



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

Facultad de  
**ESTOMATOLOGÍA**

“RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE BRACKETS CEMENTADOS Y FOTOPOLIMERIZADOS CON LUZ HALÓGENA Y DIODO EMISOR DE LUZ A DIFERENTES TIEMPOS DE EXPOSICIÓN: ESTUDIO IN VITRO”

“SHEAR BOND STRENGTH OF ORTHODONTIC BRACKETS BONDED AND PHOTOPOLIMERIZED THROUGH HALOGEN LIGHT AND LIGHT-EMITTING DIODE AT DIFFERENT TIMES OF EXPOSURE: IN VITRO STUDY”

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN  
ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR

AUTOR

LUIS GUSTAVO PAIPAY SANTOS

ASESOR

MG. ESP. LENIN MANUEL ADRIAZOLA PANDO

LIMA - PERÚ

2021



## **JURADO**

Presidente: Mg. Esp. CD. Orlando Tuesta Da Cruz  
Vocal: Mg. Esp. CD. José Vidalón Castilla  
Secretario: Mg. Esp. CD. Jorge Carlos Melgar Gutiérrez

Fecha de Sustentación: 06 de diciembre de 2021

Calificación: Aprobado

**ASESOR**

Mg. Esp. CD. Lenin Manuel Adriazola Pando

Departamento Académico Estomatológico del Niño y Adolescente (DAENA)

ORCID: 0000-0002-4739-1155

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres y mi hermano por su apoyo incondicional, por siempre impulsarme a ser mejor y lograr con éxito mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

De manera especial a mi asesor de tesis el Dr. Manuel Adriazola, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de investigación, sino a lo largo de mi carrera universitaria.

A mis docentes por su ayuda, paciencia y dedicación que me motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad

Agradecerle también a toda mi familia por darme ánimo durante este proceso. Finalmente, a mis amigos de toda la vida y de la facultad, por el apoyo diario.

## **FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

La presente investigación fue financiada por el autor

## **DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS**

El autor declara no tener conflictos de interés.

## TABLA DE CONTENIDOS

	<b>Pág.</b>
I. Introducción	1
II. Objetivos	13
III. Materiales y Métodos	14
IV. Resultados	22
V. Discusión	23
VI. Conclusiones	26
VII. Referencias Bibliográficas	28
VIII. Tablas, gráficos y figuras	32
Anexos	44

## RESUMEN

**Antecedentes:** Los sistemas de adhesión fotopolimerizables son utilizados ampliamente en ortodoncia. Por lo tanto, la eficacia de la polimerización con luz halógena o diodo emisor de luz (LED) es esencial para obtener un óptimo resultado.

**Objetivo:** Comparar la resistencia a la fuerza de cizallamiento de los brackets cementados y fotopolimerizados con luz halógena y luz LED a diferentes tiempos de exposición.

**Material y métodos:** Estudio in vitro. Los brackets fueron adheridos a 45 premolares humanos y divididos en tres grupos de acuerdo a la lámpara de polimerización y el tiempo de exposición utilizado: G1 (luz halógena, 40 segundos), G2 (LED, 10 segundos) y G3 (LED, 20 segundos). La muestra fue almacenada en agua destilada a temperatura ambiente y mantenidos en la oscuridad durante 24 horas, luego fueron sometidos a la prueba de resistencia a la fuerza de cizallamiento utilizando la máquina de ensayo universal. **Resultados:** La mayor resistencia a la fuerza de cizallamiento fue obtenido con luz halógena a 40 segundos ( $5,90 \text{ MPa} \pm 1,60$ ) y la menor resistencia con luz LED a 10 segundos ( $4,02 \text{ MPa} \pm 1,49$ ). De acuerdo al análisis de varianza ANOVA y la prueba post hoc de Tukey, se encontró que sólo el grupo G1 presentó diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ). **Conclusión:** Los brackets fotopolimerizados con luz halógena a 40 segundos mostraron la mayor resistencia a la fuerza de cizallamiento.

**Palabras claves:** Resistencia al corte, polimerización, luces de curación dental.



## ABSTRACT

**Background:** Light-curing bonding systems are widely used in orthodontics. Therefore, the efficiency of halogen or light-emitting diode (LED) polymerization is essential for optimal results. **Objective:** Compare the resistance to the shear force of cemented and light-cured brackets with halogen light and LED light at different exposure times. **Material and methods:** In vitro study. Brackets were bonded to 45 human premolars and divided into three groups according to the curing light and the exposure time used: G1 (halogen light, 40 seconds), G2 (LED, 10 seconds), and G3 (LED, 20 seconds). The sample was stored in distilled water at room temperature and kept in darkness for 24 hours, then they were subjected to the test of resistance to shear force using the universal testing machine. **Results:** The highest resistance to shear force was obtained with halogen light at 40 seconds ( $5.90 \text{ MPa} \pm 1.60$ ) and the lowest with LED light at 10 seconds ( $4.02 \text{ MPa} \pm 1.49$ ). According to the analysis of variance ANOVA and Tukey's post hoc test, it was found that only the G1 group presented a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ). **Conclusion:** Brackets light-cured with halogen light at 40 seconds showed the highest resistance to shear force.

**Keywords:** Shear strength, polymerization, dental curing light.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La eficacia del tratamiento ortodóntico depende enormemente de la adhesión de los brackets a la estructura dental. Cualquier error en la adhesión representa un aspecto frustrante y muchas veces requiere de un trabajo y costo adicional generando un atraso en el tratamiento (1,2).

En la búsqueda de facilitar y mejorar la adhesión del bracket, se utiliza una lámpara de luz halógena, la cual fue la primera en ser introducida en la práctica profesional. Los fabricantes de cementos de ortodoncia recomiendan un tiempo de exposición entre 20 a 40 segundos por diente. Con el paso de los años aparecieron nuevas tecnologías que generan una intensidad de luz mayor entre 800 – 1000 Mili-Watt por centímetro cuadrado ( $\text{mW}/\text{cm}^2$ ) para disminuir el tiempo de polimerización de las resinas y actualmente también puede realizarse con lámparas de arco de plasma, lámpara láser y lámpara diodo emisor de luz (LED) (1-4).

La lámpara LED dispone de diferentes tiempos de exposición de acuerdo a la potencia de intensidad de la luz; actualmente esta lámpara dispone de mayor accesibilidad en el mercado y presenta un costo más accesible. Por este motivo se ha realizado diversas investigaciones con lámpara LED para evaluar su eficacia en la adhesión (2,4,5).

La medición de la adhesión del material restaurador a la estructura dental es realizada en laboratorio mediante la prueba de corte o cizallamiento, ésta se ha utilizado para evaluar la fuerza de unión de los materiales dentales (6).

Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue comparar la resistencia al cizallamiento de brackets cementados y fotopolimerizados con luz halógena y diodo emisor de luz a diferentes tiempos de exposición: Estudio in vitro.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **Planteamiento del problema**

La colocación de brackets en ortodoncia es una rutina en la práctica diaria de los pacientes. Algunas veces se ha podido notar que se despegan del diente con facilidad teniendo que volver a colocarse y esto implica una demanda de mayor tiempo en la atención, así como una extensión en su tratamiento.

Para que un bracket permanezca unido al diente depende de varios factores como el tiempo de grabado ácido y secado, el modo y tipo de aplicación del adhesivo, el tipo de cemento a utilizar, el aparato de polimerización y el tiempo. Algunos estudios han tenido en consideración la mayoría de estos factores, pero no todos han considerado el factor tiempo.

Existen algunos trabajos de investigación donde muestran comparaciones entre diferentes tiempos de polimerización con luz halógena y luz LED de potencia estándar, alta o extra de distintas marcas; en las que algunos resultados son controversiales. Por este motivo que nos planteamos la siguiente pregunta ¿La polimerización con luz LED determina más resistencia en la unión bracket – diente, comparado con luz halógena?

## **Justificación**

Las investigaciones presentadas con respecto al tiempo de polimerización muestran distintos resultados. Además, no existe un consenso sobre cómo realizar la polimerización de un bracket entre todas las investigaciones por lo que el presente estudio se justifica importante en investigar si el tiempo de polimerización afecta la resistencia de adhesión de los brackets al diente y también aportar un protocolo que sirva como guía durante la cementación de estos aparatos en boca.

Por último, con este estudio se contribuirá un conocimiento científico para todos los especialistas en ortodoncia al momento de cementar un bracket y evitar posibles complicaciones de desprendimiento.

## MARCO TEÓRICO

El bracket ortodóntico se cementa en la superficie dental vestibular o lingual y actúa como un medio que brinda fuerzas al diente por medio de un arco de alambre. Existen factores que contribuyen al éxito de este procedimiento como por ejemplo los cementos adhesivos y el tipo de lámpara de polimerización a utilizar (1,5).

En la actualidad se dispone de una variedad de brackets ortodónticos, sin embargo, se debe tener en cuenta que los pacientes solicitan cada vez más brackets estéticos como son los cerámicos y plásticos. En las pruebas de laboratorio los brackets más utilizados son los metálicos (6,7). Sin embargo, debido a la alta demanda de brackets estéticos no son muy requeridos por su alto costo. En relación al nivel de satisfacción se ha demostrado que los pacientes que utilizan brackets metálicos manifiestan un nivel de satisfacción bueno a partir de la cuarta semana de tratamiento (8).

