red de corrimiento de fase variable”, es posible compensar el corrimiento de fase entre la salida del oscilador y la entrada de sincronismo al dispositivo. Ajustando el valor del potenciómetro R con la ayuda de un osciloscopio debemos encontrar un punto en el cual R tenga una magnitud tal que las formas de onda sean como las que se ven en los gráficos siguientes:

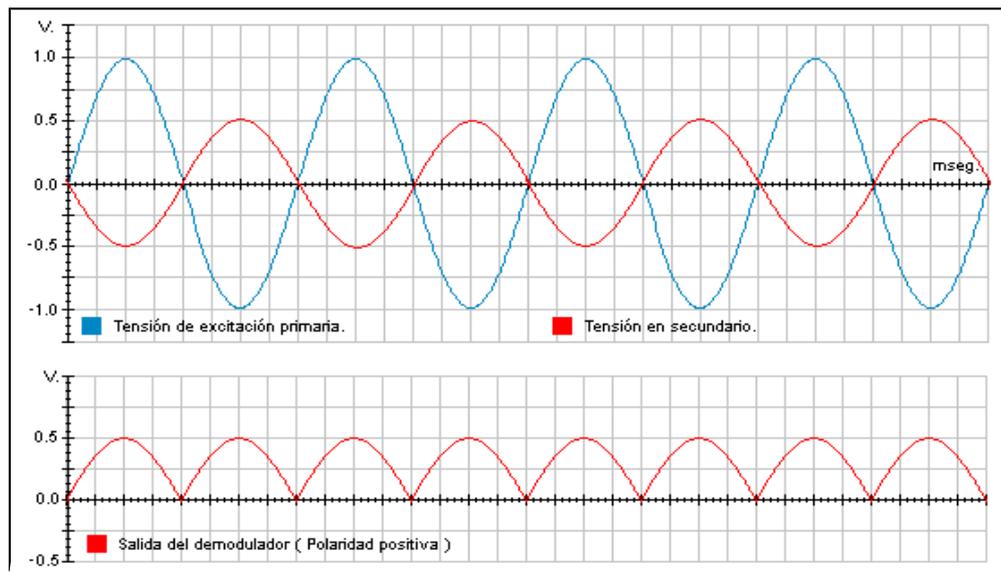


Figura 57. Formas de onda a la salida del demodulador con el desfase compensado correctamente.

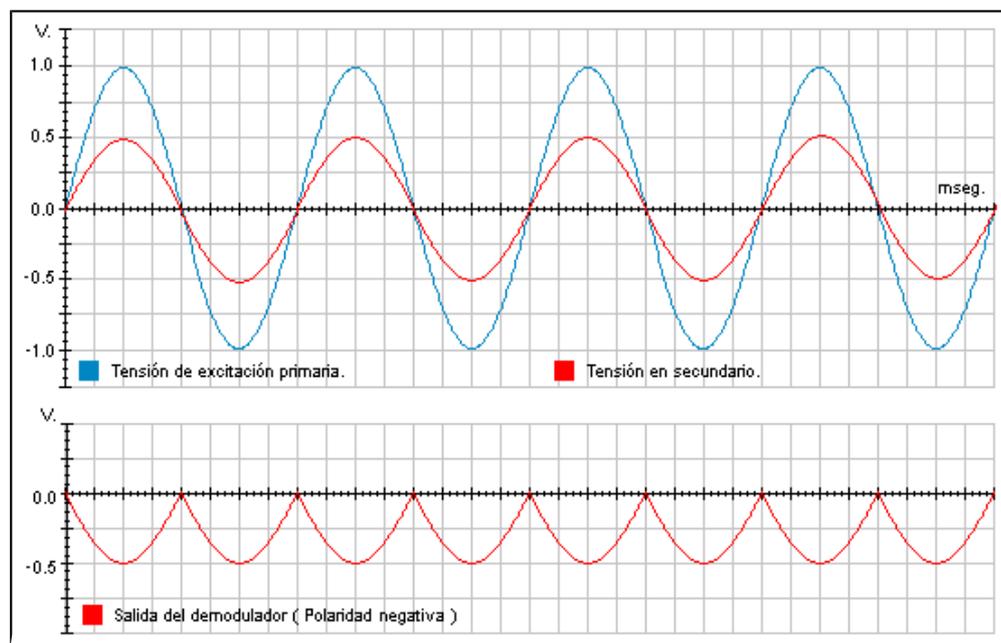


Figura 58. Formas de onda a la salida del demodulador con el desfase compensado correctamente.

Etapa de Adquisición de Datos

En las aplicaciones donde se hace indispensable el tratamiento de grandes cantidades de información y a una velocidad considerable, es imperativo procesarlas con la ayuda de una PC. Comúnmente, los dispositivos para la adquisición de señales son las placas adquisidoras de datos, las cuales proporcionan la capacidad de introducir datos a la computadora, ya sea en forma analógica o digital.

Placa de Adquisición de Datos DAQCard-1200:

La placa utilizada fue comprada en una etapa prematura del proyecto, cuando aún no estaba bien definido el problema, por ello se decidió comprarla con la mayor cantidad prestaciones posibles y a un costo razonable. Sabíamos que la placa debía ser tipo PCMCIA (para su utilización en notebook), necesitábamos entradas analógicas; pero no sabíamos si necesitaríamos salidas analógicas.

Todo debía ser compatible con el software LabView, que utilizaríamos en la investigación. Con estos datos fue hecha la selección de la placa de National Instruments DAQCard-1200.



Figura 59. Placa de adquisición de datos.

La DAQCard-1200 es una placa de bajo costo, entradas analógicas de baja potencia, salidas analógicas, I/O digitales y temporizadores I/O para PCs equipadas con slots tipo II.

Contiene un conversor analógico-digital de aproximaciones sucesivas de 12 bits de resolución, de 8 entradas configurables por software. Posee también dos salidas analógicas a través de un conversor digital-analógico también de 12 bits. 24 líneas digitales compatibles con niveles TTL y tres Temporizadores / Contadores de 16 bits.

El conector de 50 pines especialmente diseñado permite conectar todas las señales directamente a la placa.

Es configurable y calibrable totalmente por software.

Su pequeño peso y tamaño asociado con su bajo consumo la hacen ideal para su utilización en computadoras portátiles.

Viene equipada con un driver completo provisto por National Instruments, trae incorporadas todas las librerías para la adquisición de datos desde el software LabView.

Software de Aplicación

El software utilizado para el desarrollo de esta aplicación es el LabView el cual fue provisto por el L.I.A.D.E.

En este software la programación se efectúa totalmente en forma gráfica y a través de él es posible crear instrumentos virtuales (VI). Los VI's son módulos de software que simulan el panel frontal de un instrumento y proveen todo lo que puede contener un panel frontal: botones, leds, pantallas, switches, etc.; sólo que ahora, el mismo se opera con la ayuda del mouse y el teclado, además de presentar la versatilidad de utilizar una computadora como escenario del software.

De esta manera cuando se ejecuta un VI en LabView el usuario visualiza y utiliza el panel frontal para manejar el instrumento que haya sido programado.

Para realizar la programación se utiliza una segunda pantalla donde realmente va escrito en forma gráfica el código, la pantalla principal o panel frontal se arma disponiendo los controles e indicadores necesarios para utilizar, operar y visualizar los datos que proporciona el VI, cada uno de ellos posee un elemento asociado en la pantalla donde se realiza la programación 123, 141.

Pantalla Principal

Cuando comienza la ejecución del programa aparece la pantalla que figura a continuación desde donde el usuario puede ingresar a las opciones principales que brinda el software de aplicación.



Figura 60. Pantalla Principal.

Funcionamiento del programa:

Desde esta pantalla, es posible mediante los controles provistos, acceder a las diferentes opciones. Inicialmente el programa espera a que sea presionado alguno de los botones.

- *Nuevo paciente:*

Presionando el control indicado como “ Nuevo paciente ”, el curso del programa se desvía hacia la parte donde podremos realizar una nueva medición. Aparece entonces la primer pantalla donde es posible ingresar información general del paciente, luego podremos pasar a la siguiente pantalla donde se realiza la primer etapa de la medición, llamada “Medición estática”. Una vez completada la misma podemos pasar a la segunda etapa, “Medición dinámica”, aquí en base a los valores obtenidos en la primer etapa se hace el procedimiento inverso.

Desde todas las pantallas anteriores es posible salir y volver a la pantalla principal, también podremos pasar de una pantalla en otra, hacia adelante o atrás, si es necesario revisar los datos ingresados.

En esta rama del programa podemos archivar la medición, para guardar los datos de la medición existe un control “Guardar medición ” en la pantalla “ Ficha personal ” . Todos los datos de la medición son almacenados en un archivo cuyo nombre está dado por los datos colocados en el campo “ Nombre del paciente ”.

- *Consulta de paciente*

Si en el Programa Principal seleccionamos la opción “ Consulta de paciente ” aparece una pantalla similar a la de “ Datos personales “, la diferencia se halla que cambian los controles disponibles.

Pulsando el control “ Leer datos de paciente ” aparece una ventana clásica de Windows para abrir archivos, donde seleccionamos el paciente que se quiere consultar. Se abre el archivo y los datos son mostrados en los campos correspondientes, es posible recorrer las distintas pantallas y también imprimir un reporte. Desde todas las pantallas anteriores es posible salir y volver a la pantalla principal.

- *Calibrar sensores*

Seleccionando la opción “ Calibrar sensores ” aparecerá en la misma pantalla un control desplegable donde podremos seleccionar que sensor queremos calibrar, una vez seleccionado automáticamente aparece la pantalla donde se efectúa la calibración. Terminado el procedimiento se reemplaza la antigua calibración guardada en un archivo por la nueva si se presiona el control “ Reemplazar por calibración anterior ” . Se puede salir sin efectuar ningún cambio simplemente pulsando el control “ Salir ”.

- *Salir*

Presionando el botón “ Salir ” se abandona el programa.

En el siguiente diagrama es posible ver en forma más clara los efectos que produce el pulsado de alguno de los controles dispuestos en la pantalla.

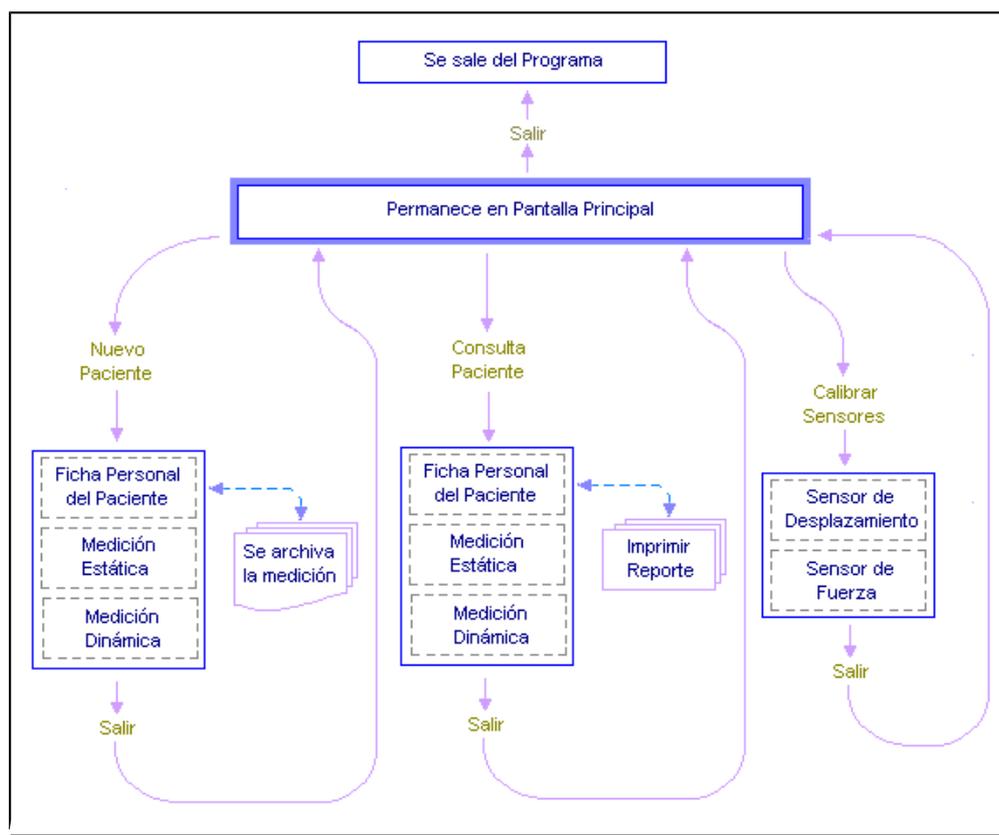


Figura 61. Diagrama en bloques del funcionamiento del VI “Pantalla principal”.

Nuevo paciente

Descripción del sub VI “Ficha personal del paciente”

Si en la pantalla principal seleccionamos la opción “Nuevo paciente”, presionando el control indicado en la figura, accederemos una pantalla donde podremos ingresar todos los datos del paciente al que se le realizará la medición de movilidad dental.

The diagram illustrates the process of entering a new patient's data. It starts with a button labeled "Nuevo Paciente". An arrow points to a detailed form titled "Ficha Personal del Paciente".

The form includes the following sections:

- Header:** "Ficha Personal del Paciente" and "N° Paciente".
- Personal Data:** Fields for "Fecha", "Nombre", "Edad", and "Teléfono".
- Incident Details:** Fields for "¿Cuándo sucedió?", "¿Cómo ocurrió?", and "¿Dónde aconteció?".
- Lesiones (Injuries):**
 - Dropdowns for "Tejidos Blandos Intraorales" and "Tejidos de Sosten".
 - A grid for "Dientes Lesionados" (Damaged Teeth) with columns for teeth 13, 12, 11, 21, 22, 23, 43, 42, 41, 31, 32, 33.
 - Fields for "Tipo de Férula" and "Tiempo en días".
 - An "Observaciones:" text area.
- Navigation and Actions:**
 - Buttons for "Seleccionar Rx" and "Seleccionar Foto".
 - Buttons for "Borrar Datos", "<< Atrás", "Adelante >>", "Guardar Medición", and "Salir".

Figura 62. Pantalla del Sub VI “Ficha de datos personales del paciente”.

Los datos que se pueden ingresar en la ficha son los necesarios y requeridos para tener una idea clara del accidente, no comprende antecedentes médicos, ni tampoco datos odontológicos sobre salud bucal; éstos datos son asentados en la historia clínica general del paciente. La información específica se carga seleccionando con el puntero del mouse alguna de las zonas habilitadas para su ingreso, o bien se puede desplazar por los ítems con la ayuda de la tecla “Tab”. Debemos tener en cuenta que algunos datos sólo pueden tener valores numéricos, los campos indicados corresponden a los valores con esta característica.

La ficha cuenta con una zona destinada al ingreso de los datos personales del paciente, nombre, edad, domicilio, etc.; que permiten su archivo y pronta localización.

Figura 63. Zona de la pantalla destinada para el ingreso de datos personales del paciente.

Debajo de la zona anterior se encuentran tres campos alfanuméricos donde es posible describir las características más relevantes del accidente, las cuales ayudarán a que el profesional tenga una idea clara de la magnitud del accidente. Saber cuando sucedió el accidente puede determinar la planificación terapéutica y está en relación directa con el tiempo de exposición pulpar, dislocación y permanencia extralveolar del elemento dentario en los casos de avulsión.

Figura 64. Zona de la pantalla destinada para la descripción del accidente.

A continuación se encuentra una zona donde, por medio de menús desplegables, es posible seleccionar la patología que presenta el diente al que se le va a realizar la medición:

Tejido blandos intraorales:

- Edema
- Hematoma
- Laceración
- Desgarro

Tejidos de sostén:

- Concusión
- Subluxación
- Luxación extrusiva
- Desplazamiento lateral
- Avulsión
- Luxación intrusiva
- Fractura radicular
- Fractura de apófisis alveolar

También, por medio de una codificación numérica (odontograma simplificado), es posible indicar la lesión que presenta cada diente en particular, ya que en el accidente se pueden dañar más de una pieza dental.

En la parte derecha se ingresa el tratamiento aplicado. Es posible indicar el tipo de férula utilizada y la cantidad de días que el paciente la llevará colocada.

Una ventana destinada a "Observaciones" permite adjuntar información de interés sobre el caso clínico en tratamiento.

Figura 65. Zona de pantalla destinada a describir zona afectada, lesión y tratamiento efectuado.

Para tener una visión más real del daño sufrido, se designó un área donde es posible insertar una fotografía de la zona afectada, como así también una radiografía. Para ello se debe disponer de la imagen en formato de mapa de bits ".BMP"; por cuestiones de conveniencia; con una resolución de 8 bits y su tamaño debe ser menor a 255x145 píxeles para que pueda ser mostrada en su totalidad en la zona destinada. Simplemente presionando los controles que están en la parte superior de los indicadores: "Seleccionar Rx" ó "Seleccionar foto", aparecerá una pantalla donde se deberá indicar el camino y el archivo de imagen que se desea mostrar.



Figura 66. Zona de la pantalla destinada a mostrar imágenes de la zona afectada.

Para controlar la secuencia del programa, en la zona derecha se encuentran los controles que permiten decidir que se desea hacer.



Figura 67. Controles del flujo del programa.

- *Salir*
Con el control "Salir" se sale de la pantalla actual y se pasa a la pantalla principal.
- *Adelante >>*
Presionando la opción "Adelante >>" se pasa a la pantalla donde es posible realizar la medición estática.
- *Atrás <<*
Si en cambio se elige "Atrás <<" se pasa a la pantalla donde se puede realizar la medición dinámica, cabe aclarar que para realizar ésta antes debemos realizar la medición estática ya que los datos que son tomados se basan en los de esta última.
- *Borrar datos*
Si deseamos borrar los datos que contiene la ficha sólo es necesario seleccionar con el puntero la opción "Borrar datos" y la ficha quedará vacía, pudiendo a continuación llenarla con datos nuevos.
- *Guardar*
Una vez realizadas todas las mediciones debemos guardar los datos obtenidos para ello presionando el botón "Guardar", se guardará toda la información en un archivo con el mismo nombre que el que figura en el campo "Nombre del paciente".

En el siguiente gráfico es posible apreciar de modo más claro el flujo del programa y las acciones que provocan cada uno de los controles.

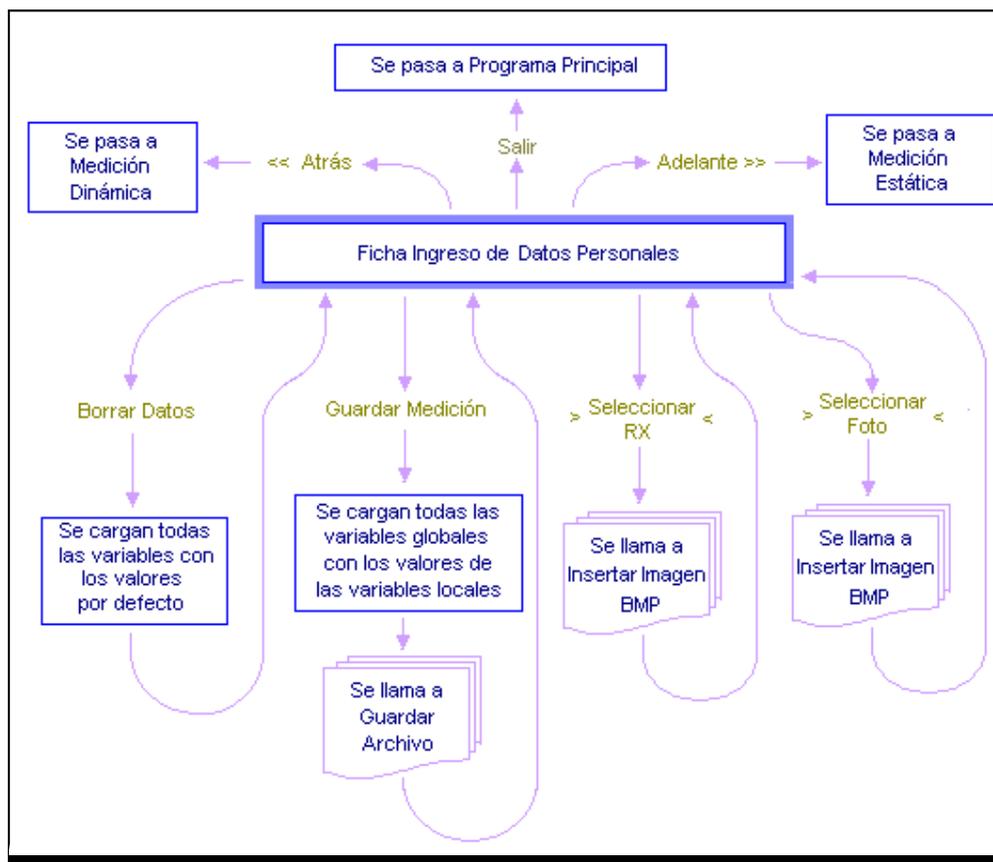


Figura 68. Diagrama en bloques del funcionamiento del sub VI Ficha de Datos Personales del Paciente.

