



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**CARRERA DE ODONTOLOGÍA**

**TEMA:**

**INFLUENCIA DE LOS HUMECTANTES RESINOSOS EN LA**  
**RESISTENCIA COMPRESIVA DE LA RESINA DE**  
**NANOPARTÍCULAS**

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Odontóloga

**Autora:** Katherine Elizabeth Luna Verdezoto

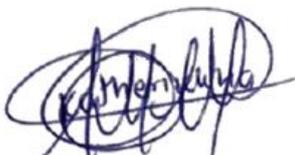
**Tutora:** Dra. Dolores Aracely Cedeño Zambrano

**Riobamba – Ecuador**

**2021**

## **AUTORÍA**

Yo, Katherine Elizabeth Luna Verdezoto, portadora de la cédula de ciudadanía número 0202268918, por medio del presente documento certifico que el contenido de este proyecto de investigación es de mi autoría, por lo que eximo expresamente a la Universidad Nacional de Chimborazo y a sus representantes jurídicos de posibles acciones legales por el contenido de esta. De igual manera, autorizo a la Universidad Nacional de Chimborazo para que realice la digitalización y difusión pública de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.



Katherine Elizabeth Luna Verdezoto

C.I. 0202268918

**ESTUDIANTE UNACH**

## **CERTIFICADO DEL TUTOR**

La suscrita docente tutora de la Carrera de Odontología, de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Nacional de Chimborazo, **Dra. Dolores Aracelys Cedeño Zambrano**, CERTIFICA, que la señorita **Katherine Elizabeth Luna Verdezoto** con C.I: **0202268918**, se encuentra apta para la presentación del proyecto de investigación: **“INFLUENCIA DE LOS HUMECTANTES RESINOSOS EN LA RESISTENCIA COMPRESIVA DE LA RESINA DE NANOPARTÍCULAS”** y para que conste a los efectos oportunos, expido el presente certificado a petición de la persona interesada, en la ciudad de Riobamba.

Atentamente,

  
Dra. Dolores Aracelys Cedeño Zambrano

C.I. 1709411548

**DOCENTE TUTOR**

## PÁGINA DE REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de revisión del proyecto de investigación: “**INFLUENCIA DE LOS HUMECTANTES RESINOSOS EN LA RESISTENCIA COMPRESIVA DE LA RESINA DE NANOPARTÍCULAS**”, presentado por la Srta. **Katherine Elizabeth Luna Verdezoto** y dirigida por la **Dra. Dolores Aracely Cedeño Zambrano**, una vez revisado el proyecto de investigación con fines de graduación, escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, se procede a la calificación del informe del proyecto de investigación.

Por lo expuesto:

### Firma:

Dra. Dolores Aracelys Cedeño Zambrano

  
The stamp contains the text: "Dra. Aracely Cedeño Z.", "ESTÉTICA Y OPERATORIA DENT", and "201518".

### TUTOR

Dra. Sandra Marcela Quisigüiña Guevara

  
The stamp contains the text: "Dra. Marcela Quisigüiña", "ODONTÓLOGA", and "C. P. 50 N° 117".

### MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Cristian Roberto Sigcho Romero

  
The stamp contains the text: "Dr. Cristian Sigcho", "Odontólogo", and "C. P. 50 N° 117".

### MIEMBRO DEL TRIBUNAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO CID  
Ext. 1133

Riobamba 07 de diciembre del 2021  
Oficio N° 312-URKUND-CU-CID-TELETRABAJO-2021

**Dr. Carlos Albán Hurtado**  
**DIRECTOR CARRERA DE ODONTOLOGÍA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**UNACH**  
Presente.-

Estimado Profesor:

Luego de expresarle un cordial saludo, en atención al pedido realizado por la **Dra. Dolores Aracely Cedeño Zambrano**, docente tutor de la carrera que dignamente usted dirige, para que en correspondencia con lo indicado por el señor Decano mediante Oficio N° 1898-D-FCS-TELETRABAJO-2020, realice validación del porcentaje de similitud de coincidencias presentes en el trabajo de investigación con fines de titulación que se detalla a continuación; tengo a bien remitir el resultado obtenido a través del empleo del programa URKUND, lo cual comunico para la continuidad al trámite correspondiente.