Las pruebas de cizallamiento son las más utilizadas para evaluar la fuerza de unión de diversos materiales adheridos a los dientes, en ese sentido en el estudio realizado por Nóbrega et al. donde evaluaron cuatro marcas de brackets (Morelli® light, Morelli® estándar, Morelli® Max y Abzil® Agile) encontraron que el bracket Morelli® Max, presenta mayor resistencia a la prueba de cizallamiento (6).

La odontología contemporánea literalmente no se puede efectuar sin el uso de materiales restauradores a base de resina. La comprensión de los eventos básicos que

ocurren en el mecanismo de polimerización dental permite a los profesionales apreciar las mejoras que se están realizando a lo largo de los años (1,3).

- **Polimerización**

Una de las razones que indica el fracaso en las restauraciones con resina es la falta de una adecuada polimerización. Se entiende por polimerización a la conversión de oligómeros y monómeros a una matriz de polímeros que es iniciada por distintos medios para formar radicales libres (3,5).

Los sistemas de unión fotopolimerizables son utilizados ampliamente en el tratamiento de aparatología fija de ortodoncia, debido a su fácil uso y un mejor control del tiempo de trabajo. Existe, además, cierto impedimento en obtener una fotopolimerización adecuada debajo del bracket metálico ya que impide la transmisión de la luz (1,6,7).

En el tratamiento de ortodoncia, la importancia de obtener una unión óptima entre el bracket y la superficie del diente es esencial con el fin de evitar su desunión y de esta manera minimizar el retraso del tratamiento o el aumento de costos (5-7). Alcanzar un grado adecuado de polimerización depende de la optimización de las propiedades físicas y mecánicas de la resina, la cual está directamente relacionado con la intensidad de la luz y el tiempo de exposición a la radiación (1,3,4,5,7).

Actualmente, la intensidad de la luz varía en un rango desde 300 hasta 3200 mW/cm<sup>2</sup> (3). Las lámparas de polimerización son instrumentos clave en la práctica dental; con el avance de la tecnología se han realizado importantes cambios, en parte a los intentos de reducir el tiempo de funcionamiento. Además, emiten un haz de luz que activa los iniciadores de polimerización en una amplia gama de materiales fotopolimerizables (3,5,9,10).

Existen diferentes fuentes para polimerizar la resina que suministran luz azul visible. Por ejemplo: luz halógena de cuarzo - tungsteno, luz arco de plasma, láser de ión Argon, diodo emisor de luz (3,4,5,9).

- **Lámpara de luz halógena**

Este dispositivo utiliza un amplio espectro de longitudes de onda, que tiene aproximadamente entre 400 y 500 nanómetros (nm). Tienen una intensidad de luz de aproximadamente 500 mW/cm<sup>2</sup> (3-5). Usan una bombilla incandescente que consiste en un filamento de tungsteno encerrado en una carcasa de cuarzo cristalino transparente rodeado por gases halógenos que son los que le dan su nombre (2-4).

Las lámparas de luz halógena emiten luz blanca y para producir luz azul necesaria para la polimerización, se filtran partes en el espectro (3-5). Su principal desventaja es que necesita un largo tiempo para polimerizar el material de resina, entre 40 y 60 segundos (1,3,5,9,10). Por otro lado, otras desventajas incluyen un rendimiento de baja energía,



generación de alta temperatura, pérdida de potencia de la lámpara, la necesidad de un filtro y un ventilador para su ventilación. Todo esto implica que estas lámparas requieren un mantenimiento periódico (1,2,5,10).

En un principio, los fabricantes de agentes cementantes para brackets fotopolimerizables recomendaron un tiempo de exposición con luz halógena de aproximadamente 20 a 40 segundos por diente y a una intensidad de 400 mW/cm<sup>2</sup> (7).

- **Lámpara de emisión de diodos (LED)**

Mills introdujo las unidades de polimerización LED en 1995 (5). Las lámparas LED están basadas en diodos emisores de luz que consta de 2 cristales semiconductores, un tipo “n” y otro tipo “p”. Cuando la corriente eléctrica pasa a través de estos cristales, la energía producida en esa unión es liberada en forma de luz. Por lo tanto, se emite luz azul a una longitud de onda determinada y no requiere de filtros (4,5,7,9).

Esta lámpara brinda un rendimiento de alta energía, ya que toda la luz emitida es útil. Asegura una efectividad constante sin disminución de la intensidad, no requiere filtros ni ventiladores ya que no genera altas temperaturas. Además, estas unidades pueden funcionar fácilmente con baterías y tiene un diseño ergonómico liviano (3,5,10,11).

En un comienzo, estas lámparas generaban luz con una intensidad aproximada entre 800 – 1000 mW/cm<sup>2</sup> con un tiempo de exposición de 10 segundos. Con el avance de la

tecnología, se han desarrollado varios dispositivos de polimerización LED de alta potencia, que produce mayor intensidad de luz ( $1600 - 3200 \text{ mW/cm}^2$ ) reduciendo el tiempo de exposición a 6 y 3 segundos y a la vez reduciendo el tiempo de atención clínica (8,11).

Milly y Banerjee visitaron 185 consultorios dentales privados en Damasco (Siria) y examinaron clínicamente el efecto de la unidad de fotopolimerización en la salida de la intensidad de luz de la punta de luz halógena y luz LED y encontraron una intensidad de luz significativamente mejor en esta última. Mencionan que la edad de las unidades de fotopolimerización y la presencia de restos en la punta afectan de manera significativa la intensidad de la luz emitida (9).

Por otro lado, el aumento de la temperatura intrapulpal durante la polimerización fue reportado en la literatura en 1965 por Zach y Cohen, quienes investigaron los efectos en mono rhesus y encontraron que el aumento de  $5,5^\circ\text{C}$  de temperatura indujo necrosis en 15% de los primates. Es así que este valor de aumento de temperatura se acepta como el valor umbral de daño irreversible a la cámara pulpar (5,12).

Amuk et al. evaluaron los cambios de temperatura y el tiempo de enfriamiento en la pulpa de premolares superiores extraídos mediante un sistema de imagen térmica durante la adhesión ortodóntica con luz LED y luz de arco de plasma. Utilizaron luz LED estándar a 10 segundos, LED potencia extra a 3 y 6 segundos y luz arco de plasma

a 3 y 6 segundos encontrando mayores cambios de temperatura con luz LED estándar y potencia extra a 6 segundos de exposición (12).

Además, la irradiación de la luz puede causar toxicidad y lesiones térmicas en el tejido oral. Yoshino et. al demostraron que la irradiación con luz azul produce especies reactivas de oxígeno e induce un estrés oxidativo del tejido oral, pero esta es contrarrestada con el uso de antioxidantes (13).

Ulker et al. (2009) realizaron un estudio donde compararon la microfiltración del complejo bracket – adhesivo – esmalte en los márgenes gingival y oclusal de los brackets metálicos después de adherirlos con una luz halógena convencional (Hilux350) por 40 segundos, luz LED (Elipar Freelight) por 20 segundos y luz de arco de plasma (Power Pac) por 6 segundos y no encontraron diferencias, por lo que recomiendan el uso de todas las luces de fotopolimerización en la práctica ortodóntica (14).

Teixeira et al. (2012) evaluaron la influencia del tiempo de fotopolimerización en la resistencia a la fuerza de cizallamiento de diferentes agentes cementantes y observaron que no hubo diferencia entre ellos. Además, mencionan que no observaron influencia de la variación del tiempo de polimerización con luz LED Optilight LD MAX de 20 a 40 segundos utilizado en su estudio (15).

Guram et al. (2018) demostraron también que no existe diferencia estadísticamente significativa en la resistencia a la fuerza de cizallamiento al comparar luz halógena (3M ESPE Elipar 2500) y luz LED (3M ESPE Elipar Freelight 2) por 40 segundos en brackets metálicos MBT (11).

Carvalho et al. (2013) estudiaron la resistencia a la fuerza de cizallamiento utilizando tres tipos de aparatos de polimerización: luz halógena (Optilight Plus – Gnatus) a 40 segundos y 2 luces LED (Optilight CL – Gnatus y Elipar Freelight – 3M/Espe) a 10 y 40 segundos, respectivamente. Los resultados obtenidos en este estudio mencionan que la luz halógena Optilight Plus – Gnatus a 40 segundos presentó la mayor resistencia al cizallamiento (16).

Gupta et al. (2018) compararon la resistencia a la fuerza de cizallamiento del bracket polimerizado con luz LED Galaxy (5 y 10 segundos) y luz halógena QHL75 (20 y 40 segundos) en premolares superiores humanos. El resultado muestra que la más alta resistencia se obtuvo con el grupo de luz halógena de 40 segundos (17).

Türkkahraman et al. (2005) evaluaron la resistencia a la fuerza de cizallamiento del bracket con luz LED (MiniLED) y luz halógena (Heliolux DLX) e investigaron la polimerización con luz LED de modo de inicio rápido (20 segundos), luz LED de modo de inicio suave (40 segundos) y luz halógena (40 segundos). Sus resultados revelaron que la polimerización con luz LED a 40 segundos produjo mayor resistencia (18).