Archivos de Imágenes en BMP:

Uno de los formatos disponibles para almacenar imágenes es el conocido “mapa de bits”. Su principal ventaja de las imágenes BMP’s es que no están comprimidas, por lo que son fáciles de leer, por otro lado una de sus mayores desventajas es el gran tamaño que ocupan. Una imagen BMP puede contener imágenes con 1, 4, 8, ó 24 bits de colores. Los archivos con formato de 4 u 8 bits incluyen paletas de colores. En el formato de 24 bits esto no es necesario debido a que cada pixel especifica su propia composición de colores RGB. Las imágenes en archivos BMP son almacenados al revés, esto significa que la primer línea de la imagen leída de este tipo de archivos corresponde a la línea de más abajo de la imagen.

Las líneas de imagen en un archivo BMP son siempre rellenas hasta la palabra final. Es importante tener esto en mente, porque las imágenes de tamaño impar que son decodificadas con los largos de líneas calculados con el campo “PIXELS2BYTES” se dibujarán desplazadas.

Un archivo BMP siempre comienza con un encabezamiento. Existen dos tipos de estructuras dependiendo de la fuente que lo genera. El más común es llamado “BITMAPINFOHEADER”, que es el utilizado por Windows.

- El campo id siempre contiene el string BM, identificando que es un archivo BMP.
- El valor “filesize” es el tamaño total del archivo.
- El “headersize” especifica cuan grande es el encabezamiento del archivo. Y también especifica el “offset” al real mapa de bits en el archivo.

Para que en la ficha de paciente se puedan mostrar estas imágenes, fue necesaria la utilización de una librería extra, “Picture control toolkit”, disponible en LabView. La misma contiene indicadores apropiados con los que se manejan dichas imágenes BMP.

Debido a la variedad de cantidad de bits de la imagen y para simplificar la tarea de programación, se optó solamente por ofrecer la posibilidad de abrir BMP’s de 8 bits de colores de la imagen, ya que con esta resolución no se pierde definición apreciable en las imágenes que se utilizarán.

Medición estática

A esta pantalla se accede desde el subVI Medición estática presionando el control “Adelante” o bien desde Datos personales accionando el control “Atrás”.

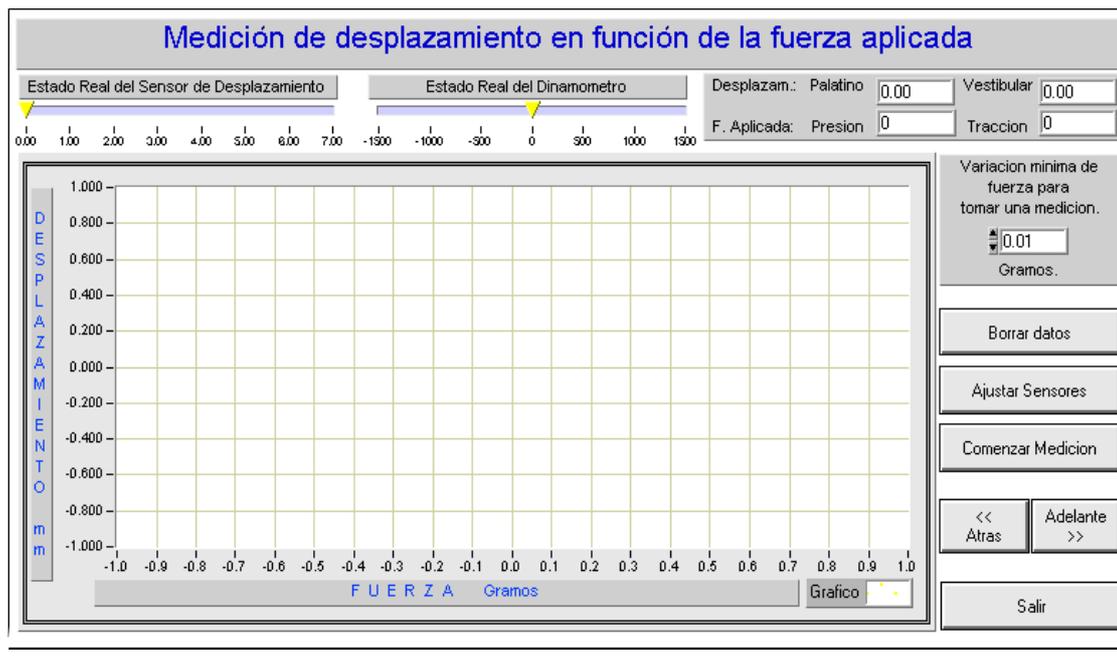


Figura 69. Pantalla del SubVI Medición estática.

Descripción de los elementos que componen la pantalla y su función

- *Estado real del sensor de desplazamiento:*

Se halla en la parte superior de la pantalla e indica la posición real del sensor de desplazamiento, esta información es útil para lograr posicionar el sensor de manera adecuada para iniciar las mediciones. Esta es, ubicarlo en una zona media del rango total mostrado, entre 3 y 4, para que cualquiera sea el sentido del movimiento del diente el sensor pueda tener la capacidad de acompañar ese movimiento.

- *Estado real del dinamómetro:*

Se encuentra en la parte superior de la pantalla a la derecha del indicador anterior y muestra la posición real del dinamómetro, la cual en estado de reposo, sin traccionar ni presionar, debería estar señalando el valor “cero gramos” aproximadamente.

- *Desplazamiento y fuerza aplicada:*

En la zona superior izquierda de la pantalla se hallan los indicadores que muestran los valores máximos de desplazamiento y fuerza aplicada en ambos sentidos: “*Palatino*” presionando hacia adentro de la cavidad bucal y “*Vestibular*” traccionando hacia afuera de la cavidad bucal.

- *Variación mínima de la fuerza para tomar una medición:*

Podremos definir el “valor delta” de fuerza mínimo para tomar un nuevo punto de medición; esto es, cuando se comienza a “muestrear” el canal correspondiente al dinamómetro y se obtiene el valor de la fuerza interpolando con los datos del archivo de calibración, cada nuevo valor obtenido se compara con el valor inmediato anteriormente tomado, si la diferencia no es mayor que el “delta especificado” no se agrega un nuevo punto al gráfico. Si en cambio es mayor se toman los pares de valores correspondientes (F_x , D_x) y se los carga en el arreglo.

Si la cantidad de valores tomados excede la capacidad de pares de valores determinada por software, debido a que el “delta especificado” es demasiado pequeño, automáticamente se borrarán todas las variables cargadas con los datos de la medición y la misma se deberá reiniciar.

- *Gráfico:*

Sirve para ir graficando los pares de valores (Fuerza; Desplazamiento = f (Fuerza)). Se lo utiliza para visualizar gráficamente el progreso y resultado de la medición .

- *Borrar datos:*

Si la medición no resultare satisfactoria, el usuario tiene la posibilidad de reiniciar la medición pero debe borrar todos los datos registrados anteriormente. Una vez realizada esta operación se limpian todos los registros donde se cargarán los nuevos datos.

- *Ajustar sensores:*

Para efectuar una medición, el operador, debe posicionar correctamente los sensores, para ello existe la opción “*Ajustar sensores*”. Presionando este botón se comienzan a muestrear continuamente los canales de ambos sensores y es posible ver su variación continua en los indicadores “*Estado real del dinamómetro* y *Estado real del sensor de desplazamiento*”.

La ubicación correcta antes de comenzar la medición es:

- Sensor de desplazamiento : En la zona central del indicador, o sea entre 3 y 4 mm.
- Dinamómetro : En la zona central del indicador, o sea cercano a 0 gramos.

Cuando todo está correcto, se presiona el mismo control que ahora aparecerá con el nombre de “*Sensores O.K*”. Es imprescindible que no se produzca ningún movimiento de las partes de aquí en mas ya que con éstos valores se ubica el centro de coordenadas (0, 0) de los ejes X,Y (fuerza, Desplazamiento) y a partir de allí se obtienen los desplazamientos relativos.

Ante la sospecha de un movimiento del sistema de referencia se deben ajustar nuevamente los sensores.

- *Comenzar medición:*

Una vez borrados todos los datos viejos almacenados y habiendo posicionado o ajustado correctamente los sensores se puede comenzar la medición. Presionando el control provisto se comienzan a analizar los datos que llegan de los sensores, si el valor de fuerza captado supera el “delta especificado” se carga un nuevo par de valores y así sucesivamente.

Una vez obtenido el registro se debe presionar el mismo control que ahora aparece con la inscripción “Detener medición” para dejar de “muestrear” los canales asociados a los sensores.

- *Atrás - Adelante:*

Sirven para pasar de una pantalla en otra dentro de la opción “Nuevo paciente”. En este caso presionando “Atrás” se vuelve al subVI “Ficha de datos personales del paciente”. Seleccionando “Adelante” se pasa al subVI “Medición dinámica”.

- *Salir:*

Con esta opción se regresa al menú principal, es importante aclarar que no se puede asegurar que ninguno de los datos obtenidos hasta el momento sean reales si se vuelve a entrar en esta opción porque se presionó este control por equivocación. Por lo tanto habrá que realizar una nueva medición.

En el siguiente gráfico es posible ver claramente el efecto de cada uno de los controles y se da una breve descripción de los rutinas a las que se accede a través de los mismos.

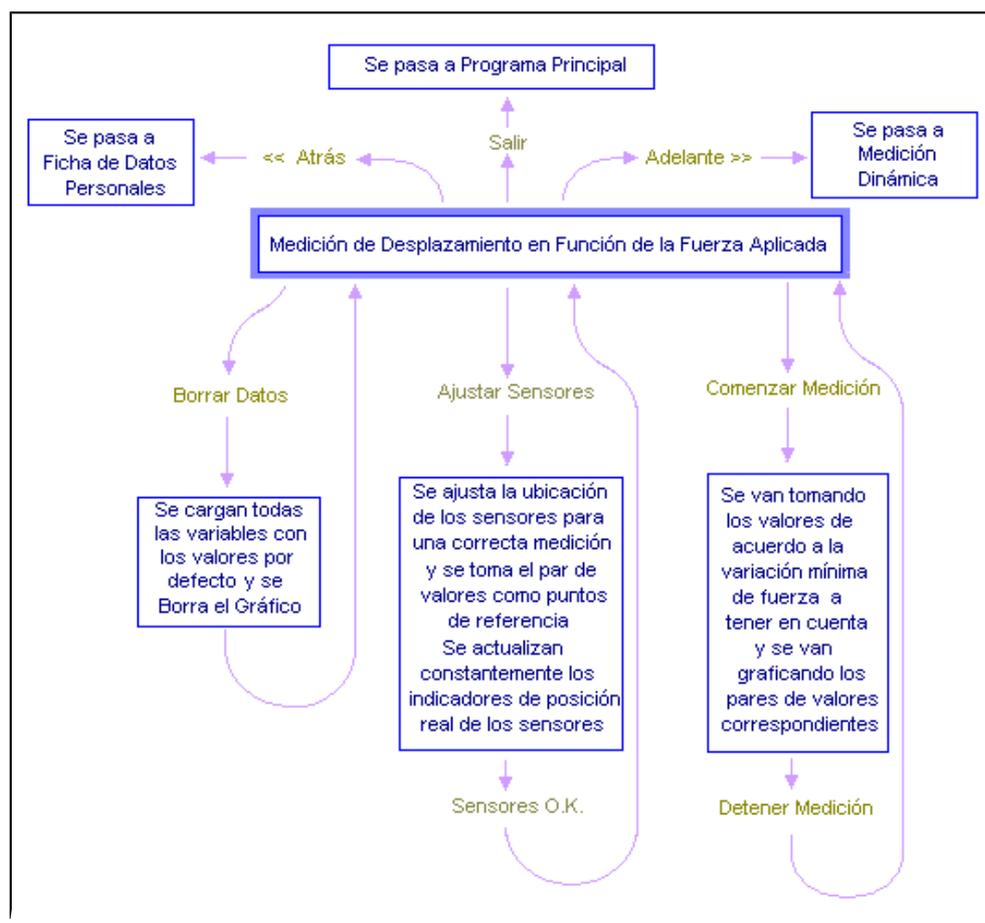


Figura 70. Diagrama en bloques del funcionamiento del subVI “Medición estática”

Descripción del sub VI “Medición dinámica”

A esta parte del programa se accede desde el subVI “Medición estática” presionando el control “Adelante” ó bien desde el subVI “Datos personales” accionando el control “Atrás”.

Aparecerá entonces la pantalla del subVI “Medición dinámica” que se muestra más abajo, aquí es posible efectuar una medición del movimiento del diente en cuestión durante la realización de movimientos fisiológicos comunes, (por ejemplo masticación, deglución, fonación) y obtener el grado de firmeza de la férula para mantener el diente en posición para su recuperación.



Figura 71. Pantalla del Sub VI “Medición dinámica”.

Descripción de los elementos que componen la pantalla y su función:

- *Nombre:*

Se halla en la parte superior izquierda de la pantalla, el mismo contiene los datos que fueron cargados en el campo “Nombre del paciente” en el Sub VI “Datos personales del paciente”.

- *Estado real del sensor de desplazamiento:*

Se halla a la derecha del indicador anterior e indica la posición real del sensor de desplazamiento. Sirve para verificar que el sensor se halla ubicado adecuadamente al iniciar las mediciones.

- *Variación mínima del desplazamiento para tomar un nuevo punto medición:*

Podremos definir el “valor delta” desplazamiento mínimo para tomar un nuevo punto de medición; esto es, cuando se comienza a “muestrear” el canal correspondiente al sensor de desplazamiento y se obtiene el valor del movimiento interpolando con los datos del archivo de calibración. Cada nuevo valor obtenido se compara con el valor inmediato anteriormente tomado, si la diferencia no es mayor que el “delta especificado” no se agrega un nuevo punto al gráfico. Si en cambio es mayor se toman los pares de valores correspondientes (Dx, Fx) y se los carga en el arreglo.

Si la cantidad de valores tomados excede la capacidad de pares de valores determinada por software, debido a que el “delta especificado” es demasiado pequeño, automáticamente se borrarán todas las variables cargadas con los datos de la medición y la misma se deberá reiniciar.

- *Gráfico:*

Sirve para ir visualizando en un gráfico los pares de valores: Desplazamiento , Fuerza = f (Desplazamiento). Se lo utiliza para visualizar progreso y resultado de la medición.

- *Borrar datos:*

Si la medición no resultase satisfactoria, el usuario tiene la posibilidad de reiniciar la medición pero debe borrar todos los datos registrados anteriormente, una vez realizada esta operación se limpian todos los registros donde se cargarán los nuevos datos.

- *Comenzar medición:*

Una vez borrados todos los datos viejos almacenados se puede comenzar la medición. Presionando el control provisto se comienzan a analizar los datos que llegan del sensor de desplazamiento, si el valor de desplazamiento captado supera el “delta especificado” se interpola el valor de la fuerza correspondiente a ese desplazamiento, se carga un nuevo par de valores y continúa así sucesivamente hasta terminar con la medición.

Una vez obtenido el registro se debe presionar el mismo control que ahora aparece con la inscripción “*Detener medición*” para dejar de “muestrear” el canal del sensor de desplazamiento.

- *Atrás - Adelante:*

Sirven para pasar de una pantalla en otra dentro de la opción “Nuevo paciente”. En este caso presionando “*Atrás*” se vuelve al subVI “Medición estática”. Seleccionando “*Adelante*” se pasa al subVI “Ficha de datos personales del paciente”.

- *Salir:*

Con esta opción se regresa al menú principal, es importante aclarar que no se puede asegurar que ninguno de los datos obtenidos hasta el momento sean reales si se vuelve a entrar en esta opción porque se presionó este control por equivocación. Por lo tanto habrá que iniciar una nueva medición.

El siguiente diagrama es útil para comprender las acciones que provocan los controles disponibles y entender el funcionamiento del SubVI.

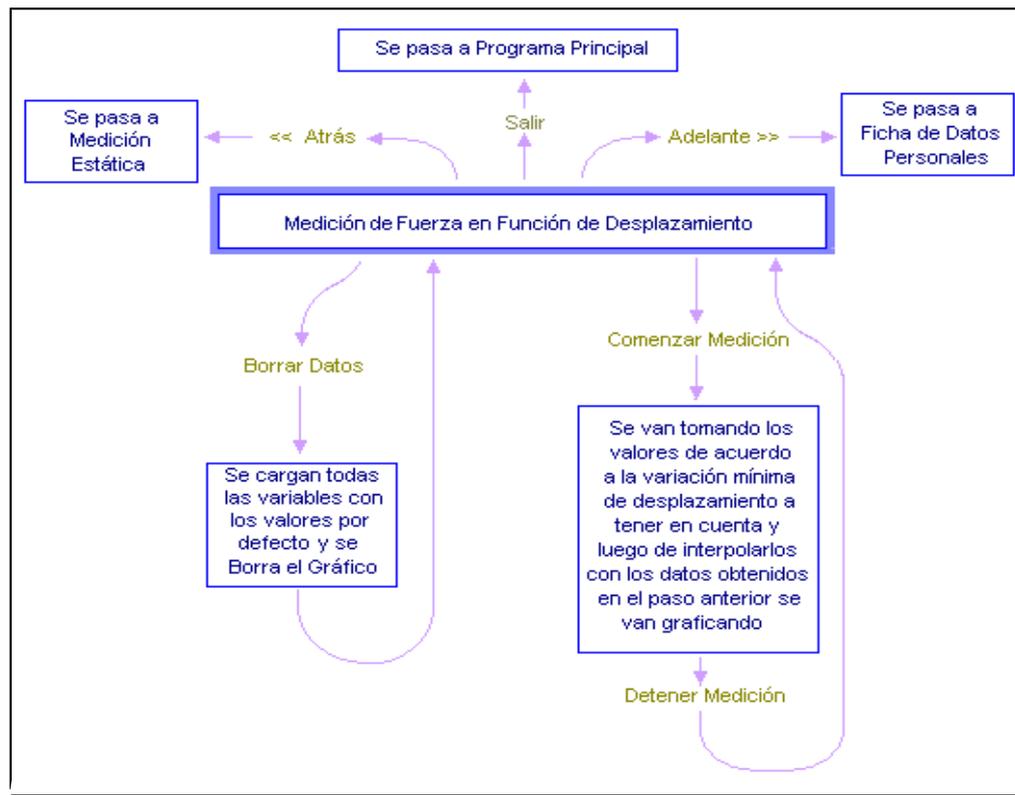


Figura 72. Diagrama en bloques del funcionamiento del subVI "Medición dinámica"

Consulta de paciente

Descripción del Sub VI "Mostrar ficha personal del paciente"

Si en la pantalla principal seleccionamos la opción "Leer datos de pacientes", presionando el control indicado en la figura, accederemos una pantalla donde podremos tener la opción de ver todos los datos de los pacientes a que han sido evaluados.