No	Documento número	Título del trabajo	Nombres y apellidos del estudiante	% URKUND verificado	Validación	
					Si	No
1	D- 121473569	Influencia de los humectantes resinosos en la resistencia compresiva de la resina de nanopartículas	Katherine Elizabeth Luna Verdezoto	2	x	

Atentamente,

CARLOS GAFAS GONZALEZ  
Firmado digitalmente por CARLOS GAFAS GONZALEZ  
Fecha: 2021.12.07 18:09:07 -05'00'

Dr. Carlos Gafas González  
Delegado Programa URKUND  
FCS / UNACH  
C/c Dr. Gonzalo E. Bonilla Pulgar – Decano FCS

Debido a que la respuesta del análisis de validación del porcentaje de similitud se realiza mediante el empleo de la modalidad de Teletrabajo, una vez que concluya la Emergencia Sanitaria por COVID-19 e inicie el trabajo de forma presencial, se procederá a recoger las firmas de recepción del documento en las Secretarías de Carreras y de Decanato.

1/1

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Chimborazo y a los docentes de la carrera de Odontología por ser parte de mi preparación universitaria y compartir conmigo sus conocimientos, inculcándome valores y principios para mi formación profesional, a cada uno de ustedes mi admiración y respeto. Mi sincero agradecimiento a mi tutora, Dra. Aracely Cedeño, por su paciencia, dedicación, apoyo y orientación para el desarrollo de este proyecto.

Katherine Elizabeth Luna Verdezoto

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiar cada uno de mis pasos. A mis padres, Bety y Gabriel, por su dedicación, esfuerzo y amor incondicional, por apoyarme día a día y ser mi motivación para seguir adelante. A mis hermanos, Paola, Paúl, Adriana y Dany, por su cariño, compañía, risas y palabras de apoyo. A mi sobrina, por la inmensa alegría de tu llegada. A mi tío Jaime, por su infinito cariño y por siempre estar pendiente de mi bienestar; a mi querida abuelita Pola, la llevo en mi corazón y sé que está a mi lado. A todas las personas que me brindaron su apoyo y confiaron en mí, estoy eternamente agradecida con ustedes.

Katherine Elizabeth Luna Verdezoto

## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	5
4. OBJETIVOS.....	7
4.1 Objetivo General.....	7
4.2 Objetivos Específicos.....	7
5. MARCO TEÓRICO.....	8
5.1 Resinas Compuestas.....	8
5.1.1 Historia.....	8
5.1.2 Definición.....	8
5.1.3 Composición de las resinas.....	8
5.1.3.1 Matriz Orgánica.....	9
5.1.3.2 Relleno Inorgánico.....	10
5.1.4 Propiedades de las resinas compuestas.....	10
5.1.4.1 Resistencia al desgaste.....	10
5.1.4.2 Textura superficial.....	10
5.1.4.3 Coeficiente de expansión térmica.....	10
5.1.4.4 Sorción acuosa y solubilidad.....	11
5.1.4.5 Resistencia a la fractura.....	11
5.1.4.6 Módulo de elasticidad.....	11
5.1.4.7 Estabilidad de color.....	11
5.1.4.8 Radiopacidad.....	11
5.1.4.9 Contracción de polimerización.....	12
5.1.5 Clasificación de las resinas compuestas.....	12
5.1.5.1 Clasificación según el tamaño y partículas de relleno.....	12
5.1.5.2 Clasificación según su consistencia.....	13
5.1.5 Técnicas de estratificación de las resinas compuestas.....	14
5.1.5.1 Técnica incremental.....	14
5.1.5.2 Técnica en monobloque.....	15
5.1.6 Fotopolimerización de las resinas compuestas.....	15
5.1.6.1 Factores que intervienen en la polimerización.....	16
5.2 Humectantes Resinosos.....	16