Faria-E-Silva et al. (2017) estudiaron el efecto de tres tiempos de polimerización de una unidad LED (Valo Cordless) en 20, 4 y 3 segundos sobre un bracket metálico. Cada bracket se unió a réplicas de resina epoxi molar y posteriormente lo evaluaron utilizando un microscopio de espectrómetro infrarrojo. Sus resultados hallados demuestran que los valores más altos se observaron en 20 segundos, mientras que en los otros tiempos no se observaron diferencias (19).

Al-Khatieeb et al. (2017) concluyeron que la resistencia a la fuerza de cizallamiento de brackets metálicos estándar es más alta cuando se utiliza una luz Woodpecker i-Led a 3 y 1 segundo en comparación a la luz halógena Ortholux XT utilizada por 40 segundos (20).

Almeida et al. (2018) demostraron que la reducción del tiempo de exposición con luz LED Valo Cordless de tercera generación no afecta el adhesivo remanente y que reduciendo el tiempo de exposición de 6 a 3 segundos disminuye significativamente la resistencia a la fuerza de cizallamiento (21).

Abdullah et al. (2019) indicaron que utilizando una luz LED (D-Lux, Diadent) en comparación a la luz halógena (Litex, Dentamerica) por 40 segundos la resistencia a la fuerza de cizallamiento va ser un poco más alta para la luz LED (22).

## **II. OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

Comparar la resistencia a la fuerza de cizallamiento de los brackets cementados y fotopolimerizados con luz halógena y luz LED a diferentes tiempos de exposición.

### **Objetivos específicos:**

- I. Determinar que lámpara de polimerización produce mayor resistencia al cizallamiento en brackets cementados.
- II. Determinar si el tiempo de polimerización afecta la resistencia al cizallamiento de brackets cementados.
- III. Determinar si, el tipo de lámpara y tiempo de polimerización afectan la resistencia al cizallamiento de brackets cementados.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### III.1. Diseño del estudio

Estudio transversal, comparativo, experimental.

#### III.2. Muestra

Para el cálculo del tamaño de la muestra, fueron utilizados los datos disponibles en la literatura de la media y desviación estándar (16,17). Con un nivel de significancia del 95% y 90% para el análisis de varianza, se encontró que la muestra debe estar compuesta por 13 dientes por cada grupo. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{2(Z\alpha + Z\beta)^2 * S^2}{d^2}$$

Donde:

n = sujetos necesarios en cada una de las muestras

Z $\alpha$  = Valor Z correspondiente al riesgo deseado

Z $\beta$  = Valor Z correspondiente al riesgo deseado

S<sup>2</sup> = Varianza de la variable cuantitativa de grupo control o de referencia

d = Valor mínimo de la diferencia que se desea detectar (datos cuantitativos)

$$n = \frac{2(1.645 + 1.282)^2 * (3.31)^2}{(3.81)^2} = 12.92$$

En total, se seleccionaron 45 dientes premolares extraídos de humanos por motivos ortodónticos y fueron sometidos a diferentes tiempos con 2 tipos de polimerización, una con luz halógena y otra con luz LED.

### **III.3. Criterios de selección**

#### **III.3.1. Criterios de inclusión**

- Primeros o segundos premolares superiores y/o inferiores extraídos de humanos

#### **III.3.2. Criterios de exclusión**

- Dientes con fracturas o grietas
- Dientes con alteración estructural del esmalte y/o dentina (hipoplasia del esmalte, dentinogénesis imperfecta)



### III.4. Variables

**Lámpara de fotopolimerización:** medida en escala nominal, se definió conceptualmente como un dispositivo que se utiliza para la polimerización de materiales dentales activados por luz visible. El indicador fue la intensidad de luz, sus valores fueron luz halógena y luz LED.

**Resistencia al cizallamiento:** medido en escala de razón, se definió conceptualmente como la carga necesaria para producir una fractura en la interfase de unión entre dos materiales cuando se aplican fuerzas paralelas de sentido contrario. El indicador fue la máquina de ensayo universal y su valor fue Megapascal.

**Tiempo:** medido en escala ordinal, se definió conceptualmente como un período determinado en el que se realiza una acción. El indicador fue la medición del operador y los valores fueron 10, 20 y 40 segundos.

El cuadro de operacionalización de variables se observa en la sección de tablas, gráficos y figuras.

### III.5. Materiales

- Dientes premolares
- Pieza de mano de baja velocidad
- Escobillas Robinson
- Pasta profiláctica Alpha- Pro<sup>®</sup>
- Piedra pómez
- Ácido grabador a 37% 3M Scotchbond
- Brackets metálicos Monobloc Morelli (0.022x0.028")
- Pinza portabacket
- Explorador
- Resina Orthocem FGM Dental Group
- Reloj
- Acrílico Orthocryl<sup>®</sup>
- Radiómetro LM-1 Woodpecker
- Lámpara de luz halógena Optilight plus Gnatus
- Lámpara de luz LED F Woodpecker
- Recipiente de plástico
- Agua destilada
- Caja de tecnopor
- Máquina digital de ensayo universal CMT-5L marca LG

### **III.6. Técnicas y/o procedimientos**

Los dientes seleccionados se mantuvieron en agua destilada a temperatura ambiente para prevenir la deshidratación y crecimiento bacteriano. Luego con la finalidad de fijar los dientes y mantener la estabilidad se construyeron cubos (24x17x17) de acrílico Orthocryl<sup>®</sup>, estando en la fase plástica se insertaron los dientes de tal forma que la corona quedó expuesta. Antes de adherir los brackets, las superficies bucales de todos los dientes fueron limpiados y pulidos con una escobilla Robinson y pasta de profilaxis con piedra pómez por 10 segundos usando una pieza de baja velocidad y luego lavadas con agua durante 10 segundos y se secaron con aire comprimido.

La superficie bucal del diente fue aplicada con ácido fosfórico 3M Scotchbond a 37% por 30 segundos, luego fue lavado con spray de agua por 5 segundos y secado con aire comprimido hasta observar un área blanca. Para el procedimiento de adhesión se utilizó un sistema adhesivo ortodóntico fotopolimerizable (Orthocem FGM Dental Group) y se aplicó sobre la base del bracket de premolar con ranura 0,022” (Monobloc Morelli, Brasil). Los brackets fueron sujetos con una pinza portabacket y posicionados en el centro de la corona anatómica del diente, ejerciendo una ligera presión para que el exceso de material fluya de los márgenes del bracket que luego fueron removidos con un explorador antes de la polimerización previniendo así que cubra la base del bracket y aumente su retención influyendo en los resultados.

La muestra seleccionada se dividió al azar en tres grupos de 15 dientes: grupo 1 – G1 (luz halógena por 40 segundos), grupo 2 – G2 (luz LED por 10 segundos) y grupo 3 – G3 (luz LED por 20 segundos). Se procedió a adherir los brackets metálicos a cada uno de los dientes con la diferencia que los tres grupos de dientes recibieron diferente tiempo de exposición ya sea con luz LED o luz halógena. El tiempo de polimerización se seleccionó según las recomendaciones de los fabricantes de ambas lámparas.

Los instrumentos de fotopolimerización fueron Optilight plus (luz halógena) de la compañía Gnatus – Brasil y LED F Woodpecker (luz LED) de la compañía WOODPECKER MEDICAL INSTRUMENT CO., LTD - China. Ambos emisores de luz procedieron de su utilización en consultorio particular, la lámpara LED tiene un uso de 3 años y la lámpara de luz halógena 5 años.

Al realizar la polimerización, la intensidad de luz de ambas lámparas se controló con un radiómetro LM-1 Woodpecker. Los valores fueron de 800 mW/cm<sup>2</sup> y 1100 mW/cm<sup>2</sup> para la luz halógena Optilight plus Gnatus y luz LED F Woodpecker respectivamente.

La polimerización se realizó manteniendo la punta de la lámpara lo más cercano posible al bracket en dirección mesial y distal. Las muestras fueron colocadas en un dispositivo de plástico el cual fue llenado con agua destilada y luego almacenada en una caja de tecnopor a temperatura ambiental para mantenerlo en oscuridad durante 24 horas. Seguidamente se trasladó todo el material para realizar las pruebas de resistencia a la

fuerza de cizallamiento utilizando la máquina digital de ensayo universal modelo CMT-5L marca LG, con serie 7419, de procedencia coreana, la cual fue calibrada el 15 de agosto del 2020 como se muestra en su constancia de calibración (Anexo 1).

Para la prueba de cizallamiento cada muestra fue posicionada en un dispositivo de fijación de la máquina. Se usó una velocidad de 0,75 mm/min. Para realizar la prueba se fijó la muestra en un soporte para ser sometido a la aplicación de la fuerza. El bracket cementado sobre la superficie fue sometido a una fuerza de cizallamiento ejercida por un soporte incorporado en la máquina de ensayo universal que describe un movimiento en sentido ocluso – gingival contra el bracket. Este movimiento se desplaza a una velocidad constante hasta provocar el desprendimiento del bracket siendo esto sincronizado por una computadora.