The screenshot shows a software interface. At the top left is a button labeled 'Consulta Paciente'. A green arrow points from this button to a larger window titled 'Ficha Personal del Paciente'. This window has a blue header bar with the title. Below the header, there are several input fields: 'Fecha' (containing '31/12/1903'), 'Nombre', 'Edad', and 'Teléfono'. Below these are fields for 'Comida' and 'Bebida'. A section with three columns is headed by questions: '¿Cuándo sucedió?', '¿Cómo ocurrió?', and '¿Dónde aconteció?'. Below this is a section titled 'Lesiones' with sub-sections for 'Tejidos Blandos Intraorales', 'Tejidos Duros', and 'Dientes Lesionados'. The 'Dientes Lesionados' section contains a grid of checkboxes for teeth numbered 13 through 33. To the right of this grid are fields for 'Tipo de Férula' and 'Tiempo en días'. At the bottom of the window, there are two large empty boxes labeled 'Seleccionar Foto' and 'Seleccionar Rx'. On the right side, there is a vertical stack of buttons: 'Leer Datos de Paciente', '<< Atras | Adelante >>', 'Guardar Informe Modificado', 'Imprimir Informe del Paciente', and 'Salir'.

Figura 73. Pantalla del Sub VI “Mostrar ficha de datos personales del paciente”.

La ficha contiene los mismos campos que los del subVI “Nuevo paciente”. Los datos que se pueden ver son los mismos que fueron cargados en el momento de realizar la medición. También es posible modificar algunos campos de la pantalla .

Para controlar la secuencia del programa, en la zona inferior derecha se encuentran los controles que permiten decidir que se desea hacer.

This is a close-up of the navigation controls from the patient record form. It consists of a vertical stack of five buttons: 'Leer Datos de Paciente' (light blue), '<< Atras | Adelante >>' (light blue), 'Guardar Informe Modificado' (light green), 'Imprimir Informe del Paciente' (light green), and 'Salir' (bright blue).

Figura 74. Controles del flujo del programa.

- *Leer datos del paciente*

Si deseamos consultar por un paciente ya evaluado, presionando este control se abre una ventana donde es posible buscar y seleccionar el archivo del paciente que se desea consultar.

- *Adelante >>*

Presionando la opción “ Adelante >> ” se pasa a la pantalla donde se muestra la medición estática del paciente.

- *Atrás <<*

Si en cambio se elige “ Atrás << ” se pasa a la pantalla donde se puede ver los datos correspondientes a la medición dinámica.

- *Guardar informe modificado*

Habiendo realizado la consulta y si agregamos o cambiamos la fotografía ó la imagen de Rx y deseamos cambiar los datos almacenados, es posible modificar el archivo y reemplazarlo por el nuevo simplemente presionando este botón.

- *Imprimir informe del paciente*

Presionando este control el programa imprime un reporte de los datos del paciente en una hoja. La misma es útil para tener un registro de las mediciones realizadas y para comparar los resultados obtenidos.

- *Salir*

Con el control “ Salir ” se sale de la pantalla actual y se pasa a la pantalla principal.

La ficha completa presenta una distribución como la que aparece a continuación:

Ficha Personal del Paciente

N° Paciente
0

Fecha

Nombre

Edad

Teléfono

Domicilio

Barrio

¿Cuándo sucedió?

¿Cómo ocurrió?

¿Dónde aconteció?

Lesiones

Tejidos Blandos Intraorales

Tejidos Duros

Observaciones:

Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
43	42	41	31	32	33

Tipo de Férula

Tiempo en días

Rayos X

Fotografía

MEDICION ESTATICA

Traccion 0 grs. 0.00 mm

Presion 0 grs. 0.00 mm

MEDICION MOV. FISIOLÓGICOS

Traccion 0 grs. 0.00 mm

Presion 0 grs. 0.00 mm

Medición Estática

<<< Palatino
Unidad GRAMOS
Vestibular >>>
Grafico

Medición Durante Movimientos Fisiológicos

<<< Palatino
Unidad: Milímetros
Vestibular >>>
Grafico

Figura 75. Formato de la ficha impresa conteniendo los datos y medición efectuada al paciente

A esta pantalla accede desde el subVI “Mostrar datos de personales del paciente” presionando el control “Adelante” ó bien desde “Mostrar medición dinámica” accionando el control “Atrás”.

En la figura siguiente se presenta el panel frontal de medición estática:



Figura 76. Pantalla del SubVI “Mostrar medición estática”.

Descripción de los elementos que componen la pantalla y su función:

- *Desplazamiento y fuerza aplicada:*

En la zona superior derecha de la pantalla se hallan los indicadores que muestran los valores máximos de desplazamiento y fuerza aplicada en ambos sentidos: *Palatino* o hacia adentro de la cavidad bucal y *Vestibular* o hacia afuera de la cavidad bucal.

- *Gráfico:*

Sirve para visualizar el resultado de la medición (Fuerza - desplazamiento).

- *Atrás - Adelante:*

Sirven para pasar de una pantalla en otra dentro de la opción “Consulta de paciente”. En este caso presionando “Atrás” se vuelve al subVI “ Ficha de datos personales del paciente”. Seleccionando “Adelante” se pasa al subVI “Mostrar medición dinámica”.

- *Salir:*

Con esta opción se regresa al menú principal.

En el siguiente gráfico es posible ver claramente el efecto de cada uno de los controles y se da una breve descripción de los rutinas a las que se accede a través de los mismos.

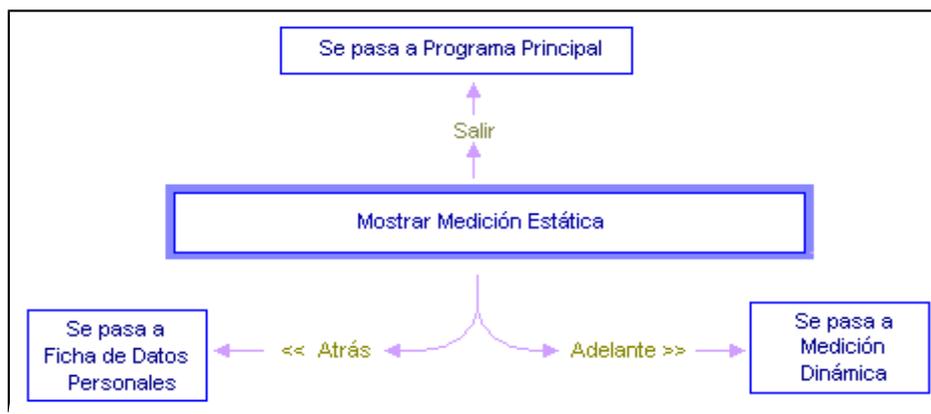


Figura 77. Diagrama en bloques del funcionamiento del subVI "Mostrar medición estática"

Descripción del sub VI "Mostrar medición dinámica"

A esta parte del programa se accede desde el subVI "Medición estática" presionando el control "Adelante" ó bien desde el subVI "Datos personales" accionando el control "Atrás".

Aparecerá entonces la pantalla del subVI "Mostrar medición dinámica" que se muestra abajo.



Figura 78. Pantalla del Sub VI "Mostrar medición dinámica"

Descripción de los elementos que componen la pantalla y su función:

- *Nombre:*

Se halla en la parte superior izquierda de la pantalla, el mismo contiene los datos que fueron cargados en el campo “Nombre del paciente” en el Sub VI “Datos personales del paciente”.

- *Gráfico:*

Sirve para visualizar en un gráfico los pares de valores (Desplazamiento - fuerza) que resultaron de la medición.

- *Desplazamiento y fuerza aplicada:*

En la zona superior izquierda de la pantalla se hallan los indicadores que muestran los valores máximos de desplazamiento y fuerza registrados en ambos sentidos “Palatino” hacia dentro de la cavidad bucal y “Vestibular” hacia afuera de la cavidad bucal.

- *Atrás - Adelante:*

Sirven para pasar de una pantalla en otra dentro de la opción “Consulta de paciente”. En este caso presionando “Atrás” se vuelve al subVI “Mostrar medición estática”. Seleccionando “Adelante” se pasa al subVI “Mostrar ficha de datos personales del paciente”.

- *Salir:*

Con esta opción se regresa al menú principal.

El siguiente diagrama es útil para comprender las acciones que provocan los controles disponibles y entender el funcionamiento del SubVI.



Figura 79. Diagrama en bloques del funcionamiento del subVI “Mostrar medición dinámica”.

Descripción de los sub VI’s “Calibrar sensores”

Para lograr linealidad en los sensores se realiza la calibración de los mismos. El proceso se basa en obtener las lecturas en volts de los canales y asociarles el valor suministrado por la persona que realiza la calibración, el cual se basa en leer en la escala del instrumento patrón para conocer con que magnitud física se está excitando el elemento sensor.

Los pares de valores se guardan en una tabla que luego servirá para interpolar el valor de la magnitud física teniendo como dato el valor de tensión.

Calibración del dinamómetro

Si en la pantalla principal seleccionamos la opción "Calibrar sensores", en la pantalla principal aparecerá un sub-menú desplegable en el cual podremos seleccionar cual de los sensores queremos calibrar. Si por ejemplo en el control desplegable elegimos la opción "Dinamómetro", accederemos al subVI "Calibración del dinamómetro ó sensor de fuerza. El mismo se muestra en la siguiente figura.

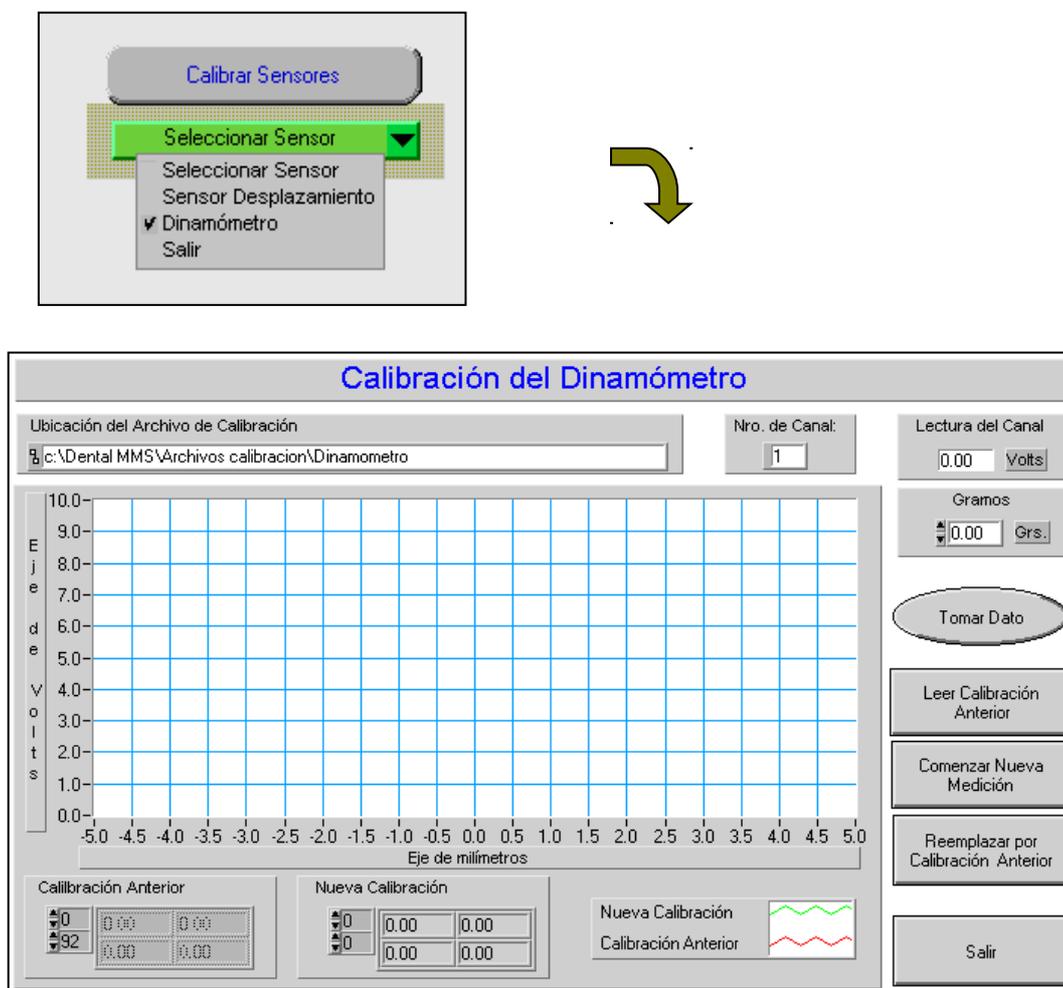


Figura 80. Pantalla del Sub VI "Calibrar dinamómetro"

Descripción de los elementos que componen la pantalla y su función

- *Ubicación del Archivo Calibración:*

En la parte superior de la pantalla aparece un indicador que muestra la ruta de acceso del archivo calibración.

- *Número de canal:*

Indica el número del canal de la placa de adquisición de datos dedicado a la tomar los datos del sensor de fuerza o dinamómetro.

- *Lectura del canal en volts:*

Se puede observar el valor de tensión que se lee en dicho canal.

- *Gramos:*

Aquí se introduce el valor de la fuerza con la cual se está excitando el sensor.

- *Tomar dato:*

Botón que cuando es presionado hace que se tomen los pares de valores que aparecen en el indicador del *valor de tensión* y en el control “*Tomar dato*”, apareciendo el nuevo punto en el gráfico y el indicador que figura en la parte inferior de la pantalla.

- *Leer calibración anterior:*

Seleccionando esta opción se lee el archivo de calibración vigente datos que son llamados con el título de “*Calibración anterior*” apareciendo los pares de valores en el indicador y a la vez en el gráfico.

- *Comenzar nueva medición:*

El mismo se lo utiliza para comenzar a muestrear continuamente el canal asociado al sensor de fuerza, apareciendo los datos continuamente actualizados en el indicador lectura del canal en volts.

- *Detener medición:*

Una vez cargados los pares de valores (*Gramos - voltaje*) en todo el rango del sensor, detenemos el muestreo continuo del canal presionando este control, el cual es el mismo control que el utilizado para “*Comenzar nueva medición*”. Solo que cuando se está “muestreando” el canal cambia de nombre y aparece con la inscripción “*Detener medición*”.

- *Reemplazar por calibración anterior:*

El mismo sirve para reemplazar los datos del archivo calibración por los nuevos datos introducidos.

- *Gráfico:*

Sirve para ir graficando los pares de valores (Fuerza. Volts = f (Fuerza). Se lo utiliza para visualizar gráficamente el progreso y resultado de la calibración.

- *Salir:*

Con esta opción se regresa al menú principal.

El procedimiento para ir cargando los pares de valores asociados es el siguiente:

Se comienza con el elemento captador del sensor en la posición normal y se toma ese punto como "cero gramos", presionamos luego el botón "Tomar dato" y el par de valores asociados (Volts - gramos) se va almacenando en un arreglo bidimensional el cual se va mostrando en el indicador "Nueva calibración" y a la vez se va graficando con trazos en color verde. A continuación se procede, con la ayuda de unas pesas de valor conocido, a ir colocando en el elemento captador las pesas de una en una, como por ejemplo 50 grs., 100 grs., etc. Se van introduciendo manualmente estos valores en el control " Gramos" y vamos presionando el control "Tomar dato".



Figura 81. Algunas pesas utilizadas para calibrar el dinamómetro

Vamos viendo como progresa la gráfica y los pares de valores cargados en el indicador bidimensional a medida que continuamos tomando pares de valores descriptos con el procedimiento anterior.

Recorremos entonces todo el rango del sensor para lograr que a cada valor de tensión le corresponda un valor de desplazamiento a partir de su posición normal inicial. Alcanzado este punto detenemos la medición presionando el mismo control con el que la iniciamos.

Si el procedimiento de "Calibración" resulto satisfactorio podemos archivar los valores obtenidos seleccionando "Reemplazar calibración anterior", reemplazándose el antiguo archivo por el nuevo. Si por el contrario el procedimiento empleado no es correcto podremos iniciar nuevamente el procedimiento de calibración.

El archivo de calibración sólo es cambiado únicamente si presionamos el control dispuesto para tal fin, por lo tanto si salimos del subVI directamente la calibración no será modificada.

Este método de calibración posibilita la realización de una linealización del sensor por software ya que en la medición se muestran directamente valores en gramos los cuales son obtenidos realizando el procedimiento inverso, a partir de un valor de tensión tomado del canal se interpola linealmente en el archivo de calibración guardado obteniéndose el valor en gramos.

En el siguiente gráfico se ve claramente como trabaja el programa “Calibración del dinamómetro”.

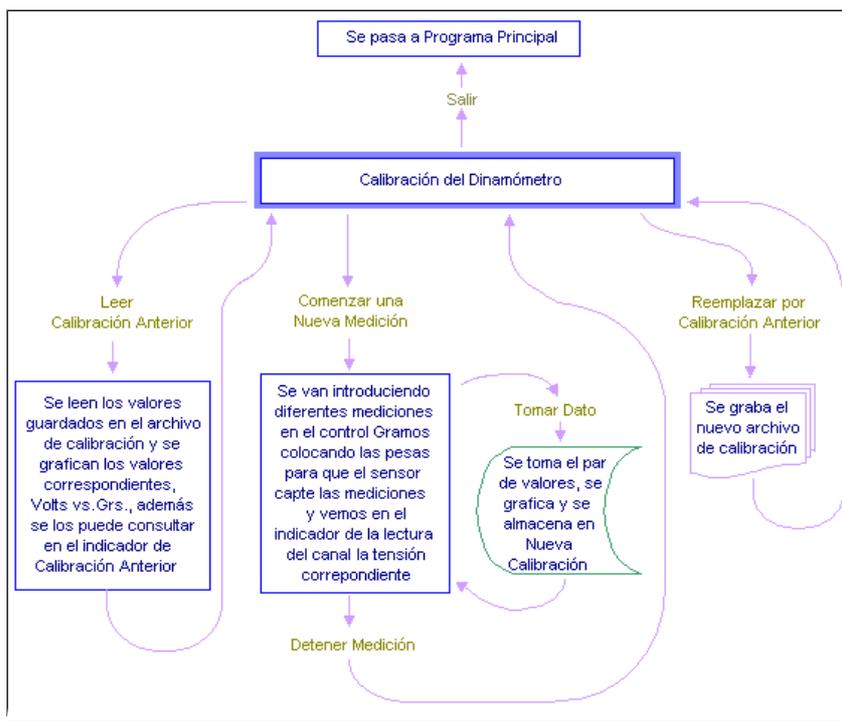


Figura 82. Diagrama en bloques del funcionamiento del subVI “Calibración del dinamómetro”

Calibración del sensor de desplazamiento

Si en la opción “Calibrar sensores” de la pantalla principal seleccionamos ahora en el control desplegable la opción “Sensor de desplazamiento”, accederemos al subVI “Calibración del sensor de desplazamiento”.

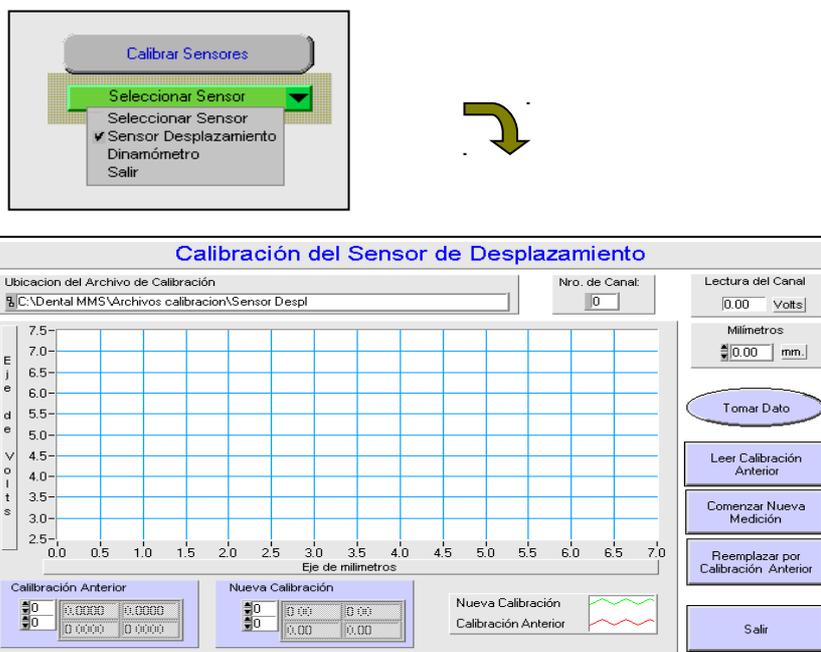


Figura 83. Pantalla del Sub VI “Calibrar sensor de desplazamiento”.