La prueba se efectuó en un solo día y secuencialmente para las piezas dentales de los grupos seleccionados. Los cálculos de medición de la fuerza fueron expresados en megapascales (MPa).

### **III.7. Plan de análisis**

Una vez realizada la prueba de resistencia de cizallamiento se obtuvieron los datos los cuales fueron registrados en una ficha (Anexo 2). Los resultados se ordenaron según el número de grupo asignado.

### **III.8. Consideraciones éticas**

- Se solicitó el permiso correspondiente a la unidad de investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia
- Se registró en el SIDISI.
- Se presentó ante la Dirección Universitaria de Investigación, Ciencia y Tecnología (DUICT) para su revisión y aprobación en Comité de Ética.

#### **IV. RESULTADOS**

En la presente investigación los resultados se procesaron en el software de análisis estadístico StataCorp Stata MP 16.0. Los valores de resistencia al cizallamiento entre los grupos experimentales se muestran en la Tabla 1. Observamos que el valor mínimo y máximo a la fuerza de cizallamiento fue de 1,22 MPa y 9,34 MPa respectivamente. La media de valor máximo se encontró en el grupo G1 (5,90 MPa  $\pm$  1,60) y la media de valor mínimo se encontró en el grupo G2 (4,02 MPa  $\pm$  1,49).

Al realizar la prueba de varianza ANOVA y la prueba post hoc de Tukey, se encontró que sólo el grupo G1 presentaba diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

## V. DISCUSIÓN

Las lámparas de polimerización se han convertido en instrumentos de mucha utilidad en la práctica odontológica muy utilizadas en la especialidad de ortodoncia para la adhesión de brackets, el uso correcto de estas lámparas se relaciona al éxito del resultado (4,7,9).

El presente estudio demostró que los brackets adheridos con luz halógena Optilight plus Gnatus a 40 segundos ( $5,90 \text{ MPa} \pm 1,60$ ) presentaron mayor resistencia a la fuerza de cizallamiento en comparación con los brackets adheridos con luz LED F Woodpecker a 10 segundos ( $4,02 \text{ MPa} \pm 1,49$ ) y a 20 segundos ( $4,49 \text{ MPa} \pm 1,38$ ). Hallazgos similares también han sido informados por autores como Carvalho, Gupta y Yagci quienes utilizaron lámparas de luz halógena de diferentes marcas e intensidades (Optilight plus a  $600 \text{ mW/cm}^2$ , QHL75 a  $620 \text{ mW/cm}^2$  y Hilux350 a  $350 \text{ mW/cm}^2$ ) respectivamente (16,17,23). De estos tres autores, sólo Gupta encontró una diferencia significativa y su valor de mayor resistencia al cizallamiento fue mayor que el encontrado en nuestro estudio ( $18.27 \text{ MPa}$ ).

Por otro lado, los resultados del presente estudio difieren de otros, como Guram, Abdullah, Gálvez, Magno donde no encontraron diferencias significativas debido posiblemente al diseño de estudio para la aplicación de la polimerización empleada (luz halógena – Elipar 2500, Litex 680<sup>a</sup>, XL 3000 y luz LED – Elipar Freelight 2, D- Lux, Valo Cordless, Ortholux), la variación de la intensidad de la luz ( $450$  a  $730 \text{ mW/cm}^2$



para luz halógena y de 1000 a 1600 mW/cm<sup>2</sup> para luz LED), el tipo de bracket metálico así como el tiempo de exposición a la luz (11,22,24,25).

Otras investigaciones han demostrado que la polimerización de brackets con luz LED son más efectivas que las realizadas con luz halógena como el estudio de Türkkahraman, Al-Khatieeb, Swanson (18,20,26). Estos hallazgos se dieron utilizando una mayor intensidad de luz de lámparas LED de alta potencia que alcanzan hasta los 3200 mW/cm<sup>2</sup>. Una preocupación clínica de estos aparatos es su influencia en la vitalidad pulpar del diente por el calor generado durante la polimerización. Yagci et al. encontraron un menor cambio de temperatura de la lámpara Valo Cordless a 3 segundos comparado con la luz halógena Hilux350 a 40 segundos (2,06°C ± 0,82 vs 4,84°C ± 0,89). Sin embargo, Groddeck mostró que al utilizar una lámpara Valo Cordless a doble exposición con tiempo de 3 segundos encontró un aumento de temperatura mayor a 5,5°C, considerado como valor crítico de daño pulpar (23,27).

En esta investigación la fuerza de adhesión encontrada fue entre 4,02 ± 1,49 MPa y 5,90 ± 1,60 MPa. Es importante mencionar que según Reynolds (28) los valores “clínicamente aceptables” varían entre 5 a 7,8 MPa, lo cual es tomado en cuenta como referencia por otros estudios (17,20,22,23,25,26). Es importante tener en consideración el reporte de algunos estudios que nos indican el alto riesgo de fractura del esmalte al retirar el bracket cuando estos han sido cementados con valores de adhesión mayores a 7,8 MPa (18,21,22,26).

En el presente estudio se demostró mayor resistencia a la fuerza de cizallamiento con luz halógena a 40 segundos de tiempo de polimerización. Esto se atribuye a una mayor tasa de conversión de monómero en polímero por el tiempo de polimerización incrementado. Otros autores también han encontrado que, a mayor tiempo de exposición con luz halógena o LED, la resistencia de adhesión aumenta (17,18,20,26).

En cuanto a las limitaciones del presente estudio, al ser un estudio in vitro, sus resultados no deben extrapolarse a la práctica clínica porque no reproduce la situación en la cavidad oral. Además, la falta de uniformidad en la metodología de los estudios en los que se analizan la resistencia al cizallamiento de los brackets con aparatos de fotopolimerización hace difícil la comparación de resultados. No existe un consenso para la prueba de resistencia al cizallamiento en la máquina de ensayo universal. A menudo se utilizan velocidades entre 0,5 y 1 mm/ min (11,16,17,18,20,21,23,25,26), en este estudio se utilizó a 0,75 mm/ min.

En el presente estudio queda demostrado que la luz halógena tiene valores de resistencia al cizallamiento mayores en relación a la luz LED y las fuerzas de adhesión de los brackets de ambos aparatos están dentro de los valores “clínicos aceptables”, se sugiere que ambos puedan usarse en la adhesión de brackets. Es más, la unidad de polimerización LED tienen ciertas ventajas, ya que son inalámbricos, más pequeños y ligeros. Incluso, tienen bajos costos de mantenimiento y no tienen degradación significativa de la intensidad de luz con el tiempo por lo que sería una mejor opción comparado con la luz halógena (5,10,11,17,26).

## **VI. CONCLUSIONES**

- I.** La mayor resistencia al cizallamiento de brackets fue cuando se utilizó la lámpara de luz halógena Optilight plus.
  
- II.** El tiempo de polimerización que produce mayor resistencia al cizallamiento de brackets es 40 segundos con Optilight plus – luz halógena.
  
- III.** La mayor fuerza promedio de resistencia al cizallamiento fue de  $5,90 \text{ MPa} \pm 1,60$  para Optilight plus – luz halógena a 40 segundos.

## **RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS**

Se sugiere que se realicen ensayos clínicos de boca dividida donde se determine la tasa de falla de unión del bracket entre distintos grupos de tiempo de polimerización y ampliar la línea de investigación incluyendo nuevos aparatos de luz LED de última generación.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Eliades T. Polymerization lamps and photocuring in orthodontics. *Semin Orthod.* 2010;16(1):83-90.
2. Jandt KD, Mills RW. A brief history of LED photopolymerization. *Dent Mater.* 2013;29(6):605-17.
3. Moradas Estrada M, Álvarez López D. Dinámica de polimerización enfocada a reducir o prevenir el estrés de contracción de las resinas compuestas actuales. Revisión bibliográfica. *Av Odontoestomatol* 2017;33(6):261-72.
4. Jiménez-Planas A, Martín J, Abalos C, Llamas R. Developments in polymerization lamps. *Quintessence Int.* 2008;39(2):74-84.
5. Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Braz Oral Res.* 2017;31:64-91.
6. Nóbrega TR, Youssef MN, De Oliveira A, De Oliveira FS, De Santana P, De Macêdo AC. Shear bond strength of metallic brackets: An in vitro study. *PBOCI.* 2015;15(1):319-25.
7. Gomes P, Portugal J, Jardim L. Effect of high-powered LED curing exposure time on orthodontic bracket shear bond strength. *Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac.* 2014;55(2):78-82.
8. Gacitúa P, Werlinger FA, Ríos M, Álvarez E. Satisfacción del uso de brackets metálicos en relación a higiene oral, confort y autopercepción estética. *Rev Cubana Estomatol.* 2016;53(1):21-7.

9. Milly H, Banerjee A. Evaluating the Clinical Use of Light-emitting Diode vs Halogen Photocuring Units. *Oral Health Prev Dent.* 2018;16(1):21-5.
10. Fleming PS, Eliades T, Katsaros C, Pandis N. Curing lights for orthodontic bonding: a systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143(4):92–103.
11. Guram G, Shaik JA. Comparison of light- emitting diode- curing unit and halogen- based light- curing unit for the polymerization of orthodontic resins: An in vitro study. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2018;8(5):409-15.
12. Amuk NG, Kurt G, Er Ö, Çakmak G, Aslantaş V. Effects of high-energy curing lights on time-dependent temperature changes of pulp space during orthodontic bonding. *Turk J Orthod.* 2019;32(1):22-7.
13. Yoshino F, Yoshida A. Effects of blue-light irradiation during dental treatment. *Jpn Dent Sci Rev.* 2018 Nov;54(4):160-8.
14. Ulker M, Uysal T, Ramoglu S, Ertas H. Microleakage under orthodontic brackets using high- intensity curing lights. *Angle Orthod.* 2009;79(1):144-9.
15. Teixeira C, Royo R, Oliveira M. Influence of variation on polymerization time in the shear bond strength for different cements to orthodontic brackets. *Rev Bras Odontol.* 2012;69(2):220-3
16. Carvalho PE, Dos Santos VM, Isber H, Cotrim-Ferreira FA. Halogen light versus LED for bracket bonding: Shear bond strength. *Dental Press J Orthod.* 2013;18(1):31.e1-6.

17. Gupta SP, Shrestha BK. Shear bond strength of a bracket-bonding system cured with a light-emitting diode or halogen-based light-curing unit at various polymerization times. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2018;10:61-7.
18. Türkkahraman H, Küçükeşmen HC. Orthodontic bracket shear bond strengths produced by two high power light emitting diode modes and halogen light. *Angle Orthod*. 2005;75(5):854-7.
19. Faria-E-Silva AL, Covell DA, Ferracane JL, Pfeifer CS. Effectiveness of high irradiance for short-time exposures on polymerization of composite under metal brackets. *Angle Orthod*. 2017;87(6):834-40.
20. Al-Khatieeb MM, Nahidh M, Al-Khawaja N. Effect of reducing curing time on the shear bond strength of metal orthodontic brackets: An in vitro comparative study. *IJSR*. 2017;6(6):201-6.
21. Almeida LF, Martins LP, Martins RP. Effects of reducing light-curing time of a high-power LED device on shear bond strength of brackets. *J Orofac Orthop*. 2018;79(5):352-8.
22. Abdullah MK, Rafique T, Biswas AK, Ghosh R, Gafur MA, Hassan GS. Comparison of shear bond strength of orthodontic bracket bonding to teeth using light-curing units between halogen and LED: An in vitro study. *Bangladesh Med Res Counc Bull*. 2019;45:17-22.
23. Yagci A, Buyuk SK. Shear bond strength and temperature rise of orthodontic brackets bonding by using a new 3-second LED mode. *Turkish J Orthod*. 2013;26(1):45-50.

24. Gálvez J. Evaluación de la fuerza de adhesión de brackets metálicos polimerizados con luz halógena y luz LED. [Tesis Br en Est]. Quito: Universidad Central del Ecuador; 2017.
25. Magno A, Martins RP, Vaz LG, Martins IP, Martins LP. Shear bond strength of brackets bonded with plasma arc, LED and halogen light using different curing times. *Ortodontia SPO*. 2012;45(1):25-32.
26. Swanson T, Dunn WJ, Childers DE, Taloumis LJ. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with light-emitting diode curing units at various polymerization times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004;125(3):337–41.
27. Groddeck AL, Schwestka-Polly R, Hecker H, Sostmann M. Temperatures in the pulpal cavity during orthodontic bonding using an LED light curing unit: An in vitro pilot study. *J Orofac Orthop*. 2020;81(6):396-406.
28. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod*. 1975;2:171-8.



## VIII. TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS.

**Tabla 1. Valores medios de resistencia al cizallamiento en los grupos experimentales.**

Grupos	Resistencia de fuerza de cizallamiento (MPa)			
	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
G1 - Luz halógena 40 segundos	5,90	1,60	3,57	9,34
G2 - Luz LED F Woodpecker 10 segundos	4,02	1,49	1,22	6,63
G3 - Luz LED F Woodpecker 20 segundos	4,49	1,38	2,01	7,12

\*Prueba de Anova ( $p=0.004$ ).

\*\*Prueba post hoc de Tukey ( $p<0.05$ ).



**Fig. 1.** Brackets metálicos Monobloc Morelli



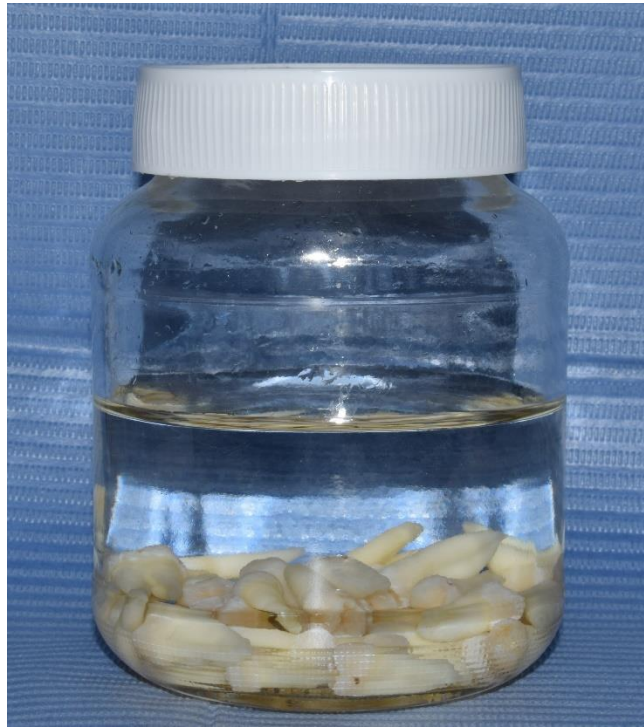
**Fig. 2.** Lâmpara LED F Woodpecker



**Fig. 3.** Lámpara de luz halógena Optilight plus - Gnatus



**Fig. 4.** Radiómetro LM-1 Woodpecker



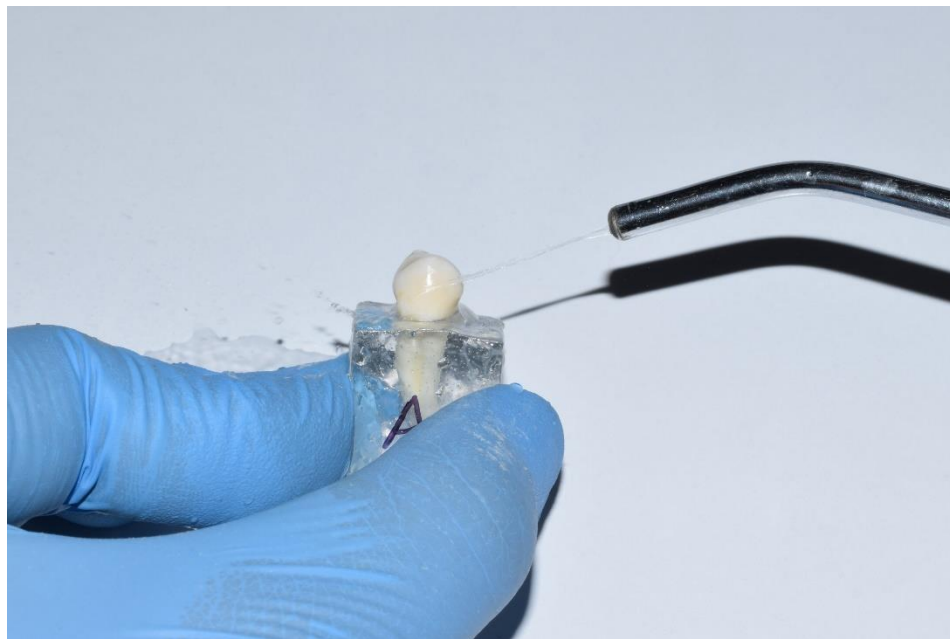
**Fig. 5.** Almacenamiento de dientes premolares en agua destilada.