Descripción de los elementos que componen la pantalla y su función:

La descripción de los controles es la misma que para el SubVI “Calibrar dinamómetro”, solo que ahora en vez de introducir valores de fuerza en gramos lo hacemos en milímetros.

Procedimiento para realizar la calibración del sensor de desplazamiento:

Se comienza con el elemento captador del sensor en la posición normal y se toma ese punto como cero milímetros, presionamos luego el botón “Tomar dato” y el par de valores asociados (Volts - Milímetros) se va almacenando en un arreglo bidimensional el cual se va mostrando en el indicador “Nueva calibración” y a la vez se va graficando en color verde. A continuación se procede, con la ayuda de un micrómetro, a ir desplazando el elemento captador en una pequeña cantidad. Por ejemplo, tenemos 0.25 milímetros, se introduce manualmente este valor en el control milímetros y repetimos el procedimiento anterior, es decir presionamos “Tomar dato”.



Figura 84. Micrómetro utilizado para calibrar el sensor de desplazamiento.

Vamos viendo como progresa la gráfica y los pares de valores cargados en el indicador bidimensional a medida que continuamos tomando pares de valores discretos con el procedimiento anterior.

Recorreremos entonces todo el rango del sensor para lograr que a cada valor de tensión le corresponda un valor de desplazamiento a partir de su posición normal inicial. Alcanzado este punto detenemos la medición presionando el mismo control con el que la iniciamos.

Si el procedimiento de calibración resulto satisfactorio podemos archivar los valores obtenidos seleccionando “Reemplazar calibración anterior”, reemplazándose el antiguo archivo por el nuevo. Si por el contrario el procedimiento empleado no es correcto podremos iniciar nuevamente el procedimiento de calibración como se explicó anteriormente.

El archivo de calibración sólo es cambiado únicamente si presionamos el control dispuesto para tal fin, por lo tanto si salimos del subVI directamente la calibración no será modificada.

Este método de calibración posibilita la realización de una linealización del sensor por software ya que en la medición se muestran directamente valores en milímetros los cuales son obtenidos realizando el procedimiento inverso, a partir de un valor de tensión tomado del canal se interpola linealmente en el archivo de calibración guardado obteniéndose el valor en milímetros.

En el siguiente gráfico se ve más claramente como trabaja el SubVI. Se muestran los efectos que producen los controles y se da una breve descripción del efecto que produce cada uno.

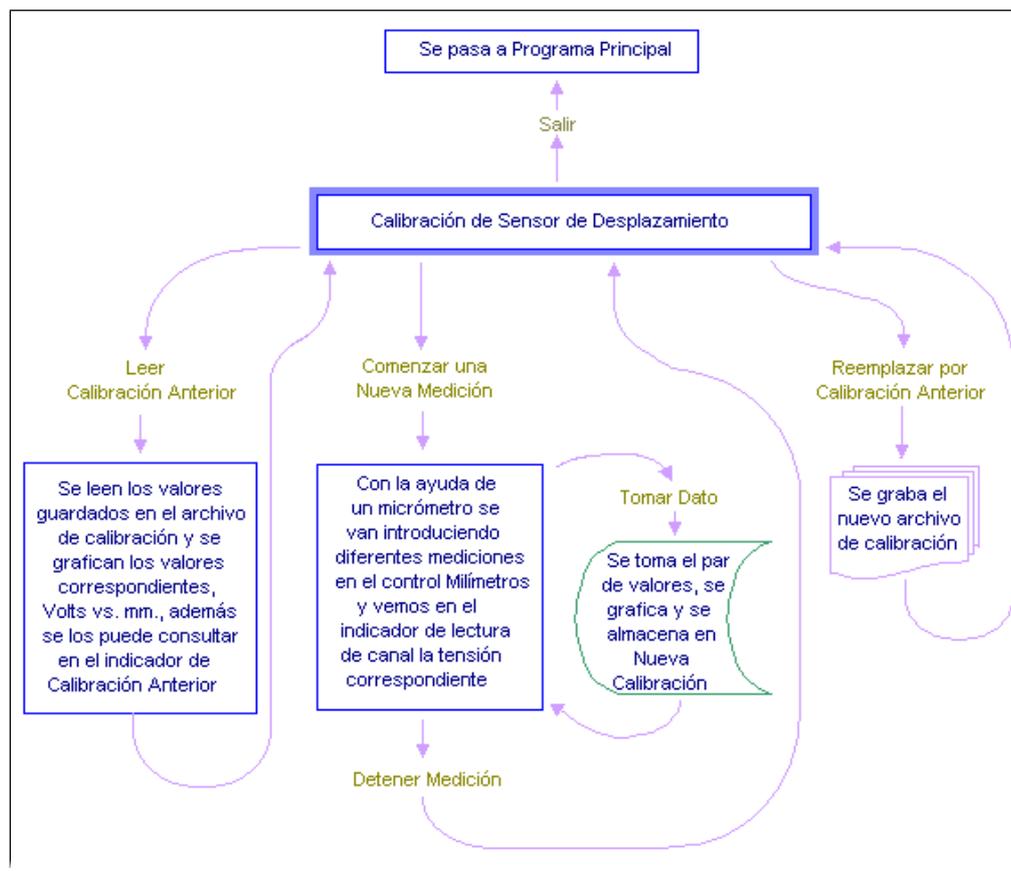


Figura 85. Diagrama en bloques del funcionamiento del subVI calibración del sensor de desplazamiento.

Consideraciones sobre normas de seguridad y bioseguridad

Seguridad:

Debido a que el equipo permite evaluar el movimiento dentario en seres vivos, el mismo puede encuadrarse dentro del equipamiento de uso en electromedicina. Por ello se hace una evaluación sobre el cumplimiento de las normas de seguridad establecidas en nuestro país, específicamente la IRAM 4220 “Seguridad en aparatos de electromedicina”.

La norma se satisface debido a que la única parte que puede quedar en contacto con el paciente, el nexo entre el núcleo del sensor y la parte externa del sensor LVDT, está inherentemente aislada debido al principio de funcionamiento de este tipo de sensores.

La aislación, como se vio anteriormente en la descripción de las características de los LVDT’s, se debe a que en realidad es un transformador y el núcleo está totalmente aislado de los bobinados primarios o secundarios, por lo tanto no es necesaria la utilización de ninguna fuente aislada para proteger al paciente 219,195.

Bioseguridad, 230:

Luego de un análisis detallado de las partes del equipo, por sugerencia del Prof. Dr. Oscar A. N. Pessah (Ex Profesor de la Cátedra de Bacteriología y Virología Médica y Profesor consulto de la U.N.C.), se combinó emplear una dilución de alcohol al 70% y H₂O₂ al 20% Vol. Se obtiene mezclando 100ml. de alcohol puro (95%) + 30,5 ml. de H₂O₂ de 100v./100%. Esto es para la esterilización de los sensores que entran en contacto con el esmalte de la superficie dentaria durante las mediciones en pacientes.

Además, se usa una solución desinfectante para instrumental de mano, a base de glutaraldehído (Napsis Vap 100) para un arrastre mecánico previo de las partes afectadas, con una gasa estéril embebida en el producto 164.

Vista del sistema de medición terminado



Figura 86. Equipo terminado

2. Desarrollo del nuevo modelo de férula: “AUTOSPLINT”

Se planifica el desarrollo de una férula que permita sujetar de una manera sencilla al diente, mejorando los modelos combinados existentes y evitar la utilización de alambres quirúrgicos por el entrenamiento que se necesita para la técnica, como así también, los inconvenientes de ajuste cuando hay daño grave en los tejidos de sostén.

Surge así la idea de bases de soporte termoplásticas individuales, adheridas al diente por resina compuesta fotopolimerizable y conectadas entre sí por un hilo de nylon de 0.5 o 0.6 mm.

Esta base de soporte es similar a un bracket de los utilizados en ortodoncia pero de base perforada, por donde fluye la resina compuesta adhiriendo la base al diente. Dos orejas con un orificio central y ángulos redondeados en los extremos de la pieza permiten el paso del hilo de nylon, enhebrando las mismas según la longitud deseada. Este modelo mejora la férula combinada de hilo de nylon y resina compuesta, considerada una de las de mayor elasticidad.

Luego de concebida la idea original, se consultó a la empresa “Marte S.A.” de Córdoba, donde se realizó el bosquejo preliminar, correspondiente al diseño industrial del componente termoplástico de sujeción para la nueva férula.

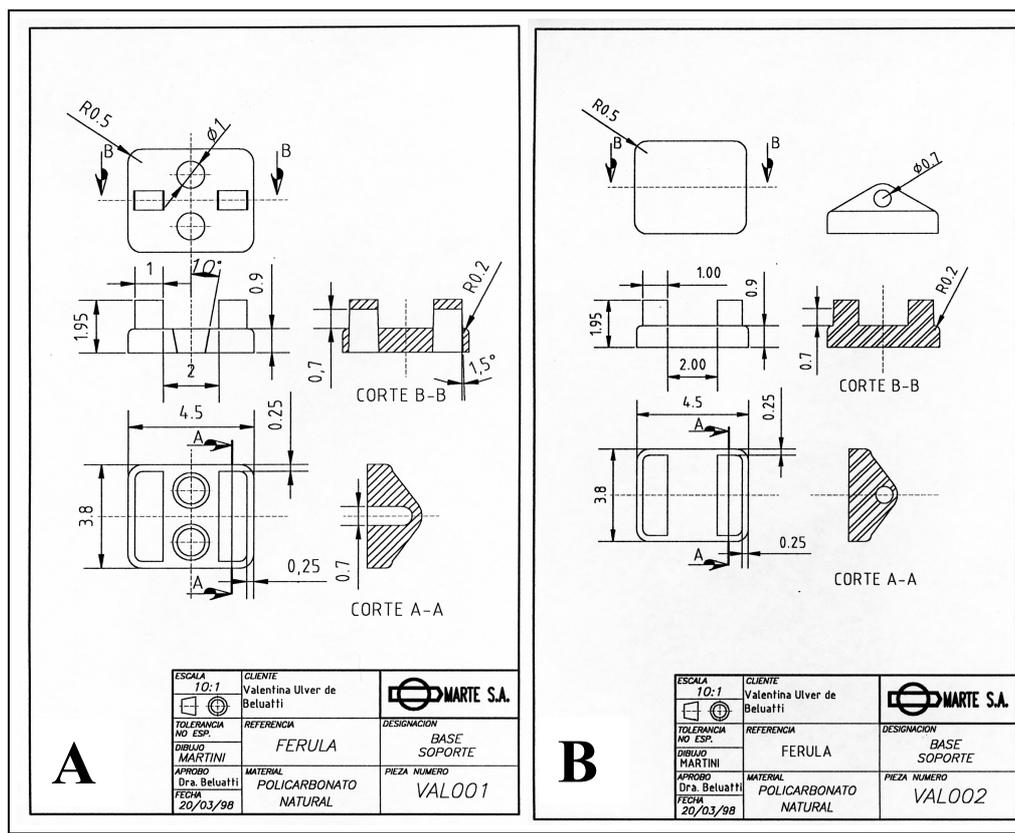


Figura 87. A. Versión original. B. Versión modificada.

Plano original:

También se realizaron ensayos de molde, los cuales una vez puestos a punto produjeron las primeras piezas por inyección para ser evaluadas.

La inyección de las piezas se realizó en tres materiales diferentes para su evaluación:

Materiales	Resistencia a la tracción Mpa	Resistencia a la Flexión MPa a23a	Dureza superficial RM	Color	Absorción de Agua	Adherencia
Polycarbonato	78	132	60	Transparente	Nula	Alta
Poliamida	59	105	59	Opalescente	Alta	Media
Resina acetal.	72	112	92	Opalescente	Nula	Baja
Polipropileno	31	67	37	Opalescente	Nula	Media

Figura 88. Cuadro comparativo de los materiales seleccionados para las pruebas, en relación a un material muy conocido como es el polipropileno.

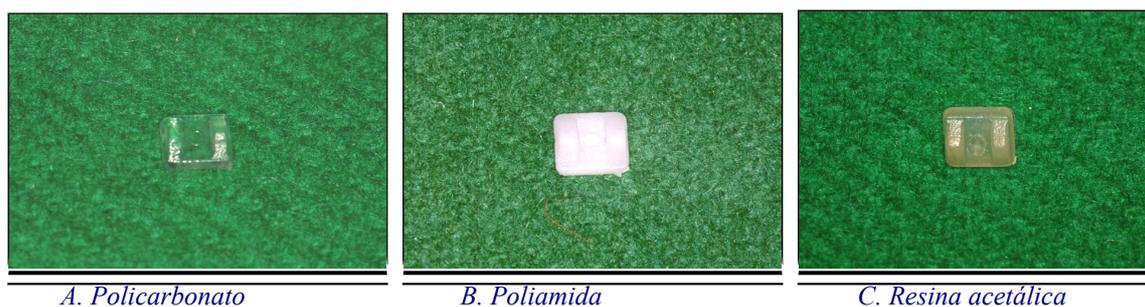


Figura 89. Pieza base. Materiales de prueba.

Polycarbonato: Resultó el material de elección por ser el más estable, tener mayor facilidad de adhesión y no absorber humedad. Es el más estético por su transparencia, característica importante teniendo en cuenta el objetivo final de uso. Con este material se realizó la producción final de las bases.

Obtenidos los primeros prototipos pensamos que aún podríamos mejorar el nuevo diseño pegando en forma autoadhesiva la base al diente. Así surgió la necesidad de utilizar cintas doble faz para realizar las pruebas correspondientes.

Se solicitó al “Laboratorio 3M” muestras de cinta doble faz. En primera instancia nos enviaron cintas de uso industrial. Entre ellas había un producto adecuado que chequeamos en laboratorio; pero encontramos que estas cintas no habían sido nunca aplicadas a seres humanos y esto implicaba una larga serie de pruebas dermatológicas en primera instancia y una larga lista de estudios sobre posibles alergias a algunos componentes de las mismas.

Representando esto una complicación que retrasaba la investigación y distraía nuestros esfuerzos, investigamos otras posibilidades.

Así con la ayuda del personal del Laboratorio de 3M, decidimos probar nuevas cintas médicas quirúrgicas de la misma empresa; contando con la ventaja de estar ya aprobadas para ser usadas en seres humanos.

Del análisis de varios productos seleccionamos dos:

Producto no. 1513 y 9877. Ambos film de poliéster de 1 mm. de espesor y una probada resistencia a la tracción en laboratorio de 1300 y 1800 gramos respectivamente.

Se realiza el pegado de la base de férula sobre modelo dentario. Se observa mayor adhesión con el film 9877 de 1800 grs. de resistencia a la tracción. En cuanto a las pruebas de corte hay dificultad por producirse cierta flotación de la base sobre el diente. Esto es por tratarse de un adhesivo de capa blanda lo cual puede resultar finalmente una ventaja más que una complicación ya que estamos buscando un modelo más flexible.

Estamos evaluando para el futuro la posibilidad de adherir en forma directa de fábrica la cinta a la base. Pero para proseguir con la investigación debimos realizar manualmente el montaje de las mismas a fin de preparar los modelos de experimentación y la construcción de este modelo sobre pacientes.

Preparación de las bases experimentales:

La fabricación de las piezas-base de soporte se preparan artesanalmente. Primeramente son inyectadas en un molde de prueba. Luego se adhieren a la cinta quirúrgica doble faz sobre una de las superficies y son recortadas con bisturí. Finalmente se realiza el montaje enhebrando un hilo de nylon de 0,6 mm.



A. Base de soporte inyectada.



B. Preparación artesanal



C. Base de soporte terminada.



D. Stock de piezas



D. Corte del hilo de nylon enhebrado en los extremos por calor.



E. Autosplint aplicado sobre modelo de experimentación.

Figura 90. Preparación artesanal y aplicación sobre modelo.

Pruebas de control en laboratorio:

A pedido de miembros de la comisión de tesis se realizó una prueba de despegue del nuevo modelo; a la que adicionamos una prueba acuosa teniendo en cuenta el medio bucal al que estaría expuesto.

Prueba de despegue: consistió en someter la nueva férula a la tracción con el dinamómetro electrónico y observamos una resistencia de 660 gramos al despegue de la pieza base de soporte cementada sobre los modelos de experimentación y montadas en el prototipo Lino siguiendo los parámetros utilizados en las mediciones de laboratorio.

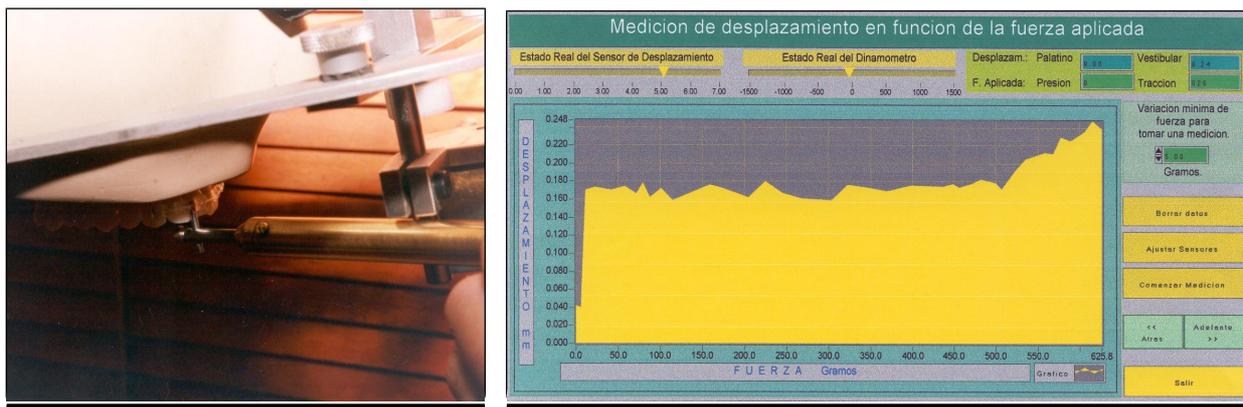


Figura 91. Prueba de despegue sobre modelo y diagrama.

Prueba acuosa: Se sometió el nuevo modelo a inmersión acuosa en saliva artificial por el término de 10 días con resultados satisfactorios. No hubo señales de despegue pero tampoco hubo movilidad, la prueba fue estática. La solución oral empleada responde a la formula:
 Hidroxipropil metil celulosa:1g., Sol.Xilitol al 70%: 4,3g., Cloruro de Potasio:0,1g., Cloruro de Sodio:0,1g., Fluoruro de Sodio: 0,2 mg.(2ppm), Cloruro de Magnesio: 5mg., Cloruro de Calcio: 15mg., Sulfato de Potasio: 40mg., ajustado a pH 7,excipientes: c.s.p. 100ml.



Figura 92. Prueba acuosa. Realizada en solución oral

Estudio No 1: “ANÁLISIS EN LABORATORIO” - Mediciones *in vitro* -

En principio se eligieron 10 modelos de férulas para analizar entre sí y comparar con el nuevo modelo. Estos modelos fueron: Acintada, Puntiforme, Ligadura en Ocho, Arco Eric, Brackets, Fibra de vidrio, Malla metálica, Hilo de nylon, Composite-alambre y Fibra óptica.

Completaban un total de 11 modelos con el tipo Autosplint, pero luego resolvimos separar de la muestra el modelo alámbrico de Ligadura en ocho. Esto se debió a que es un modelo ya muy poco utilizado y controvertido; porque puede producir a distancia una extrusión no deseada por efectos de una presión en relación a la anatomía propia de los elementos dentarios anteriores. Además esto favorece a la muestra quedando un número total de 100 modelos a considerar. Un número que facilita la interpretación de los resultados por la prolijidad de los mismos. Así quedaron 10 modelos de cada tipo; incluido el nuevo modelo.



Figura 93. Muestra de modelos de Férulas

Utilizando el prototipo “Lino”, preparado especialmente para las mediciones en laboratorio, se procedió a la medición de cada muestra, realizando todas las repeticiones que fueron necesarias para descartar posibilidades de error en algunos casos.

Los modelos son de acrílico, correspondiente al maxilar superior, con bases translúcidas y dientes desmontables. Se solicitó al fabricante que los dientes fueran fijos en sector posterior y desmontables en el sector correspondiente a los elementos antero-superiores. De esta manera preparamos los modelos simulando una misma lesión de avulsión en el elemento 21, sujetándolo con cera roja tipo utility, en el alvéolo. El resto de los elementos anteriores fueron fijados con un mismo cemento siliconado en todos los casos; simulando así un cierto grado de movimiento fisiológico de los dientes en sus alvéolos. De esta manera toda la muestra de laboratorio tuvo las mismas características, dándole gran relevancia y certeza a los resultados obtenidos.



Figura 94. Prototipo “Lino” para montaje y medición en laboratorio

El prototipo utilizado es desmontable y permite ser colocado en el sillón odontológico para simular la medición sobre pacientes.

En numerosas oportunidades aprovechamos esta ventaja para poner a punto el sistema de medición, prepararlo para la medición sobre pacientes poniendo a prueba su versatilidad y además realizamos repeticiones de medición para corroborar la eficacia del equipo.



Figura 95. Medición de un modelo dental en posición similar a la de un paciente.

Para la medición propiamente dicha realizamos un ejercicio de presión hacia lo que correspondería con la dirección palatina en primera instancia. Así con un esfuerzo de 1000 g. Que es el esfuerzo elegido para lograr un efecto apreciable sobre los modelos, obtenemos un resultado “X” de desplazamiento. Luego con un ejercicio de tracción en sentido contrario y con el mismo esfuerzo de obtiene el otro valor. El rango total de desplazamiento se obtiene de la sumatoria de ambos valores.



Figura 96. Posición de “Medición estática” en modelo.

Estudio No 2: “ANÁLISIS CLÍNICO DE PACIENTES” – Mediciones in vivo -

Una vez probada la eficacia y confiabilidad del aparato, comenzaron las mediciones de pacientes. Se realizaron las mismas sobre pacientes enfermos o afectados por algún tipo de las lesiones involucradas y luego sobre pacientes sanos voluntarios; para la obtención de datos de control en paciente considerado “normal”.

El procedimiento de medición es exactamente el mismo que realizamos en laboratorio, pero teniendo en cuenta todo lo relacionado a normas de bioseguridad y comodidad para el paciente.

Primero cargamos todos los datos en la ficha y luego recién colocamos con cuidado el arco facial que sostiene el sensor, para reducir a un mínimo posible el tiempo que el paciente deba portar el arco y minimizar posibles molestias. Una vez colocado el sensor de desplazamiento en posición se lo calibra y recién entonces comenzamos la medición. Primero siempre en estática y luego en dinámica; porque la primera le sirve de referencia a la segunda. Al pasar a la pantalla de medición dinámica, borramos datos primero y luego comenzamos la medición habiendo instruído previamente al paciente sobre la secuencia de las praxias orales que debe realizar (Fonación – deglución – masticación). Cuando hemos terminado volvemos al menú de pantalla principal y guardamos todo el procedimiento completo. Retiramos el arco de sujeción y controlamos la medición.



Figura 97. Así se realiza la medición en el paciente.

El marco ético y legal exigía la confección de formas de consentimiento para que los pacientes involucrados autorizaran la utilización y/o la publicación de los datos obtenidos 200,211.

Los modelos de consentimiento informado que utilizamos fueron los siguientes:

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

(a completar por el profesional interviniente)

La que suscribe, Valentina Ulver de Beluatti, Investigadora responsable del proyecto titulado: "Análisis de los diferentes tipos de férulas durante los movimientos fisiológicos. Presentación de un nuevo modelo", quién se desempeña como.....

Declaro haber informado a sobre las características y condiciones del estudio del cual participara en condición de paciente voluntario, respondiendo todas las preguntas al respecto, en términos que resultaran de su total comprensión.

La identidad y toda información referida a los voluntarios, como así también los datos obtenidos durante la investigación, tendrán carácter absolutamente confidencial y anónimo.

DOCUMENTO DE IDENTIDAD:.....

LUGAR FECHA:..... FIRMA.....

Figura 98. Modelo de consentimiento informado para completar por el profesional.

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO VOLUNTARIO E INFORMADO

(a completar por el paciente)

Por la presente declaro haber sido debidamente informado acerca de las características y condiciones del análisis de la flexibilidad de los diferentes tipos de férula durante los movimientos fisiológicos, realizado por la Odontóloga Valentina Ulver de Beluatti.

Certifico que la profesional interviniente me ha explicado todo el procedimiento y todas las preguntas referidas a dicho estudio han sido respondidas a mi total satisfacción. Por lo tanto, libre y voluntariamente doy mi consentimiento para que me realicen la medición de la flexibilidad de la férula dentaria de la que soy portador, a través de la colocación de un sensor sobre la superficie dentaria que determinará la movilidad y/o desplazamiento.

APELLIDO Y NOMBRE:.....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD:.....

LUGAR DE TRABAJO:.....

FIRMA..... FECHA:.....

Nota: En caso de pacientes menores de 21 años, la autorización deberá ser firmada por padre / madre o tutor.

Figura 99. Modelo de consentimiento informado para ser completado por el paciente.

Aplicación del nuevo modelo sobre paciente traumatizado:

Para la primera aplicación clínica sobre un paciente traumatizado seleccionamos un caso sencillo. Así, a una paciente que presentaba luxación extrusiva del elemento 11 y subluxación leve del elemento 21 se le aplicó el nuevo modelo. Así observamos el comportamiento en el medio bucal, tanto frente a la humedad como la resistencia mecánica durante las praxias orales normales del paciente portador.



Figura 100. Caso clínico ferulizado con "Autosplint"



Figura 101. Medición estática

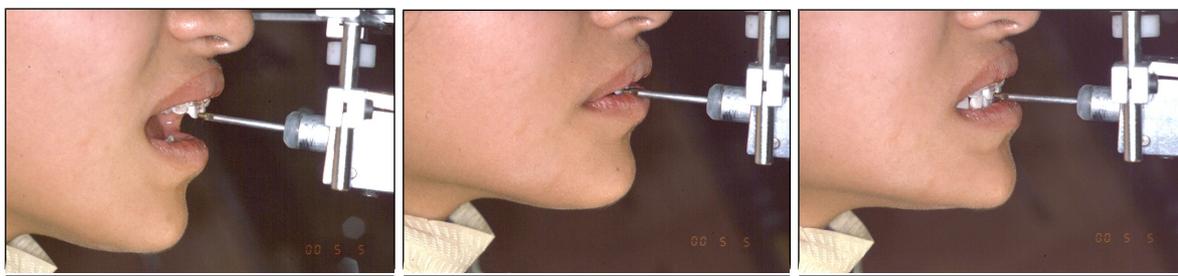


Figura 102. Mediciones durante movimientos fisiológicos: A.Fonación, B.Deglución. C.Masticación.

Prueba clínica de despegue:

Al momento del retiro de la férula se efectuó la prueba clínica de despegue de la pieza base-soporte de la superficie dentaria. La fuerza de tracción necesaria fue de 660 Grs.

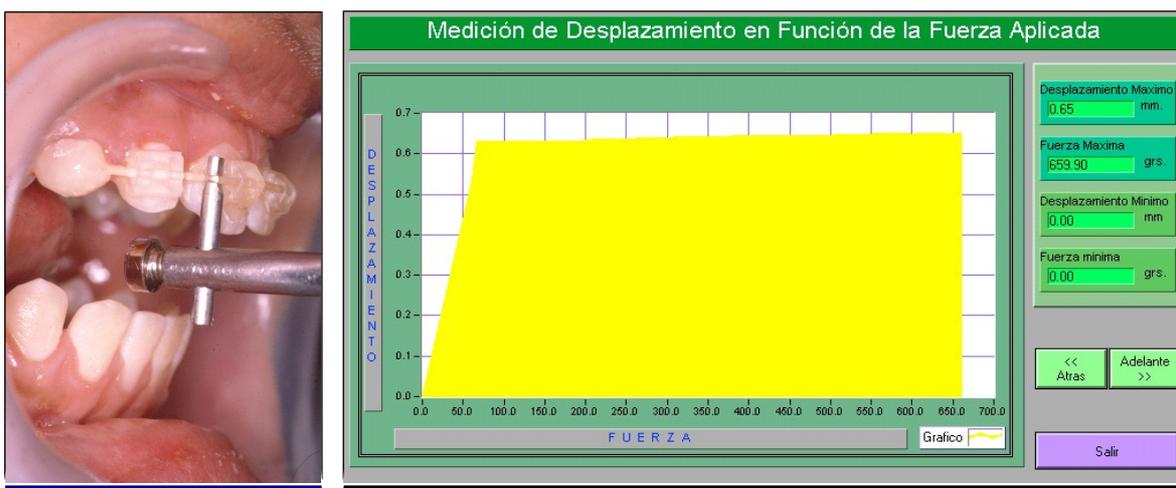


Figura 103. Resistencia al despegue.

CASOS TRATADOS CON "AUTOSPLINT"

Se seleccionaron casos clínicos con traumatismos leves para la aplicación del nuevo modelo. Así poníamos a prueba el comportamiento clínico y la resistencia del nuevo modelo; sin comprometer la integridad y el pronóstico de los tejidos dentarios comprometidos.

Caso clínico No 1:



1. Paciente sexo femenino de 16 años que presenta luxación extrusiva, como resultado de un impacto contra el piso por caída.



2. Caso clínico que muestra una luxación extrusiva leve del elemento 11 con gran movilidad.



3. Radiografía preoperatoria de la lesión.



4. Caso clínico luego de su reposición suave y ferulización.



5. Control radiográfico post fijación.



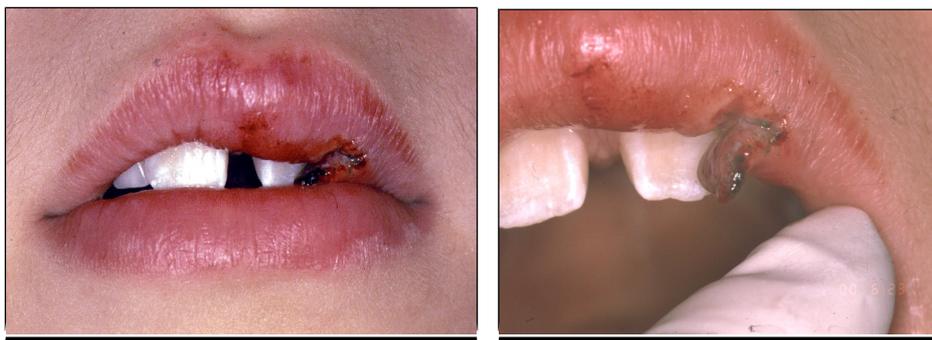
6. Control clínico luego del retiro de la férula..



7. Control radiográfico luego del retiro de la férula.

Figura 104

Caso clínico no 2:



1. Paciente sexo masculino de 8 años de edad 2. Desgarro labial producido por sus propios con traumatismo por impacto contra el banco elementos dentarios durante el impacto en la escuela.



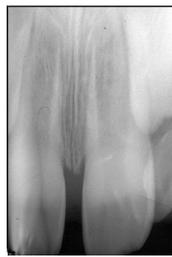
3. Caso clínico de extrusión leve de los elementos 11 y 21, con movilidad.



4. Radiografía pre operatoria.



5. Sutura de la lesión labial con cemento de cianocrilato.



6. Control radiográfico post fijación.



7. Control clínico a los 15 días, previo al retiro de la férula.



8. Caso clínico luego del retiro de la férula.

Figura 104

Caso clínico no 3:



1. Paciente sexo femenino de 7 años con traumatismo por impacto en caída. subluxación de 11 y 21 .



2. Vista incisal, donde podemos apreciar la lesión de los tejidos blandos en zona palatina.



3. Radiografía pre operatoria de la lesión.



4. Caso clínico luego de su ferulización. Control durante la oclusión del paciente.



5. Radiografía de control post fijación.



6. Caso clínico luego del retiro de la férula a los 10 días.

Figura 106

OBJETIVOS

OBJETIVOS

Teniendo en cuenta todo lo expuesto nos propusimos los siguientes objetivos:

- 1) Estudiar los sistemas existentes de medición de la movilidad dental , que permitan analizar la flexibilidad de los diferentes tipos de férulas y determinar el adecuado a desarrollar, según las posibilidades tecno-socio-económicas vigentes de la investigación.
- 2) Desarrollar un nuevo modelo de ferulización flexible.
- 3) Analizar en el laboratorio sobre modelos de experimentación, el grado de flexibilidad de los distintos tipos de férulas, incluyendo el modelo propuesto en el presente proyecto. Evaluación estadística.
- 4) Traspolar y adaptar los métodos de prueba a pacientes portadores de férulas y determinar el grado de flexibilidad o elasticidad de los distintos tipos que se utilizan normalmente en el tratamiento de dientes traumatizados con implicancia de los tejidos de sostén, en estática y durante movimientos fisiológicos del paciente. Evaluación estadística de las mediciones obtenidas en pacientes.
- 5) Analizar los resultados y relacionarlos con el grado de libertad que otorgan favoreciendo el proceso de curación del complejo “cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar”
- 6) Comparar los datos obtenidos del paciente y las variables experimentales en el laboratorio. Evaluación estadística.
- 7) Establecer si existen beneficios apreciables en el nuevo sistema de fijación o férula.

DISCUSIÓN

DISCUSION

ETAPA 1: Desarrollo

A. Sistema de medición “M.D.M.”

El equipo desarrollado para medir la movilidad dental y así determinar el grado de flexibilidad de la férula utilizada; finalmente logró alcanzar los objetivos prefijados. Pequeños detalles están sujetos siempre a ser mejorados; por ejemplo, los sensores podrían ser encargados y comprados directamente a una fábrica extranjera en su país de origen, mejorando aún más la performance del equipo.

Sí el diente estuviera completamente rígido, debido a una férula, coincidimos con Jonson G. 123 en que el gráfico registrará ruido, y como éste posee autoescala, puede resultar con pequeños picos, equivalentes a un error de hasta ± 0.04 mm. , recomendando en esos casos repetir las mediciones para evitar el registro de datos erróneos.

Realizamos una búsqueda bibliográfica detallada de diferentes formas de sujeción de sensores, utilizados para realizar mediciones clínicas en la cavidad oral, entre los que destacamos los estudios publicados por Koriouth T.W., et al., Kuriyama M., et al., Yamada Y., et al. 241, Takamatsu T., et al.220, Moss J.P., et al 162, Tatsuta M, et al 221, Maloney S. Et al 150, Mito M. Et al 157, Mc Donald M.J. et al 153. Ninguno de los métodos utilizados por estos autores era factible de aplicar directamente. También probamos distintos tipos de aparatología utilizada en ortodoncia, como placas Hawley removibles, arcos intraorales cementados con coronas o bandas, etc.; pero eran poco prácticos y resultaban una carga adicional para el paciente traumatizado. Finalmente modificamos un arco facial de uso odontológico, que resultó la mejor opción.

El arco facial adaptado para la sujeción de los sensores, es bien tolerado, pero puede causar cierto grado de malestar en algunos el pacientes. Esto está relacionado con la anatomía nasal y la edad. En pacientes pequeños con una nariz poco desarrollada por ejemplo; el apoyo fronto-nasal del arco, debe ser más ajustado para que no se deslice durante los movimientos fisiológicos. Esto se traduce en una mayor sensibilidad por aumento de la presión a nivel de los conductos auditivos externos, donde se alojan las olivas del arco para completar la sujeción del mismo.

La placa de adquisición de datos esta sobredimensionada, lo que le permitiría acoplar mayores funciones adicionales si fueran necesarias. Esto se debe a que la compra de la misma se realizó en una etapa prematura del desarrollo y no teníamos claramente determinada la cantidad de datos que finalmente sería necesario combinar.

El software de aplicación, resultó óptimo para la construcción de la aplicación específica, necesaria para la investigación. Coincidimos sobre la versatilidad del programa, descrita por Lázaro A 141, dado que permite también agregar elementos, como ventanas que pregunten si realmente se desea hacer lo que se manda cuando se presiona algún control “peligroso”, o imprimir algún informe no deseado en ese momento. También podemos agregar ventanas con elementos que puedan ser necesarios más adelante.

B. Nuevo modelo “Autosplint”

Se trata de un modelo experimental armado a mano, con cinta doble faz de aplicación quirúrgica. Si bien los resultados han sido satisfactorios, pensamos que el modelo puede ser superado fabricando las piezas con el pegamento directamente incluido en su base, que requiera sólo el retiro del papel protector durante la maniobra quirúrgica. Además sugerimos la búsqueda por parte de un fabricante de alguna sustancia aún más adherente y específicamente compatible con el esmalte dentario. Con respecto a la adhesión, por tratarse de piezas de base lisa, admiten también el cementado con cementos anaeróbicos, del tipo de los cianocrilatos; como así también los del tipo auto o fotocurado, usados normalmente en odontología.

Desde el comienzo la idea fue proponer un modelo igual o más flexible que los ya existentes. Entre las publicaciones específicas como modelos funcionales o flexibles citamos a Dawoodbhoy I. Et al (brackets)⁷⁴,

Wytch R. Et al (fibra de vidrio)²⁴⁰, De la teja A. Et al ⁷⁵, Antrim D. et al ²⁰, Blanco L. ⁴² (hilo de nylon), y Echarri Lobiondo P. ⁸⁷ (fibra óptica). El modelo propuesto facilita la maniobra de emergencia, tratando de evitar la utilización de alambres o el empleo de luz halógena, ya que consideramos que es un elemento que no siempre está disponible en el momento de la urgencia.

La aplicación de la férula “Autosplint” en paciente resultó sencilla y práctica. La férula tuvo una buena resistencia media de 15 días en boca, habiéndose despegado sólo 2 piezas del esmalte, que fueron reubicadas a las 48hs. Esto suele suceder con cualquier modelo adhesivo y pensamos que está en relación al cuidado del paciente durante la ingesta de alimentos y la higiene.

Las pruebas de resistencia al despegue in vitro e in vivo, arrojaron resultados similares con una coincidencia en los 660 g. de resistencia a la tracción.

Resultó de excelente aceptación estética y funcional por parte del paciente; según nuestro objetivo propuesto.

ETAPA 2: Análisis

2.A. Análisis en laboratorio:

Las mediciones sobre modelos en laboratorio arrojaron datos muy alentadores en cuanto a los diferentes grados de flexibilidad de los modelos comparados, incluyendo el nuevo modelo.

Los estudios preexistentes realizados en laboratorio sobre la pasividad de las férulas por Prevost J., et al ¹⁸⁹, fueron sobre modelos de férulas con brackets y alambres de ortodoncia, los realizados por Oikarinen K., Andreasen J. O., et al ¹⁷³, evaluaron varios modelos; de los cuales sólo fiber splint y composite-alambre integran nuestra muestra, el resto son modelos muy poco utilizados en nuestro medio.

El estímulo de esfuerzo es realizado por dispositivos del tipo Periotest 206, el cual no es adecuado para aplicar a pacientes traumatizados; motivo por el cual no lo elegimos para nuestro estudio que comprendía mediciones clínicas.

Se comprobó la hipótesis alternativa (H₁), que planteaba que las férulas se comportan de manera diferente; mostrando diferentes rangos.