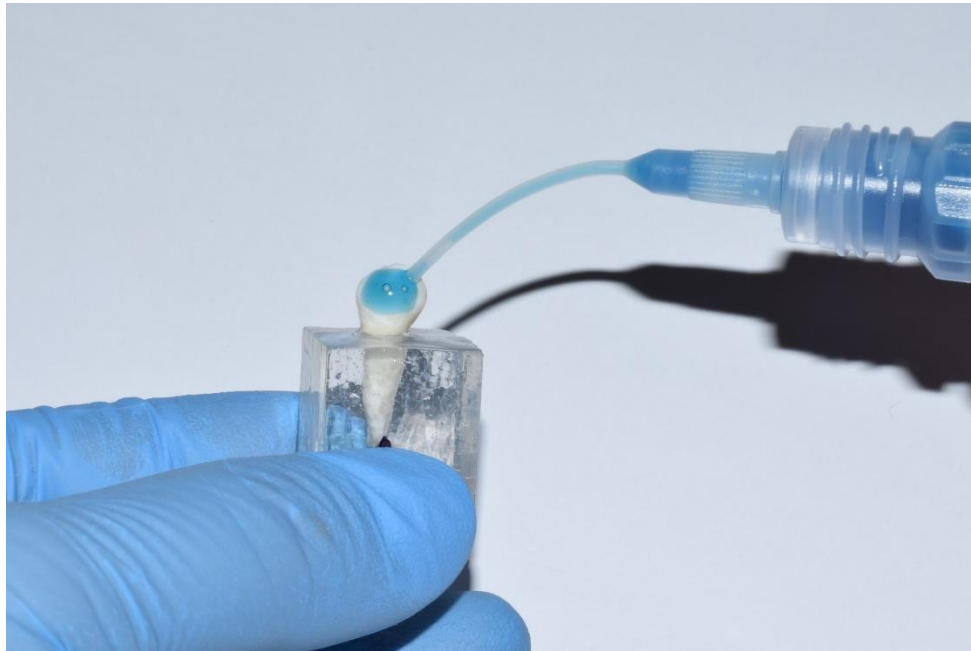
**Fig. 6.** Confección de cubo de acrílico (24x17x17)



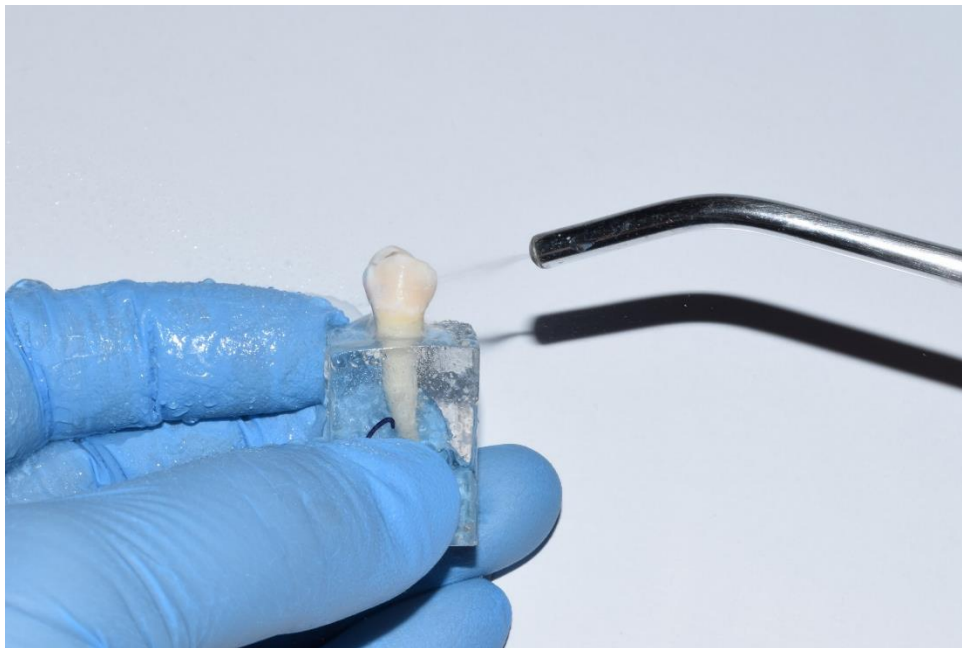
**Fig. 7.** Limpieza del diente con pasta de profilaxis y piedra pómez por 10 segundos



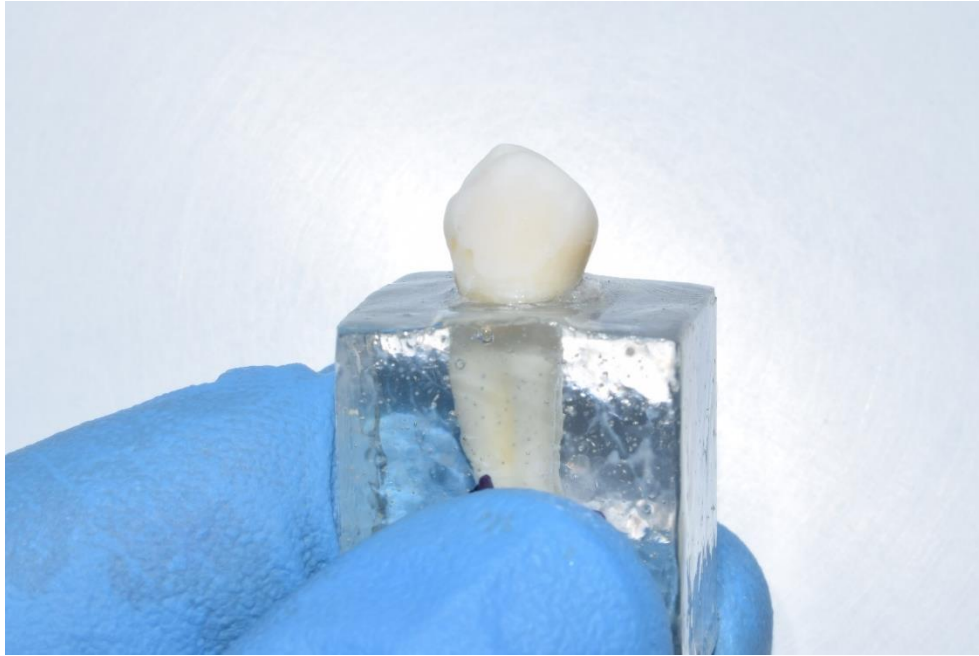
**Fig. 8.** Lavado con agua por 10 segundos y secado con aire comprimido



**Fig. 9.** Aplicación de ácido fosfórico 3M Scotchbond a 37% por 30 segundos



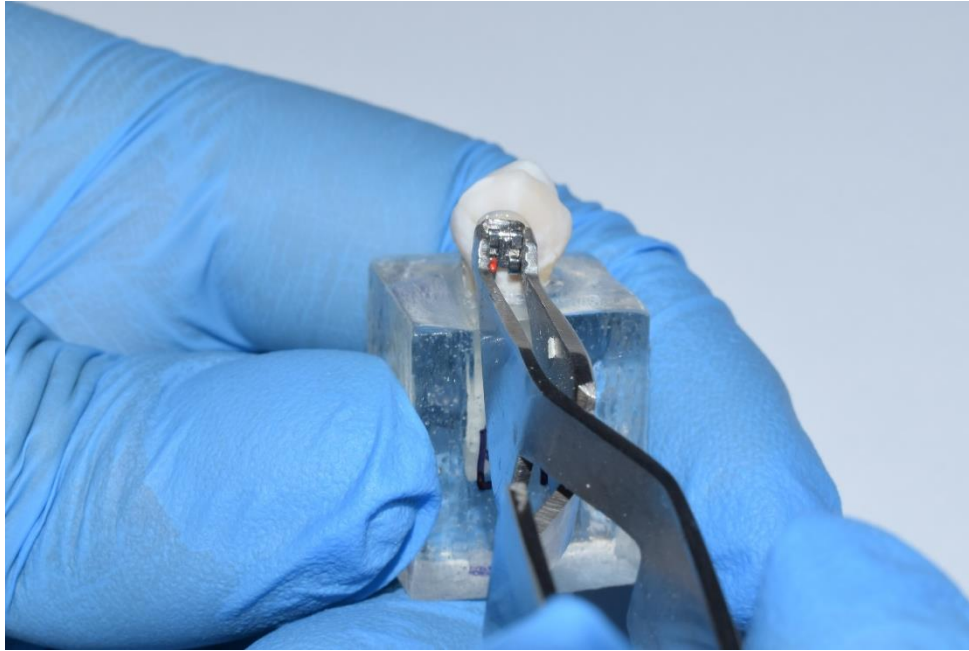
**Fig. 10.** Lavado con spray de agua por 5 segundos.



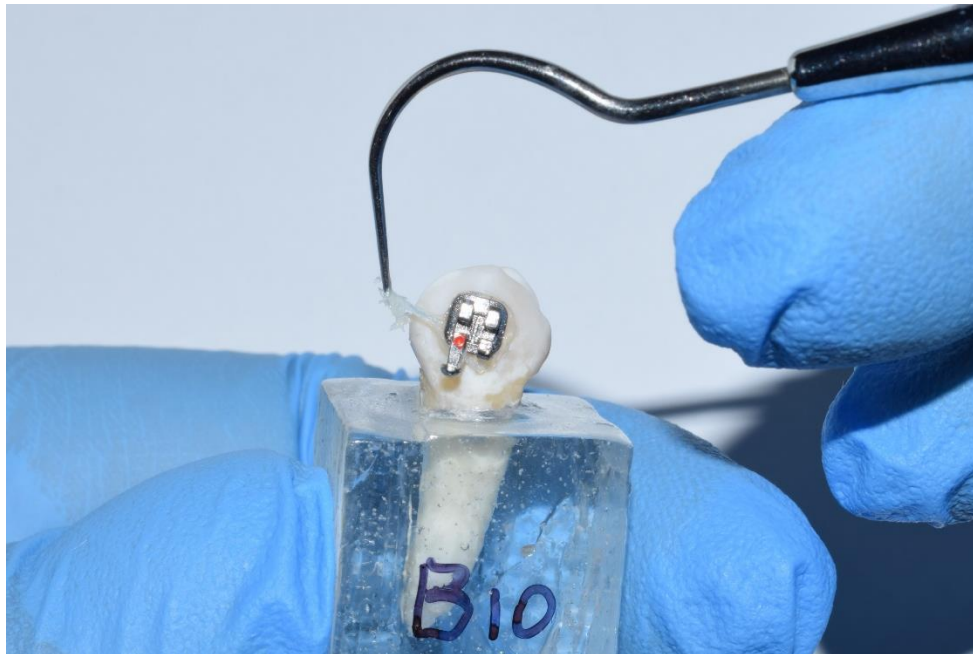
**Fig. 11.** Secado con aire comprimido hasta observar un área blanca