Esto hace posible dividir las en grupos según la mayor libertad que otorguen. Así, durante el análisis descriptivo, trazamos una línea horizontal a una altura determinada, en este caso a 0,35 mm. de desplazamiento y obtuvimos dos grupos: uno inferior y otro superior a la línea trazada. Se estableció el punto para el trazado de la línea divisoria basándonos en la media general de desplazamiento obtenida.

Además del análisis descriptivo realizamos un análisis de varianza, por la cantidad de repeticiones en la muestra, encontrándose valores estadísticamente significativos, que ubican a los modelos de brackets, hilo de nylon y autosplint como los más flexibles. ^{31,197}.

2.B. Análisis clínico.

2.B.1. Pacientes enfermos:

Solo realizamos un análisis estadístico de tipo descriptivo, porque las repeticiones posibles para cada tipo de férulas no son suficientes para encontrar variantes significativas, ^{31,197}.

Dicho análisis arrojó una muestra con diferencias entre los distintos tipos de férulas en estática conservando cierta simetría.

Las mediciones fueron realizadas al igual que en laboratorio con un sensor de tipo LVDT montado en el arco facial, con buena aceptación por parte del paciente. Los esfuerzos los realizó el dinamómetro especialmente preparado bajo los mismos principios de los LVDT. Nosotros disintimos con el único estudio similar realizado in vivo por Ebeleseder K. Et al 86, que utilizó el dispositivo Periotest, que está contraindicado para ser usado en pacientes traumatizados según Schulte W. 206, su creador. Otros Oikarinen K., et al 175, también utilizaron este dispositivo en estudios clínicos, pero tuvieron la precaución de hacerlo en pacientes que habían sufrido fracturas maxilares; al momento de retirar la fijación y a los 5 meses. Nosotros coincidimos con la prudencia en el tiempo de espera y la lesión elegida para el estudio; pero destacamos el efecto suave, gradual y controlado que produce el dinamómetro desarrollado especialmente para esta investigación.

También podemos trazar una línea horizontal en los gráficos de resultados obtenidos en estática a una altura correspondiente con los 0,50mm. en relación a la media general encontrada. Se obtienen también 2 grupos de férulas, que denominamos “Semirrígidas” y “Dinámico-funcionales”, según el grado de flexibilidad demostrado. Durante estas mediciones observamos que en la clínica el modelo fiber splint, acompaña al grupo dinámico-funcional.

Coincidimos con Oikarinen K., et al 175 y Prevost J. Et al 188 en sus numerosas publicaciones referidas al comportamiento de las férulas; en que el tiempo de permanencia de las mismas debe ser lo más corto posible, para evitar las complicaciones tisulares como lo aconseja Andreasen J.O. et al 9,15,16,17,18.

Sin embargo hay que destacar que en determinados casos como las fracturas radicales, buscamos modelos más firmes de ferulización y por tiempos prolongados (3-4 meses) Mendoza Mendoza M.A. et al 155, Andreasen J.O., et al 12.

En dinámica, hay cierta dispersión en la muestra si comparamos algunas mediciones, con las encontradas en estática en un mismo paciente. Las pequeñas diferencias están en relación directa al grado de lesión y sintomatología dolorosa que presente el paciente. Es decir que entra en juego el grado de sensibilidad y temor; donde la edad a veces también influye.

Aquí la línea trazada para dividir la muestra está a la altura de 0,30mm., en relación a la media encontrada para estas mediciones, como en los casos anteriores. El grupo dinámico-funcional no fue acompañado por el modelo de brackets en este caso, pero lo explicamos considerando que uno de los pacientes con brackets presentaba fractura de maxilar inferior asociada. La lectura de la medición muestra las consecuentes limitaciones funcionales que en forma temporal presenta el paciente. Le damos gran valor cualitativo a las mediciones dinámicas, pero para realizar una clasificación final nos basamos en las mediciones estáticas, por la seguridad que brinda la exactitud y repetibilidad de las mismas.

2.B.2. Pacientes sanos:

Este grupo de control fue seleccionado al azar considerando el mismo rango de edad para pacientes enfermos y arrojó mediciones variables, tanto en estática como en dinámica.

Las medias encontradas en las diferentes mediciones son casi idénticas a las encontradas en los pacientes enfermos y están dentro del rango descrito en estudios referidos a fuerzas de oclusión y ortodoncia por Kimura H. Et al 126, Koriath T.W. et al 132; que con otro enfoque analizan también la fuerza y el movimiento dentario. La media encontrada de 376g. y la mediana de 339g. demuestran que la elección de 250g. para los esfuerzos máximos en estática de los pacientes fue acertada.

RESULTADOS

RESULTADOS

Los resultados satisfactorios de la primera etapa de la investigación permitieron la concreción del desarrollo y fabricación del sistema de medición de la movilidad dental, "M.D.M". y el desarrollo y fabricación del nuevo modelo de férula, "Autosplint".

Así se pudieron obtener los resultados de la segunda etapa de la investigación para su análisis.

Para el ordenamiento y análisis de los datos, utilizamos el programa estadístico "InfoStat" desarrollado por el equipo de estadística y biometría de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Nacional de Córdoba.

Al finalizar el capítulo de Resultados, se encuentra un listado de referencias o abreviaturas utilizadas.

ETAPA 2: Análisis

2.A. En laboratorio.

Sobre 100 modelos de acrílico, con 10 unidades de cada modelo; se realizaron las mediciones en Laboratorio que permitieron evaluar el desplazamiento dentario en función de una fuerza aplicada (1000g.).

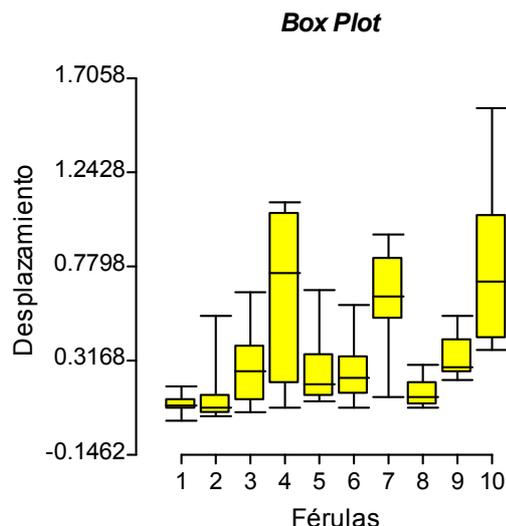
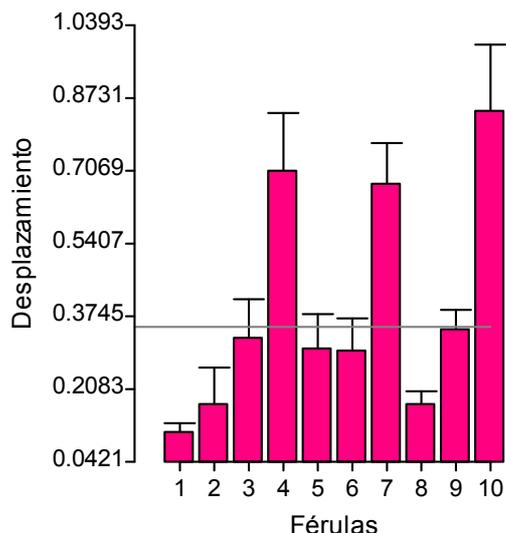
Estadística Descriptiva General

Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx	Mediana
Desplazam	100	0.39	0.36	0.01	1.66	0.24

Estadística Descriptiva por Férulas

Férulas	Variable	n	Media	D.E.	Mediana
01	Desplazam	10	0.11	0.06	0.10
02	Desplazam	10	0.17	0.26	0.08
03	Desplazam	10	0.32	0.28	0.26
04	Desplazam	10	0.71	0.42	0.83
05	Desplazam	10	0.30	0.25	0.20
06	Desplazam	10	0.29	0.23	0.23
07	Desplazam	10	0.67	0.29	0.64
08	Desplazam	10	0.17	0.09	0.16
09	Desplazam	10	0.34	0.13	0.29
10	Desplazam	10	0.84	0.48	0.71

Referencias: 01.Acintada, 02.Puntiforme, 03.Arco Eric, 04.Brackets, 05.Fiber splint, 06.Malla metálica, 07.Hilo de nylon, 08.Composite-alambre, 09.Fibra óptica, 10.Autosplint.



Los diagramas de tipo “Box Plot” que acompañan los gráficos de barras, son de gran utilidad para determinar la simetría de la muestra. La caja se interpreta reconociendo el lado menor superior como cuantil 75 (75%), el inferior como cuantil 25 (25%); y la línea que divide la caja marca la mediana de la muestra.

Observando los box plot se puede decir que las férulas tipo 2(puntiforme), 3(arco Eric), 5(fiber splint), 6(malla metálica), 7(hilo de nylon), y 10(autosplint) presentan distribuciones asimétricas; en este caso con presencia de valores extremos altos. Comparando la férula tipo 4(brackets), con la tipo 10(autosplint), se ve que la primera tiene valores de desplazamiento que van entre 0,20 mm. y 1 mm. y la otra entre 0,32 mm y 0,90 mm.; pero esta última tiene dos dos valores extremos de 1,59 mm. y 1,66 mm. que contribuyen a la asimetría de la distribución.

Cuadro de Analisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p
Modelo	5.85	9	0.65	8.35	0.00
Férulas	5.85	9	0.65	8.35	0.00
Error	7.00	90	0.08		
Total	12.85	99			

El programa también permite realizar una gran variedad de pruebas a posteriori. Elegimos el D.G.C. o prueba de Di Rienzo – Guzmán – Casanoves, que utiliza la técnica multivariada del análisis de conglomerados, sobre una matriz obtenida a partir de las medias muestrales. La ventaja de un método jerárquico como este es que produce agrupamientos netamente excluyentes entre sí.

Test : DGC Alfa: 0.05 PCALT: 0.2594

Férulas	Medias	n	
1	0.11	10	A
2	0.17	10	A
8	0.17	10	A
6	0.29	10	A
5	0.30	10	A
3	0.32	10	A
9	0.34	10	A
7	0.67	10	B
4	0.71	10	B
10	0.84	10	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

El análisis de la varianza y la prueba a posteriori (DGC), indican que hay diferencias significativas entre las férulas ($p=0,00$). Esta prueba indica claramente la presencia de dos grupos: el primero constituido por las férulas tipo 1(acintada), 2(puntiforme), 3(arco Eric), 5(fiber splint), 6(malla metálica), 8(composite-alambre) y 9(fibra óptica) y el segundo constituido por las férulas tipo 7(hilo de nylon), 4(brackets) y 10(autosplint).

2.B. Análisis clínico.

2.B.1. Pacientes enfermos

Este grupo problema está representado por 25 pacientes traumatizados entre 7 y 25 años; portadores de diferentes tipos de férulas, según modelos a considerar. Se evaluó la libertad de movimiento durante la ferulización. Las mediciones se realizaron en estática con un esfuerzo de 250g. Por igual para todos los pacientes y en dinámica durante los movimientos fisiológicos del paciente; donde cada uno realizó un valor "X" individual de esfuerzo máximo.

La cantidad de mediciones realizadas fue superior a 25 pacientes. Considerando que los casos de traumatismos con lesiones en tejidos de sostén y/o ferulizados con los distintos tipos de fijación serían de compleja localización; se fijó desde un principio un total de 25 pacientes enfermos para evaluar.

De los pacientes evaluados, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en laboratorio elegimos 2 casos de cada modelo de férula; excepto de aquellos que según nuestra experiencia clínica, creíamos que otorgaban más libertad de movimiento, de los cuales seleccionamos 3 de cada uno (brackets, fiber splint, hilo de nylon, fibra óptica y autosplint).

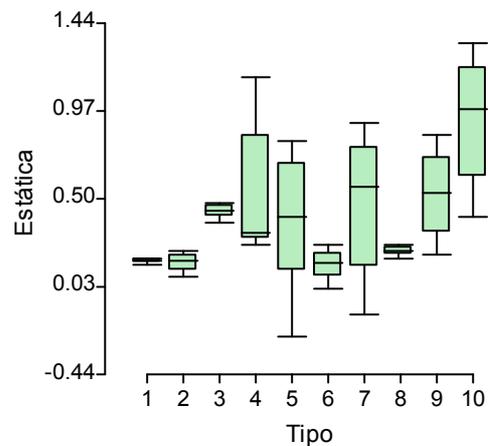
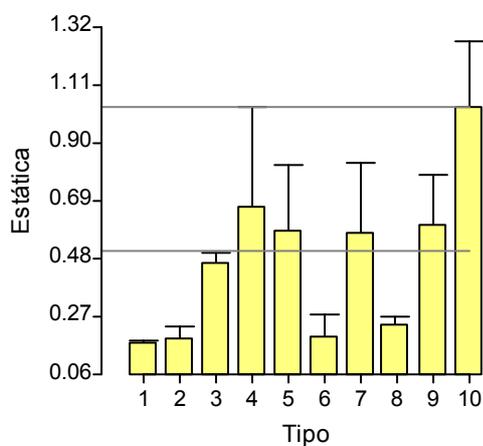
Variable: estática

Estadística Descriptiva General

Variable	n	Media	D.E.	Mediana
Estática	25	0.51	0.39	0.32

Estadística Descriptiva por Tipo de Férula

Férula	Variable	n	Media	D.E.	Mediana
Acintada (1)	Estática	2	0.17	0.01	0.17
Arco Eric (3)	Estática	2	0.46	0.05	0.46
Autospl. (10)	Estática	3	1.01	0.41	0.98
Brackets (4)	Estática	3	0.66	0.62	0.32
Comp.Al. (8)	Estática	2	0.24	0.04	0.24
Fiber Sp. (5)	Estática	3	0.57	0.41	0.69
Fibra Op. (9)	Estática	3	0.59	0.30	0.53
Malla M. (6)	Estática	2	0.20	0.11	0.20
Nylon (7)	Estática	3	0.56	0.44	0.56
Puntif. (2)	Estática	2	0.19	0.06	0.19



Podría decirse que las férulas 1(acintada), 2(puntiforme), 6(malla metálica), y 8(composite-alambre), tienen similar comportamiento, así como las tipo 3(arco Eric), 4(brackets), 5(fiber splint), 9(fibra óptica) y 10(autosplint). El tipo 3(arco eric), se mantiene por debajo de la línea trazada en el gráfico. Se destaca la férula tipo 4(brackets), por su alta variabilidad y la 10(autosplint), por presentar los valores de estática más altos.

Variable: dinámica

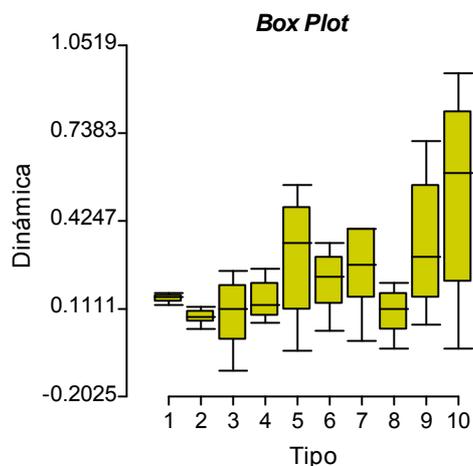
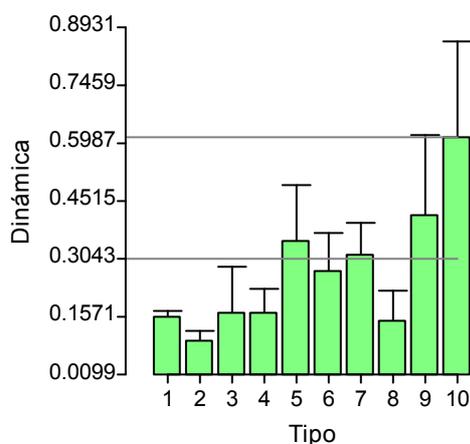
Estadística Descriptiva General

Variable	n	Media	D.E.	Mediana
Dinámica	25	0.29	0.25	0.20

Estadística Descriptiva por Tipo de Férula

Férula	Variable	n	Media	D.E.	Mediana
Acint. (1)	Dinámica	2	0.16	0.02	0.16
Arco Eric (3)	Dinámica	2	0.17	0.16	0.17
Autospl. (10)	Dinámica	3	0.61	0.42	0.59
Brackets (4)	Dinámica	3	0.16	0.11	0.12
Comp.Al. (8)	Dinámica	2	0.15	0.11	0.15
Fiber Sp. (5)	Dinámica	3	0.35	0.25	0.34
Fibra Op. (9)	Dinámica	3	0.41	0.35	0.29
Malla M. (6)	Dinámica	2	0.27	0.14	0.27
Nylon (7)	Dinámica	3	0.31	0.15	0.39

Puntif.(2) Dinámica 2 0.10 0.04 0.10



Observando el gráfico superior se puede ver que las férulas tipo 1(acintada), 2(puntiforme), 3(arco Eric), 4(brackets) y 8(composite-alambre), tienen comportamiento similar. Lo mismo sucede con los tipos 5(fiber splint), 6(malla metálica), 7(hilo de nylon), 9(fibra óptica) y 10(autosplint). De nuevo se destaca el tipo 10(autosplint), por presentar los valores de dinámica más altos (0,60 mm.). El modelo 2(puntiforme), presenta los valores más bajos (0,10 mm. en promedio).

Variable: fuerza

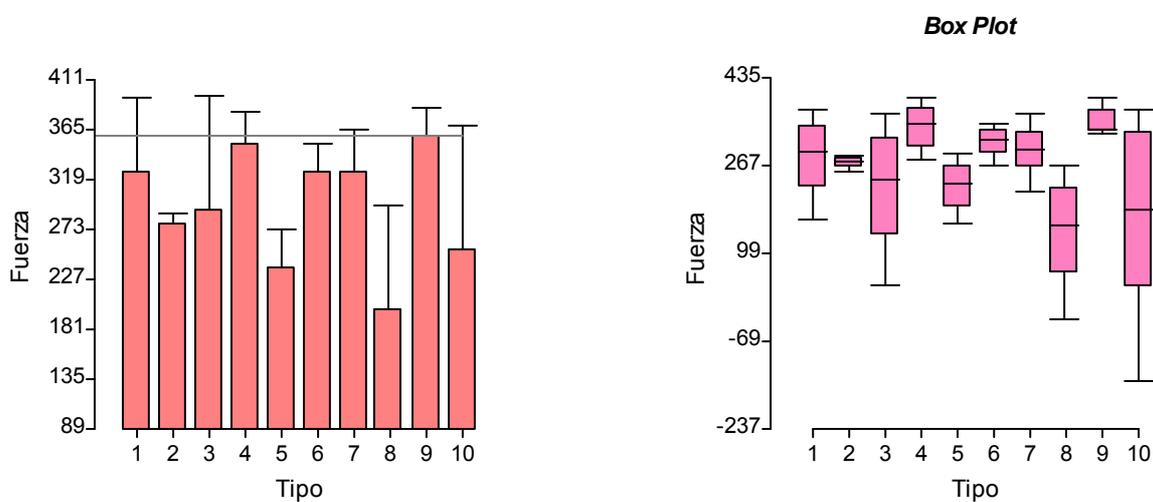
Estadística Descriptiva General

Variable	n	Media	D.E.	Mediana
Fuerza	25	295.92	94.27	300.00

Estadística Descriptiva por Tipo de Férula

Férula	Variable	n	Media	D.E.	Mediana
Acint.(1)	Fuerza	2	324.50	95.46	324.50
Arco Eric(3)	Fuerza	2	289.50	149.20	289.50
Autospl.(10)	Fuerza	3	253.67	195.04	330.00
Brackets (4)	Fuerza	3	349.67	53.31	343.00
Comp.Al.(8)	Fuerza	2	199.00	134.35	199.00
Fiber Sp.(5)	Fuerza	3	237.33	58.94	229.00
Fibra Op.(9)	Fuerza	3	357.00	46.81	332.00
Malla M.(6)	Fuerza	2	325.00	35.36	325.00
Nylon (7)	Fuerza	3	325.33	64.13	330.00

Puntif.(2) Fuerza 2 276.50 14.85 276.50



Según los gráficos superiores referidos a fuerza, la férula tipo 8 (composite-alambre), es la que presenta en promedio los valores menores de esfuerzo. Le siguen los tipos 5 (fiber splint) y 10 (autosplint) con valores similares, luego los tipos 2 (puntiforme), 3 (arco Eric) y los tipos 1 (acintada), 6 (malla metálica), 7 (hilo de nylon). Los valores más altos pertenecen a los tipos 4 (brackets) y 9 (fibra óptica).

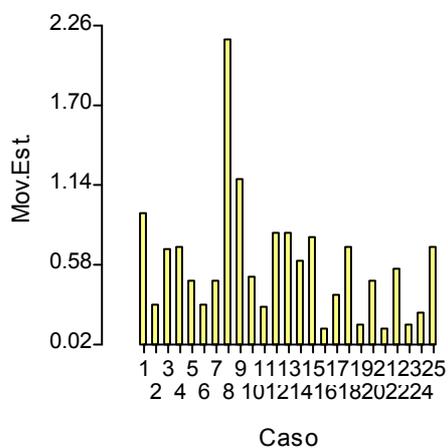
2.B.2. Pacientes sanos

Un total de 25 pacientes sanos entre 7 y 25 años, actúan como grupo de control; evaluando la movilidad normal de los dientes, en estática con 250g. De esfuerzo como en el grupo enfermo y durante los movimientos fisiológicos, con el esfuerzo individual de cada paciente.

Variable: estática

Estadística Descriptiva

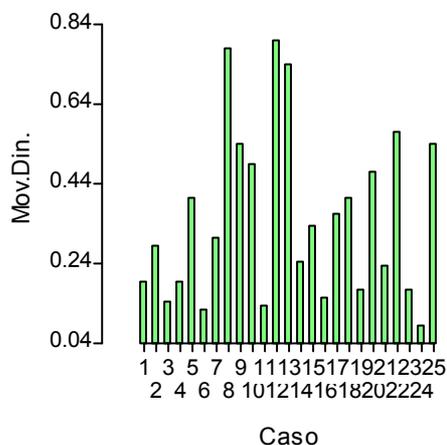
Variable	n	Media	D.E.	Mediana
Mov.Est.	25	0.58	0.43	0.50



Variable: dinámica

Estadística Descriptiva

Variable	n	Media	D.E.	Mediana
Mov.Din.	25	0.35	0.21	0.30

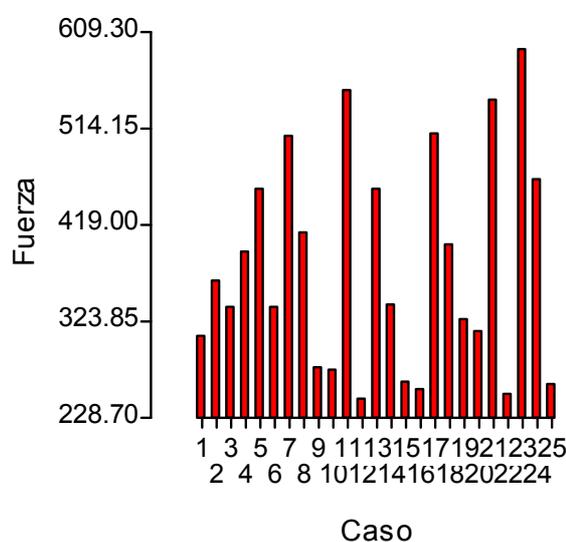


Variable:**Variable: fuerza**

Durante los movimientos funcionales en las mediciones dinámicas, los pacientes sanos realizaron un esfuerzo máximo diferente en cada caso. Estos esfuerzos máximos se promediaron para comparar y ratificar el grado de esfuerzo elegido para las mediciones estáticas (250g.).

Estadística Descriptiva

Variable	n	Media	D.E.	Mediana
Fuerza	25	376.80	105.93	339.00

**Referencias y abreviaturas**

g.: gramos
mm.: milímetros
H0.: hipótesis nula
H1.: hipótesis alternativa
n: número de casos
media: promedio aritmético de observaciones
mediana: valor central del total de observaciones
D.E.: desviación estándar
Min.: mínimo
Max.: máximo
F.V.: fuente de variación
SC: suma de cuadrados
gl: grados de libertad
CM: cuadrados medios
F: valor observado
p: valor p
DGC: Di Rienzo - Guzmán – Casanoves
PCALT:
Mov. Est.: movilidad estática
Mov. Din.: movilidad dinámica

FICHAS RESÚMEN DE PACIENTES ENFERMOS

Paciente Nº

Mediciones Estáticas

Desplazamiento Total mm

Mediciones Dinámicas

Desplazamiento Total mm

TipodeFérula

Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral
5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Cada ficha resumen contiene el nº de paciente considerado, una foto que ilustra el caso clínico resuelto, el resultado de la medición del desplazamiento en estática (Gráfico superior) y en dinámica (Gráfico inferior), el tipo de férula utilizada y un odontograma reducido de la zona más estudiada y afectada señalando la lesión principal.

Para la medición se adoptó una escala adecuada a la sensibilidad del sistema de tal manera que los gráficos quedaran centrados y se logre una buena resolución de lectura. Para los pacientes enfermos se determinó una fuerza máxima para el ejercicio por el dinamómetro de 250g., considerada adecuada como compromiso para maximizar el límite de la medición y minimizar las posibilidades de daño a los tejidos en proceso de reparación.

El valor exacto de la medición obtenido en cada gráfico se logra interpolando la medida con la graduación de escala mediante el uso de una regla graduada y un simple cálculo matemático. Por ejemplo en el gráfico correspondiente a la medición estática del paciente N° 1, a un fondo de escala de 0,30mm. de desplazamiento, corresponden 3,90cm. en el gráfico a la observación directa. Para una fuerza de 250g., tanto para la presión como para la tracción del dinamómetro, se observa un desplazamiento "X", que en el gráfico se mide como 2,20cm. De allí calculamos:

$$X = 2,20 \times 0,30 / 3,90 = 0,16 \text{ mm.}$$

En dinámica, durante los movimientos fisiológicos el cálculo se realiza de igual manera pero invirtiendo ordenadas (ahora es fuerza) y abscisas (ahora es desplazamiento).

Observamos en los estudios dinámicos dispersión en los valores de fuerza máxima. Interpretamos que ello se debe a una combinación entre la magnitud del daño de los tejidos, el tipo de oclusión, la edad y la percepción del dolor por parte del paciente. No obstante aporta una información cualitativa importante demostrando estar influenciada por estos factores y rescata el valor de la medición estática, más repetitiva, controlada y por lo tanto más exacta a los fines de un estudio cuantitativo.

En la ficha correspondiente al paciente N° 1 sexo femenino de 9 años (Arriba), observamos

Top Graph: Y-axis (DESPLAZAMIENTO) from 0.0 to -0.3; X-axis (FUERZA) from -350.0 to 300.0. The curve shows a sharp drop at 0 force, then a gradual decrease to -0.25 at 300 force.

Bottom Graph: Y-axis (FUERZA) from -350.0 to 100.0; X-axis (DESPLAZAMIENTO) from -0.2 to 0.0. The curve shows a sharp drop to -300 force at -0.1 displacement, then a recovery to 0 force at 0 displacement.

PacienteNº

MedicionesEstáticas
DesplazamientoTotal mm

MedicionesDinámicas
DesplazamientoTotal mm

TipodeFérula

DientesLesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral
5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: masculino. Edad: 13 años.

El tipo de férula es bastante estable aún con gran magnitud de lesión como puede apreciarse. Le

Top Graph: Y-axis (DESPLAZAMIENTO) from -0.1 to 0.2; X-axis (FUERZA) from -300.0 to 300.0. The curve shows a gradual decrease from 0.15 at -300 force to 0.0 at 300 force.

Bottom Graph: Y-axis (FUERZA) from -275.0 to 25.0; X-axis (DESPLAZAMIENTO) from -0.1 to 0.2. The curve shows a sharp drop to -250 force at 0.05 displacement, then a recovery to -75 force at 0.15 displacement.

PacienteNº

MedicionesEstáticas
DesplazamientoTotal mm

MedicionesDinámicas
DesplazamientoTotal mm

TipodeFérula

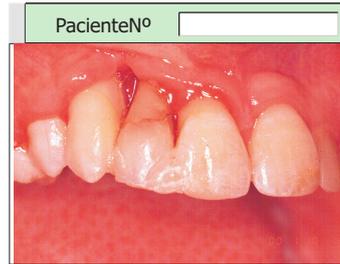
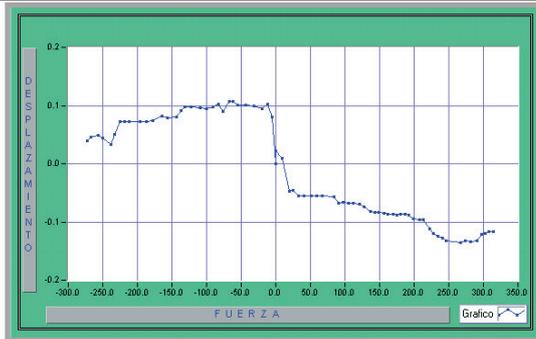
DientesLesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral
5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: femenino. Edad: 8 años.

El grado de desplazamiento no es marcado en estática y muy escaso en dinámica. El grado de lesiones leve y un overjet algo aumentado hacen que una fuerza de 287g. No afecte



Mediciones Estáticas
Desplazamiento Total mm

Mediciones Dinámicas
Desplazamiento Total mm

TipodeFérula

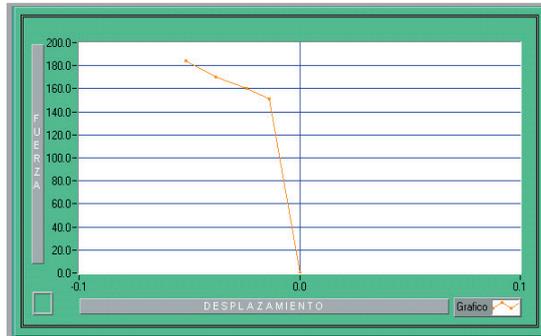
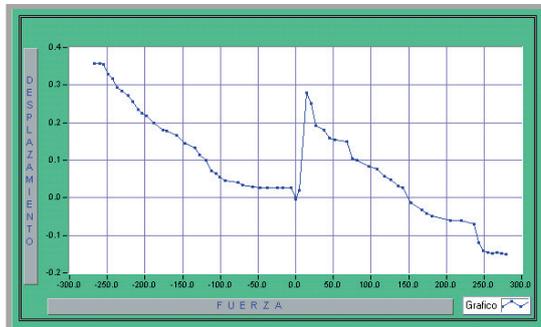
Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral 5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: masculino. Edad: 11 años.

Si comparamos esta medición con la anterior observamos un aumento de movilidad dinámica directamente relacionado con el mayor grado de lesión traumática y una movilidad dinámica que es un exagerado muestra al menos seguridad por parte del paciente; con un



Mediciones Estáticas
Desplazamiento Total mm

Mediciones Dinámicas
Desplazamiento Total mm

TipodeFérula

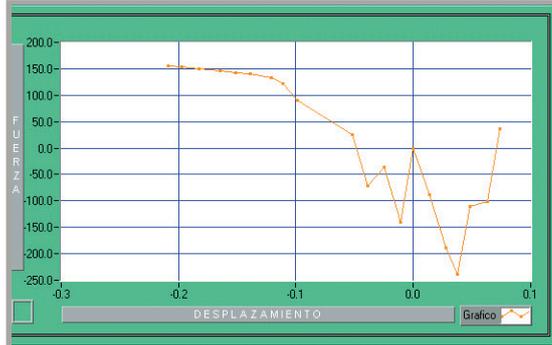
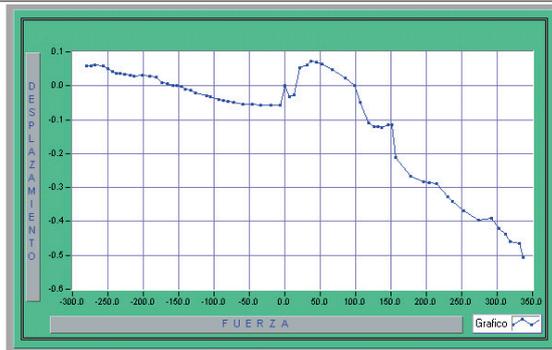
Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral 5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: masculino. Edad: 19 años.

La presencia del arco Eric en boca le da al paciente la sensación de portar una aparatología compleja y lo incomoda temporalmente. Esto se nota al analizar la diferencia entre la medición estática y la dinámica. Donde además del mayor grado de lesión de estos pacientes, se pone de manifiesto el temor a la sensibilidad y al dolor de algún modo de la férula, durante los



PacienteNº



MedicionesEstáticas

DesplazamientoTotal mm

MedicionesDinámicas

DesplazamientoTotal mm

TipodeFérula

DientesLesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral 5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: femenino. Edad: 13 años.

A pesar de la ligadura en hamaca adicional la medición estática es similar al caso homólogo considerado. Hay gran sensibilidad y una dinámica que coincide con el fuerza total de 395g.



PacienteNº



MedicionesEstáticas

DesplazamientoTotal mm

MedicionesDinámicas

DesplazamientoTotal mm

TipodeFérula

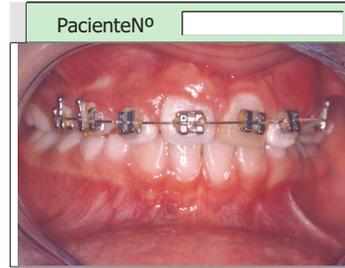
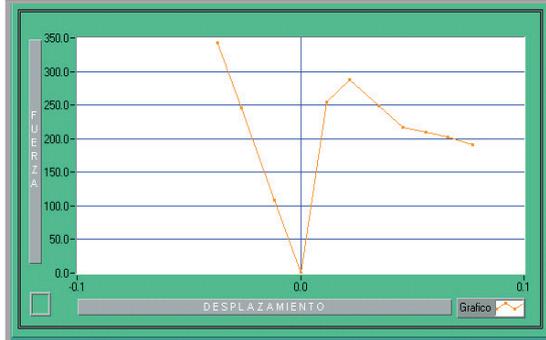
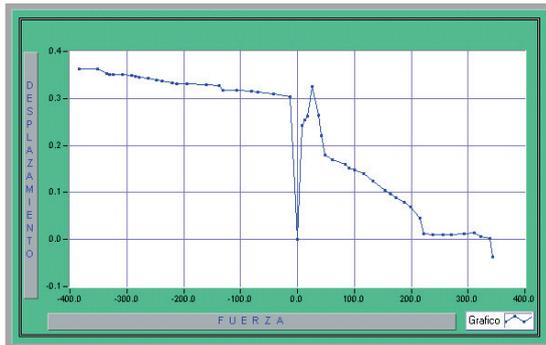
DientesLesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral 5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: femenino. Edad: 12 años.

En este paciente hubo una coincidencia exacta, inusual de encontrar durante las mediciones. Hubo un desplazamiento muy cercano al medio en la estática en laboratorio para este modelo.



Mediciones Estáticas

Desplazamiento Total mm

Mediciones Dinámicas

Desplazamiento Total mm

TipodeFérula

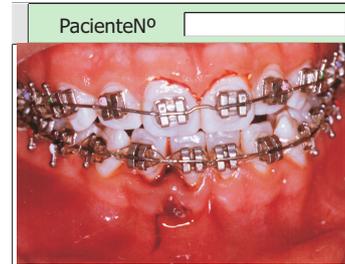
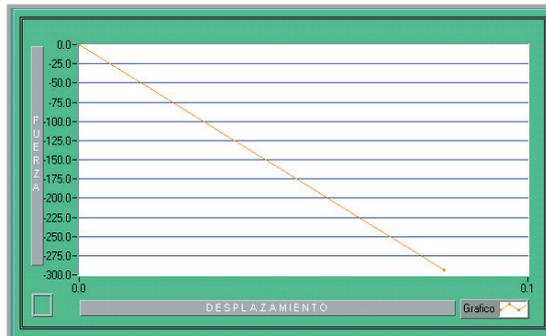
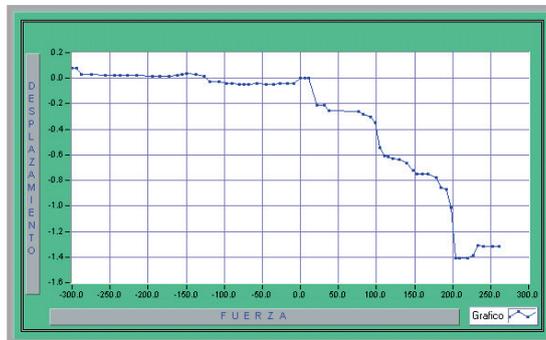
Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral 5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: femenino. Edad: 8 años.

La movilidad en estática es inferior a las medias observadas en laboratorio para este modelo; en relación al grado de cicatrización y estabilización del tejido gingivo-periodontal. En dinámica la movilidad es escasa por la falta de contacto de la zona anterior en oclusión. El esfuerzo máximo:



Mediciones Estáticas

Desplazamiento Total mm

Mediciones Dinámicas

Desplazamiento Total mm

TipodeFérula

Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral 5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: femenino. Edad: 13 años.

La paciente presenta además fractura de maxilar inferior. El desplazamiento marcado en estática lo relacionamos con el esfuerzo vertical adicional por el uso de gomas intermaxilares. En dinámica con un esfuerzo total de 300g. Y falta de contacto anterior y desplazamiento fué mínimo.

Gráfico de Fuerza vs Desplazamiento (Estático). El eje Y (Fuerza) va de 0.0 a -0.8. El eje X (Desplazamiento) va de -300.0 a 300.0. La curva muestra una relación casi lineal descendente.

Gráfico de Fuerza vs Desplazamiento (Dinámico). El eje Y (Fuerza) va de 0.0 a -160.0. El eje X (Desplazamiento) va de -0.3 a 0.1. La curva muestra fluctuaciones con un descenso general.

Paciente Nº

Mediciones Estáticas
Desplazamiento Total mm

Mediciones Dinámicas
Desplazamiento Total mm

Tipo de Férula

Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral 5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: femenino. Edad: 10 años.

En estática se observa un desplazamiento significativo con 2 trozos de cinta de fibra de vidrio.

En dinámica la falta de contacto oclusal en la zona de medición y unes fuerza total de 229g, resultaron en un desplazamiento de casi la mitad del obtenido en estática.

Gráfico de Fuerza vs Desplazamiento (Estático). El eje Y (Desplazamiento) va de -0.4 a 0.7. El eje X (Fuerza) va de -200.0 a 250.0. La curva muestra un descenso gradual.

Gráfico de Fuerza vs Desplazamiento (Dinámico). El eje Y (Fuerza) va de 0.0 a -300.0. El eje X (Desplazamiento) va de 0.0 a 0.7. La curva muestra un descenso con una zona de mayor resistencia.

Paciente Nº

Mediciones Estáticas
Desplazamiento Total mm

Mediciones Dinámicas
Desplazamiento Total mm

Tipo de Férula

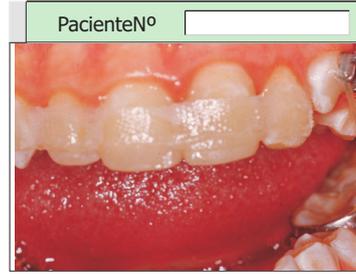
Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral 5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: femenino. Edad: 17 años.

Aquí con 3 trozos de cinta de fibra de vidrio observamos un desplazamiento marcado en estática. Se trató de una fractura radicular con desplazamiento, reubicada que presenta reabsorción inflamatoria en tratamiento como complicación pulpar. En dinámica hubo también un desplazamiento importante con unes fuerza máxima de 300g.