**Fig. 12.** Aplicación de Orthocem sobre base del bracket



**Fig. 13.** Posicionamiento del bracket en centro de corona anatómica del premolar

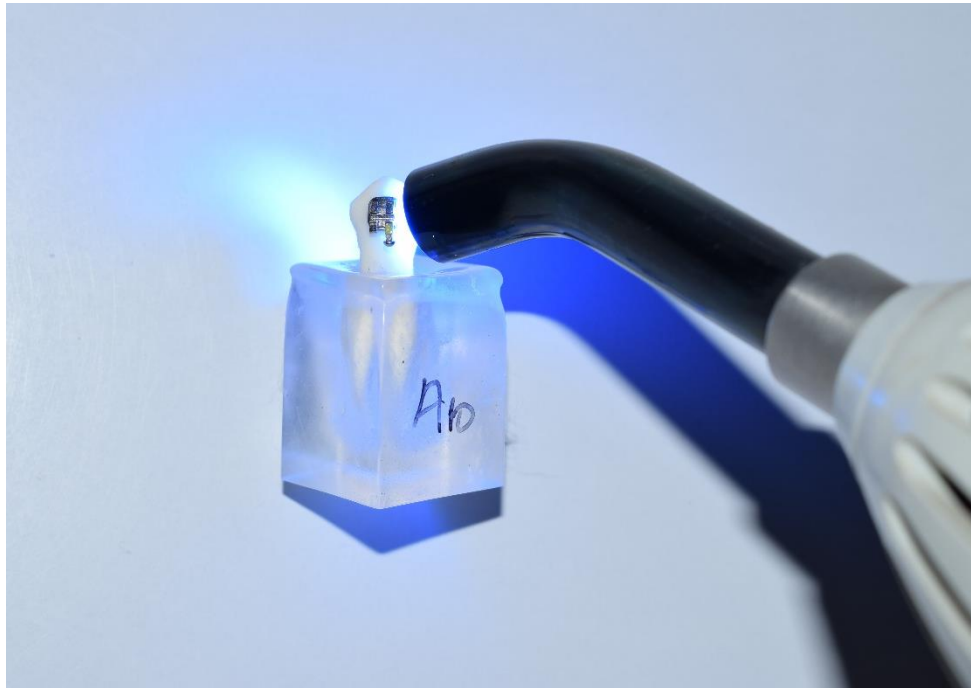


**Fig. 14.** Remoción de exceso de material





**Fig. 15.** Registro de intensidad de las lámparas con el radiómetro LM-1 Woodpecker



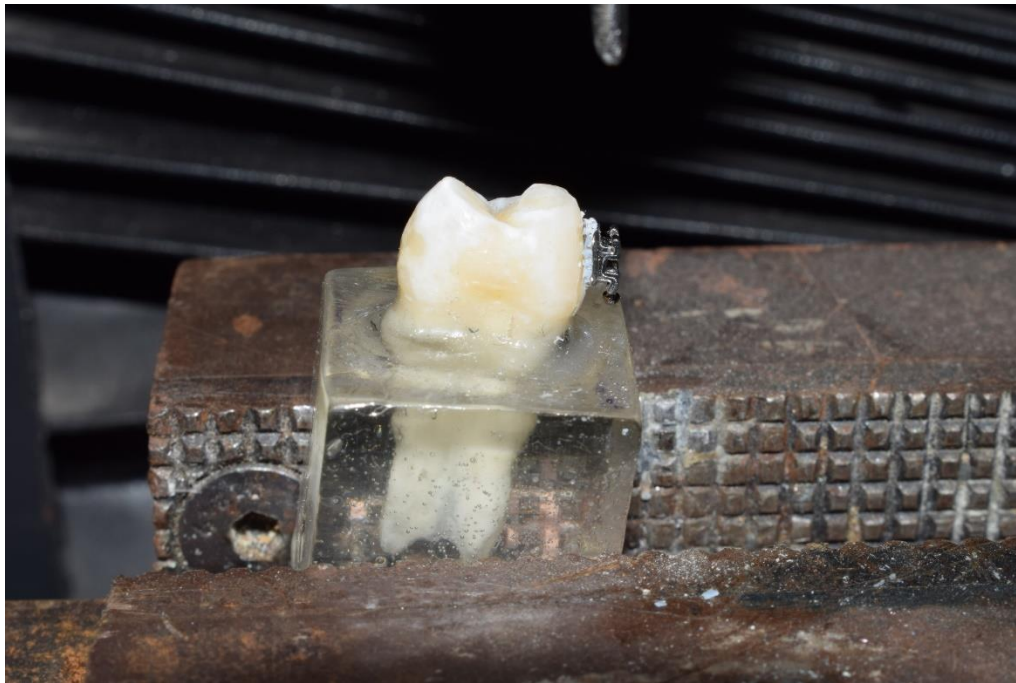
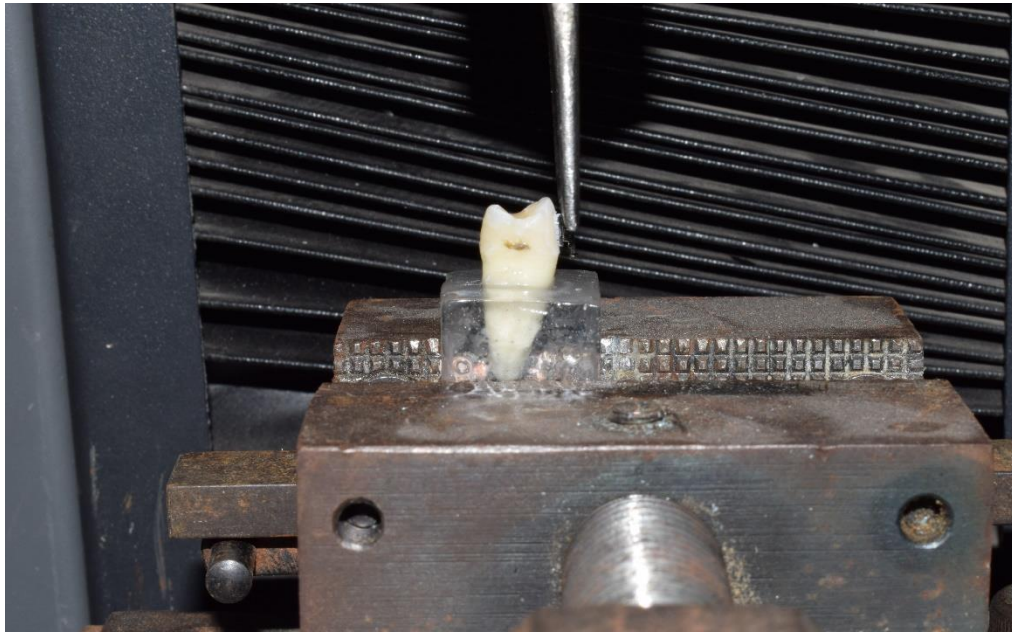
**Fig. 16.** Fotopolimerización de bracket con luz halógena



**Fig. 17.** Fotopolimerización de bracket con luz LED



**Fig. 18.** Muestras almacenadas en recipiente de plástico sumergido en agua destilada y dentro de una caja de tecnopor a temperatura ambiental por 24 horas.



**Fig. 19.** Muestra posicionada en máquina de ensayo universal para prueba de cizallamiento.

### ANEXO 1: Cuadro de operacionalización de variables

Identificación	Definición conceptual	Indicador	Tipo	Escala de medición	Valores
<b>Lámpara de fotopolimerización</b>	Dispositivo que se utiliza para la polimerización de materiales dentales activados por luz visible.	Intensidad de luz	Cuantitativa	Continua	Luz halógena Luz LED
<b>Resistencia al cizallamiento</b>	Carga necesaria para producir una fractura en la interfase de unión entre dos materiales cuando se aplican fuerzas paralelas de sentido contrario.	Máquina de ensayo universal	Cuantitativo	Razón	Megapascal
<b>Tiempo</b>	Período determinado en el que se realiza una acción.	Medición del operador	Cuantitativo	Ordinal	10 segundos 20 segundos 40 segundos

## Anexo 2: Certificado de calibración de máquina de ensayo universal



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LMF - 2020 - 010

Página 1 de 2

Fecha de emisión: 2020-08-15  
Fecha de expiración: 2021-08-15  
Expediente: LMC-2020-0666

**1. SOLICITANTE : HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.**  
Dirección : Nro. 1319 Int. 116 Urb. Los Jardines de San Juan, Etapa II, San Juan de Lurigancho - Lima - Lima.

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: MAQUINA DIGITAL DE ENSAYOS UNIVERSALES**

Marca : LG  
Modelo : CMT-5L  
Serie : 7419  
Identificación : No Indica  
Rango de indicación : 5000,00 N  
División mínima : 0,01 N  
Tipo de Ensayo : Tracción  
Tipo de indicación : Digital  
Procedencia : Korea  
Ubicación : No Indica  
Fecha de Calibración : 2020-08-14

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados del certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario esta en la obligación de recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado y el tiempo de uso del instrumento.

**3. METODO DE CALIBRACIÓN:**

La calibración se realizó por medición directa y comparativa con patrones calibrados con trazabilidad nacional. Se tomó como referencia la norma ISO 7500-1: 2004 Materiales Metálicos. Verificación de máquinas de ensayos uniaxiales parte I. Máquinas de ensayo tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza.

LABORATORIOS MECALAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:**

LABORATORIOS MECALAB S.A.C.  
Av. Lurigancho Nro. 1063, San Juan de Lurigancho - Lima.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

**5. CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,3 °C	20,4 °C
Humedad Relativa (%HR)	59 %HR	57 %HR

**6. PATRONES DE REFERENCIA:**

Patrón	Valor / Clase	Marca	Certificado de Calibración
Termohigrómetro	0 °C a 50 °C	Traceable	LH-085-2019 DM-INACAL
Juego de pesas	1 g a 1 kg / M2	Ninguna	LMM-2020-014 INMELAB
Juego de pesas	5 kg, 10 kg y 20 kg / M2	Ninguna	LMM-2020-017 INMELAB

Gerente de Metrología

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE "LABORATORIOS MECALAB S.A.C."

**7. RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN:**
**MEDICIÓN DE TRACCIÓN**

Indicación del Patrón (N)	Indicación del Equipo (N)	Corrección (N)	Incertidumbre (N)
500,00	501,91	-1,91	2,66
1 000,00	1003,33	-3,33	3,91
1 500,00	1503,68	-3,68	6,47
2 000,00	2005,43	-5,43	9,02
2 500,00	2506,53	-6,53	14,04
3 000,00	3010,63	-10,63	18,97
3 500,00	3515,28	-15,28	17,22
4 000,00	4019,52	-19,52	15,68
4 500,00	4521,32	-21,32	18,99
5 000,00	5025,23	-25,23	21,61

Indicación del Equipo (N)	Errores Relativos				Incertidumbre Expandida U (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resolución Relativa a (%)	
501,91	-0,38	0,22	---	---	0,53
1 003,33	-0,33	0,32	---	---	0,39
1 503,68	-0,24	0,43	---	---	0,43
2 005,43	-0,27	0,27	---	---	0,45
2 506,53	-0,26	0,16	---	---	0,56
3 010,63	-0,35	0,35	---	---	0,63
3 515,28	-0,43	0,23	---	---	0,49
4 019,52	-0,49	0,53	---	---	0,39
4 521,32	-0,47	0,43	---	---	0,42
5 025,23	-0,50	0,37	---	---	0,43

Retorno a cero $f_{\theta}$	0,00%
-----------------------------	-------

Error relativo máximo permitido según la clase de la escala de la máquina de ensayo (ISO)

Clase de la escala de la máquina	Errores Relativos				
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resolución Relativa a (%)	Cero $f_{\theta}$ (%)
0,50	± 0,5	0,50	± 0,75	0,25	± 0,05
1	± 1,0	1,00	± 1,5	0,50	± 0,1
2	± 2,0	2,00	± 3,0	1,00	± 0,2
3	± 3,0	3,00	± 4,5	1,50	± 0,3

**8. OBSERVACIONES:**

- El valor indicado del equipo que se muestra en la tabla, es el promedio de 5 valores medidos.
- La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".

**9. CONCLUSIONES:**

- De las mediciones realizadas se concluye que el equipo se encuentra **calibrado** debido a que los valores medidos están dentro del rango normal de operación.
- Se recomienda realizar la próxima calibración en un plazo no mayor a un año desde la emisión de la misma.

FIN DEL DOCUMENTO

### Anexo 3: Ficha de recolección de datos

Tipo de luz:			
Fecha:		Grupo:	
Valores de ensayo de cizallamiento			
Muestra	Área promedio (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Conversión MPa
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			




## Anexo 4: Informe de ensayo de cizallamiento



- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES  
- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

INFORME DE ENSAYO N°		IE-070-2020	EDICION N° 2	Página 1 de 3
<b>ENSAYO DE CIZALLAMIENTO EN BRACKETS ADHERIDOS EN DIENTES ODONTOLÓGICOS</b>				
<b>1. TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DEL BRACKET METÁLICO POLIMERIZADO CON LUZ HALÓGENA Y DIODO EMISOR DE LA LUZ A DIFERENTES TIEMPOS DE POLIMERIZACIÓN: ESTUDIO IN VITRO"			
<b>2. DATOS DEL SOLICITANTE</b>				
NOMBRE Y APELLIDOS	Luis Gustavo Paipay Santos			
DNI	[REDACTED]			
DIRECCIÓN	[REDACTED]			
DISTRITO	[REDACTED]			
<b>3. EQUIPO SUTILIZADOS</b>				
INSTRUMENTO	Maquina digital de ensayos universales CMT- 5L			
MARCA	LG			
APROXIMACIÓN	0.001 N			
INSTRUMENTO	Vernier digital de 200mm			
MARCA	Mitutoyo			
APROXIMACIÓN	0.01mm			
<b>4. RECEPCIÓN DE MUESTRAS</b>				
FECHA DE INGRESO	05	Noviembre	2020	
LUGAR DE ENSAYO	[REDACTED]			
CANTIDAD	3 Grupos			
DESCRIPCIÓN	Muestras de Brackets adheridos en dientes			
IDENTIFICACIÓN	Grupo 1	Luz halógena Gnatus a 40 segundos		
	Grupo 2	Luz LED F Woodpecker a 10 segundos		
	Grupo 3	Luz LED F Woodpecker a 20 segundos		
<b>5. REPORTE DE RESULTADOS</b>				
FECHA DE EMISION DE INFORME	05	Noviembre	2020	

INFORME DE ENSAYO N°		IE-070-2020	EDICION N° 2	Página 2 de 3
<b>6. RESULTADOS GENERADOS</b>				
<b>Grupo 1</b>		Luz halógena Gnatius a 40 segundos		
Espécimen	Área Promedio (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	
A1	11.66	55.84	4.79	
A2	11.87	57.48	4.84	
A3	11.36	60.43	5.32	
A4	11.73	51.24	4.37	
A5	11.89	88.66	7.46	
A6	11.44	95.57	8.35	
A7	11.16	61.25	5.49	
A8	11.27	71.94	6.38	
A9	11.94	77.57	6.50	
A10	11.83	48.38	4.09	
A11	11.86	63.41	5.34	
A12	11.70	41.77	3.57	
A13	11.70	78.50	6.71	
A14	11.40	67.29	5.90	
A15	11.35	106.03	9.34	
<b>Grupo 2</b>		Luz LED F Woodpecker a 10 segundos		
Espécimen	Área Promedio (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	
B1	11.66	52.03	4.46	
B2	11.62	38.42	3.31	
B3	11.90	69.99	5.88	
B4	11.87	78.68	6.63	
B5	11.63	46.40	3.99	
B6	11.27	56.27	4.99	
B7	11.53	62.31	5.41	
B8	11.69	28.87	2.47	
B9	11.39	13.89	1.22	
B10	11.20	44.91	4.01	
B11	11.39	23.52	2.06	
B12	11.15	58.33	5.23	
B13	11.21	32.48	2.90	
B14	11.41	40.13	3.52	
B15	11.41	47.42	4.15	

INFORME DE ENSAYO N°		IE-070-2020	EDICION N° 2	Página 3 de 3
Grupo 3		Luz LED F Woodpecker a 20 segundos		
Espécimen	Área Promedio (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	
C1	11.83	65.32	5.52	
C2	11.39	40.15	3.52	
C3	11.25	22.65	2.01	
C4	11.19	62.12	5.55	
C5	11.19	35.31	3.16	
C6	11.56	42.46	3.67	
C7	11.29	43.77	3.88	
C8	11.42	45.68	4.00	
C9	11.46	31.57	2.76	
C10	11.36	61.85	5.45	
C11	11.43	47.80	4.18	
C12	11.59	62.82	5.42	
C13	11.73	61.44	5.24	
C14	11.36	67.05	5.90	
C15	11.35	80.81	7.12	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de ensayo 0.75 mm/min</li> </ul>				
7. CONDICIONES AMBIENTALES		TEMPERATURA: 22 °C HUMEDAD RELATIVA: 62 %		
8. VALIDÉZ DE INFORME		VÁLIDO SOLO PARA LA MUESTRA Y CONDICIONES INDICADAS EN EL INFORME		
ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN		 HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE		
ING. MECANICO				
LABORATORIO HTL CERTIFICATE				