Mediciones Estáticas

DesplazamientoTotal mm

Mediciones Dinámicas

DesplazamientoTotal mm

TipodeFérula

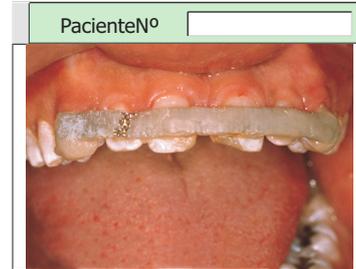
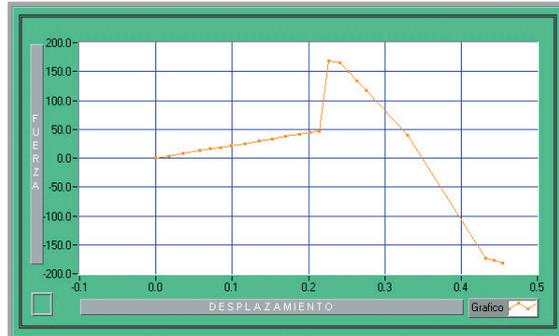
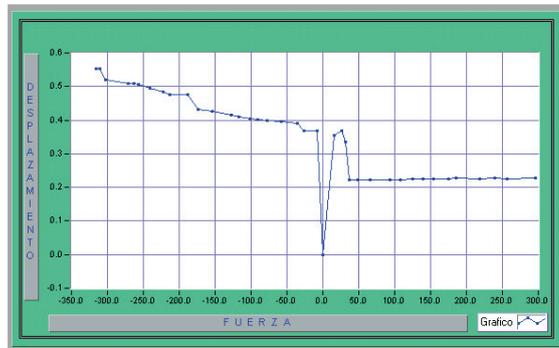
Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral
5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: femenino. Edad: 12 años.

Tanto el valor de desplazamiento en estática como en dinámica con 2 trozos de cinta de fibra de vidrio es considerado escaso. Vale destacar la presencia de reabsorción substitutiva al momento de la medición y una fuerza máxima de 183 g.



Mediciones Estáticas

DesplazamientoTotal mm

Mediciones Dinámicas

DesplazamientoTotal mm

TipodeFérula

Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral
5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: femenino. Edad: 20 años.

Se observa una movilidad aceptable biológicamente; pero algo marcada para el modelo y se relaciona con la lesión que presentaba el paciente (fractura radicular con desplazamiento). Hay

The top graph shows Displacement (DESPLAZAMIENTO) on the y-axis (0.0 to 0.3) versus Force (FUERZA) on the x-axis (-300.0 to 300.0). The curve shows a gradual increase in displacement with force, followed by a sharp drop at zero force, and then a decrease in displacement as force increases further.

The bottom graph shows Force (FUERZA) on the y-axis (-50.0 to 275.0) versus Displacement (DESPLAZAMIENTO) on the x-axis (0.0 to 0.2). The curve shows a linear increase in force with displacement up to approximately 250 units of force, followed by a sharp drop to zero force at a displacement of about 0.15, and then a slight increase in force as displacement continues to increase.

PacienteNº

Mediciones Estáticas
DesplazamientoTotal mm

Mediciones Dinámicas
DesplazamientoTotal mm

TipodeFérula

Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral
5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: masculino. Edad: 14 años.

Esta medición estática pone de manifiesto la mayor rigidez en contrada en laboratorio para este modelo. Se trató de una fractura radicular sin desplazamiento. En dinámica no hubo gran variación a pesar del

The top graph shows Displacement (DESPLAZAMIENTO) on the y-axis (-0.2 to 0.0) versus Force (FUERZA) on the x-axis (-300.0 to 350.0). The curve shows a step-like decrease in displacement as force increases, with a sharp drop at zero force, followed by a slight increase in displacement as force continues to increase.

The bottom graph shows Force (FUERZA) on the y-axis (-50.0 to 250.0) versus Displacement (DESPLAZAMIENTO) on the x-axis (-0.2 to 0.0). The curve shows a sharp increase in force as displacement decreases from -0.1 to -0.05, followed by a gradual decrease in force as displacement continues to decrease towards 0.0.

PacienteNº

Mediciones Estáticas
DesplazamientoTotal mm

Mediciones Dinámicas
DesplazamientoTotal mm

TipodeFérula

Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral
5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: masculino. Edad: 10 años.

Aún con un alto grado de lesión inicial, la presencia de reabsorción substitutiva afectó la medición mostrando valores más bajos. En dinámica hay contacto y unes fuerza máxima de 259g.

PacienteN°

Mediciones Estáticas
Desplazamiento Total mm

Mediciones Dinámicas
Desplazamiento Total mm

TipodeFérula

Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral
5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: masculino. Edad: 8 años.
Una lesión leve pero con gran movilidad de la raíz. Resultados significativos en estática y dinámica.

PacienteN°

Mediciones Estáticas
Desplazamiento Total mm

Mediciones Dinámicas
Desplazamiento Total mm

TipodeFérula

Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral
5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: femenino. Edad: 9 años.
Frente a una lesión grave y reciente, el grado de desplazamiento en estática es aceptable. En dinámica, aparece un esfuerzo considerable de 330g. Fue algo menor.

PacienteNº

Mediciones Estáticas

Desplazamiento Total mm

Mediciones Dinámicas

Desplazamiento Total mm

TipodeFérula

Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral
5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: masculino. Edad: 10 años.
El comportamiento en estática y dinámica es similar, con unes fuerza máxima de 294g. El grado

PacienteNº

Mediciones Estáticas

Desplazamiento Total mm

Mediciones Dinámicas

Desplazamiento Total mm

TipodeFérula

Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral
5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: femenino. Edad: 15 años.
En estática la flexibilidad es aceptable, pero en dinámica difiere mucho con unes fuerza máxima de 104g. Es un paciente muy temerosa, pero además no hay contacto oclusal durante las praxias orales en la zona anterior.

PacienteNº

Mediciones Estáticas
DesplazamientoTotal mm

Mediciones Dinámicas
DesplazamientoTotal mm

TipodeFérula

Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral
5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: masculino. Edad: 14 años.

Hay gran movilidad por la dilatación ósea que produjo la lesión. El desplazamiento tanto en estática como en dinámica es marcado; con unes fuerza máxima de 332g.

PacienteNº

Mediciones Estáticas
DesplazamientoTotal mm

Mediciones Dinámicas
DesplazamientoTotal mm

TipodeFérula

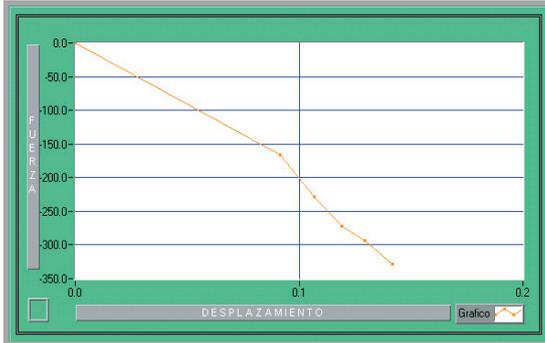
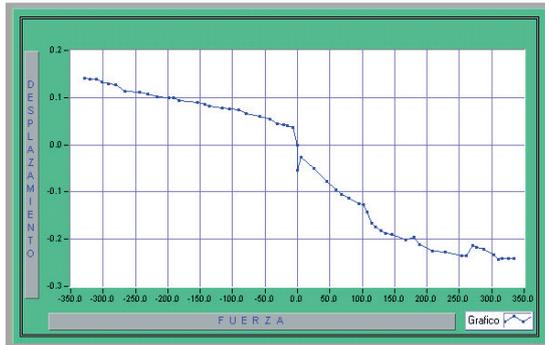
Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral
5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: masculino. Edad: 8 años.

La movilidad permitida en estática es aceptable. Con unes fuerza en dinámica de 411g, que fue el valor más alto encontrado en el grupo de pacientes enfermos, no alcanzó para provocar un desplazamiento similar al obtenido en estática; debido a la falta de contacto durante las praxias



PacienteN°



MedicionesEstáticas

DesplazamientoTotal mm

MedicionesDinámicas

DesplazamientoTotal mm

TipodeFérula

DientesLesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral 5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: masculino. Edad: 18 años.

En estática observamos un desplazamiento moderado. Un overjet marcado hace que el desplazamiento en dinámica sea escaso por la falta de contacto. El esfuerzo total fue de 328g.



PacienteN°



MedicionesEstáticas

DesplazamientoTotal mm

MedicionesDinámicas

DesplazamientoTotal mm

TipodeFérula

DientesLesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral 5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: femenino. Edad: 16 años.

Fue el primer paciente en ferreo al que se le colocó un nuevo modelo "Autosplint". El resultado de la medición fue óptimo, observándose un desplazamiento marcado en estática. En dinámica con un esfuerzo máximo de 330g. El grado de la lesión es leve pero con gran movilidad.

PacienteNº

Mediciones Estáticas
Desplazamiento Total mm

Mediciones Dinámicas
Desplazamiento Total mm

TipodeFérula

Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral 5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: masculino. Edad: 8 años.
 El grado de desplazamiento fue menor al encontrado en la medición homóloga, tanto en estática como en dinámica. El grado de movilidad de la lesión también era menor. El esfuerzo máximo fue

PacienteNº

Mediciones Estáticas
Desplazamiento Total mm

Mediciones Dinámicas
Desplazamiento Total mm

TipodeFérula

Dientes Lesionados

13	12	11	21	22	23
<input type="checkbox"/>					
43	42	41	31	32	33
<input type="checkbox"/>					

Referencias: 1. Concusión 2. Subluxación 3. Luxación extrusiva parcial 4. Desplazamiento lateral 5. Avulsión 6. Luxación intrusiva 7. Fractura radicular 8. Fractura de apófisis alveolar

Sexo: femenino. Edad: 8 años.
 El grado de desplazamiento resultó intermedio con respecto a sus homólogos. La medición

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1-El equipo M.D.M. (Measurement Dental Movement), demostró ser eficaz y confiable. Es bien tolerado por el paciente y su fabricación responde a normas de seguridad en aparatos de electromedicina.

2-Los tipos de férulas estudiados (acintada, puntiforme, arco Eric, brackets, fiber splint, malla metálica, hilo de nylon, composite-alambre, fibra óptica y autosplint) muestran diferentes grados de flexibilidad; tanto en el análisis realizado in vitro, sobre modelos de laboratorio, como in vivo sobre pacientes.

3-Las mediciones estáticas sobre pacientes demostraron ser estables, con poca variabilidad, dando seguridad a los resultados obtenidos; lo cual resulta de gran importancia en una evaluación de tipo cuantitativa.

4-El comportamiento de las férulas durante las mediciones estáticas en pacientes enfermos, permite una nueva clasificación en 2 grupos: 1. Semirrígidas y 2. Dinámico-funcionales; según el grado de libertad que otorgan al diente:

1. Semirrígidas:

- * Acintada
- * Puntiforme
- * Arco Eric
- * Malla metálica
- * Compósito-alambre

2. Dinámico-funcionales:

- * Brackets
- * Fiber splint *
- * Hilo de nylon
- * Fibra óptica
- * Autosplint

* El modelo Fiber splint con dos capas de cinta, está en el grupo dinámico- funcional, pero recordemos que aumentando el número de capas puede transformarse en semirrígida. Es el único que puede pertenecer a cualquiera de los grupos, si se tiene en cuenta que se aplica con una técnica incremental. Es decir que si necesitamos mayor rigidez aplicamos más trozos de cinta o viceversa y el grado de libertad varía en forma directamente proporcional.

5-Las mediciones en dinámica durante los movimientos fisiológicos que realiza el paciente ejecutando las praxias orales habituales, aportaron datos cualitativos importantes, que confirman su gran variabilidad de un individuo a otro; por la gran cantidad de factores que pueden influenciarla (edad, oclusión, magnitud del daño, percepción del dolor, etc.).

6-Las mediciones realizadas al grupo de control, comprueban la movilidad fisiológica del diente sano dentro del alvéolo. Esto justifica la permanente búsqueda de sistemas de fijación flexibles que permitan la llegada de células reparadoras a la zona de la lesión, con la mayor libertad posible. Además confirmó la elección acertada del grado de esfuerzo en estática para los pacientes enfermos.

7-El nuevo modelo de ferulización "Autosplint" resultó el más flexible; siendo el modelo de elección en lesiones con gran magnitud de daño periodontal (Por ejemplo: Avulsión). Su colocación es sencilla, facilitando la maniobra de emergencia, demostró buena resistencia al medio bucal y cumplimiento de los requisitos estéticos esperados.

RESUMEN

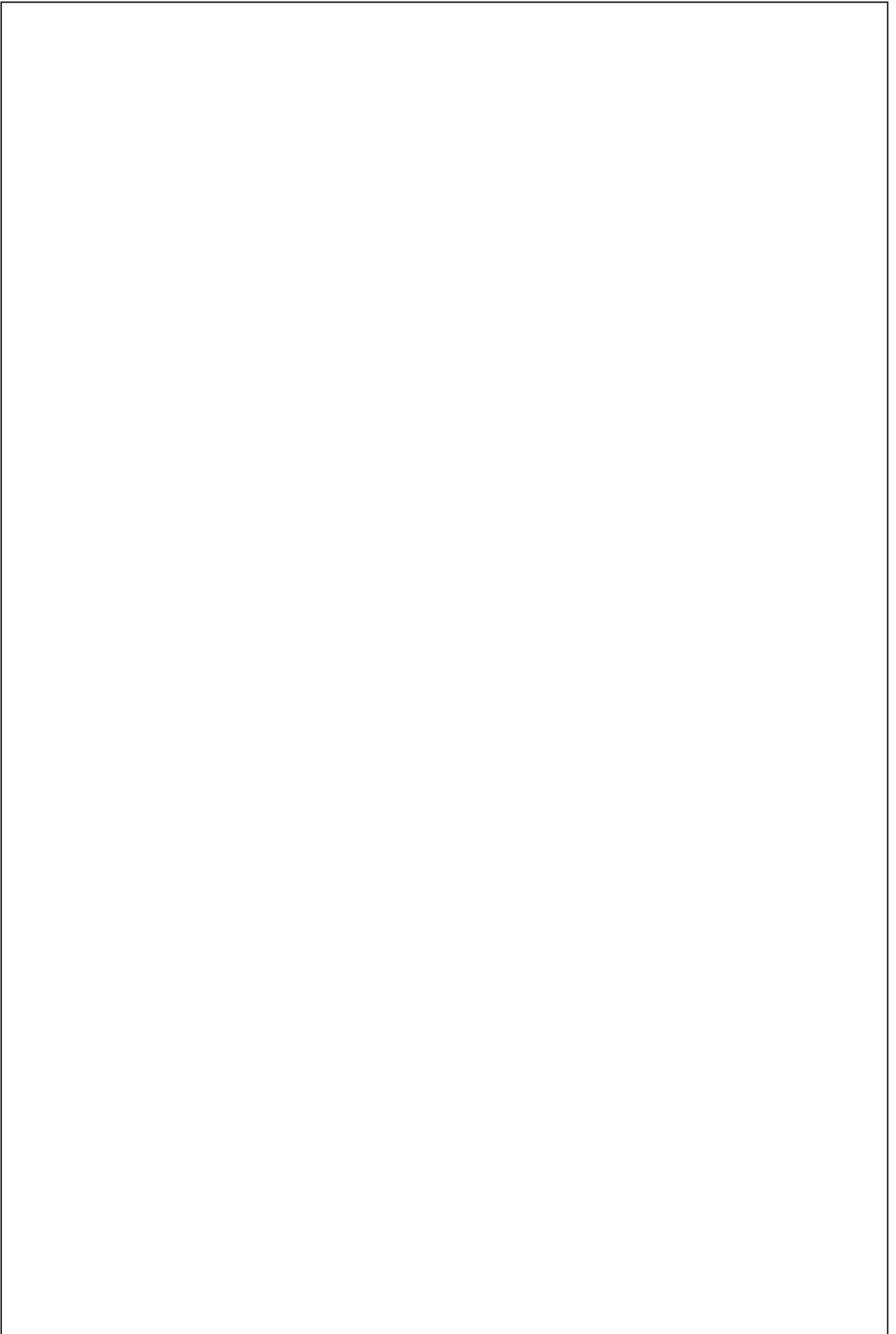
RESUMEN

Realizamos un análisis de la flexibilidad de diferentes modelos de férulas y presentamos un nuevo modelo autoadhesivo “Autosplint”, que facilita las maniobras de emergencia para la instalación de la férula en un traumatismo dental. Realizamos 3 experiencias diferentes: 1º Análisis en laboratorio sobre modelos de acrílicos montados en un prototipo especialmente preparado. Los modelos considerados fueron: acintada y puntiforme de resinas compuestas, brackets, malla metálica, arco Eric, fiber splint, hilo de nylon, composite-alambre, fibra óptica y autosplint. 2º Análisis sobre pacientes enfermos ferulizados, en estática y durante los movimientos orales funcionales del individuo. 3º Análisis de la movilidad de dientes normalmente implantados en un grupo testigo de pacientes sanos. Para realizar las experiencias citadas, fue necesario el desarrollo de un sistema nuevo de medición de la movilidad dental. Con-siste en un sensor electrónico de desplazamiento montado en un arco facial modificado y un sistema informático portátil que trabaja con un software especial para investigación (Lab View). El desarrollo del nuevo modelo consistió en bases de policarbonato autoadhesivas enhebradas por un hilo de nylon. Finalizada la recolección de datos fueron sometidos a un análisis estadístico. Se concluye que los modelos de férulas tienen diferente grado de flexibilidad; esto permite una nueva clasificación en 2 grupos: 1- Semirrígidas y 2- Dinámicofuncionales. El nuevo modelo “Autosplint” resultó el más flexible, por lo que recomendamos su uso especialmente en las lesiones de avulsión. Este nuevo modelo resultó versátil al momento de su colocación y tuvo gran aceptación por parte de los pacientes funcional y estéticamente. El sistema de medición demostró confiabilidad en las mediciones y fue bien tolerado por los pacientes. El grupo de control de pacientes sanos rescata el valor de las mediciones realizadas y los objetivos fijados en nuestra investigación, demostrando la movilidad fisiológica del diente sano en su alvéolo.

SUMMARY

An analysis of the flexibility of different splints is performed and new self-adhesive splint model is presented: “autosplint”, which makes emergency handling easier at the time of placing a splint in a dental traumatism. Three different experiments are to be performed: 1° Laboratory test upon acrylic models assembled on a especially prepared prototype. The following models of splints were considered for the study: band-shaped and sharp-pointed splints made of compound resins, metallic mesh, Eric arch, fiber splint, nylon thread, composite-wire, optic fiber and autosplint. 2° Analysis upon a group of sick patients, with splints in statics and during the functional oral movements of the individual. 3° Analysis of the mobility of teeth normally implanted in a control group of healthy patients. The development of a new dental mobility measuring system was necessary to perform the mentioned experiments. It consists of a motion electronic sensor assembled on a modified facial arch and of a portable computerized system that works with a special software designed for Lab View. The new splint model development lay in self-adhesive polycarbonate bases tied together with a nylon thread. Once the data collection was finished, a statistical analysis was performed. As conclusion, it is said that splint models have different flexibility degrees, and this allows a new classification in two different groups: 1- Semi-rigid splints. 2- Dynamic-functional splints. Autosplint, the new splint model, turned out to be the most flexible one, so we recommend its usage, especially in avulsion injuries. It also proved to be versatile during its placement and it was both functionally and aesthetically well accepted by the patients. The measuring system showed reliability in the measurements and it was well tolerated by the patients as well. The control group of healthy patients redeems the value of the measurements and the objectives determined in this research, showing the physiological mobility of the healthy tooth in its alveolus.

BIBLIOGRAFÍA



*Desde el comienzo...
desde los registros más antiguos para cada uno...
desde aquella guerra, a la que el abuelo Franz no sobrevivió,
la gran tenacidad y creatividad de la abuela Anna,
la memoria insuperable de la abuela Dominga,
y tanta tierra preparada por el abuelo Pedro...
Hoy, este pequeño fruto, es sólo el comienzo de un nuevo ciclo en un surco
infinito , trazado por el arado de la Ciencia.*

Od. Valentina Ulver de Beluatti.