5.2.1 Humectantes resinosos o líquidos modeladores de resinas .....	17
5.2.2 Sistemas Adhesivos .....	18
5.2.2.1 Definición .....	18
5.2.2.2 Composición de los sistemas adhesivos .....	19
5.2.2.3 Clasificación de los sistemas adhesivos. ....	20
5.3 Tipos de fuerzas o tensiones .....	20
5.3.1 Resistencia compresiva.....	21
5.3.1.1 Ensayo de resistencia a la compresión .....	21
5.3.2 Resistencia traccional .....	21
5.3.3 Cizallamiento.....	22
5.3.4 Resistencia flexural.....	22
5.4 Materiales empleados en el estudio .....	22
5.4.1 Resina Filtek Z350 XT (3M ESPE).....	22
5.4.1.1 Descripción del producto.....	22
5.4.1.2 Composición.....	22
5.4.2 Humectante Resinoso Wetting Resin (Ultradent) .....	22
5.4.2.1 Descripción del producto.....	22
5.4.2.2 Instrucciones de uso.....	22
5.4.3 Adper Single Bond 2 (3M ESPE).....	23
5.4.3.1 Descripción del producto.....	23
5.4.3.2 Composición.....	23
5.4.3.3 Instrucciones de uso.....	23
6. METODOLOGÍA.....	24
6.1 Tipo de Investigación .....	24
6.2 Diseño de la investigación.....	24
6.3 Población .....	24
6.4 Criterios de selección.....	25
6.5 Entorno .....	25
6.6 Intervenciones.....	25
6.7 Técnicas e instrumentos.....	34
6.8 Análisis Estadístico.....	34
6.9 Operacionalización de variables .....	34
6.9.1 Variable Independiente: Humectantes Resinosos.....	34
6.9.2 Variable Dependiente: Resistencia compresiva .....	35

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	36
7.1 Análisis de significancia estadística .....	38
8. DISCUSIÓN.....	41
9. CONCLUSIONES.....	44
10. RECOMENDACIONES .....	45
11. BIBLIOGRAFÍA .....	46
12. ANEXOS.....	54
12.1 Elección de los materiales de experimentación.....	54
12.2 Informe de laboratorio LAEV – M21.018 Rev.1 .....	55
12.3 Certificado del Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.....	58
12.4 Ficha de recolección de datos.....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de las resinas compuestas .....	13
<b>Tabla 2.</b> Operacionalización de la variable independiente .....	34
<b>Tabla 3.</b> Operacionalización de la variable dependiente .....	35
<b>Tabla 4.</b> Estadísticos descriptivos Carga Máxima (N) .....	36
<b>Tabla 5.</b> Estadísticos descriptivos Esfuerzo máximo de compresión (MPa) .....	37
<b>Tabla 6.</b> Prueba de normalidad .....	38
<b>Tabla 7.</b> Prueba de homogeneidad de varianzas .....	39
<b>Tabla 8.</b> Prueba ANOVA .....	39

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Comparación de los grupos de estudio respecto a Carga máxima (N).....	36
<b>Gráfico 2.</b> Comparación de grupos de estudio respecto a Esfuerzo máximo de compresión (MPa).....	38
<b>Gráfico 3.</b> Comparación de las medias de Esfuerzo máximo de compresión (MPa) .....	40

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1.</b> Matriz metálica de acero inoxidable desmontable.....	25
<b>Fotografía 2.</b> Materiales e instrumental empleados en la práctica.....	26
<b>Fotografía 3.</b> Aplicación de la capa de resina en la matriz metálica.....	26
<b>Fotografía 4.</b> Polimerización de la primera capa de resina.....	27
<b>Fotografía 5.</b> Colocación de la tira de celuloide previo a la polimerización de la capa final de resina.....	27
<b>Fotografía 6.</b> Aplicación de la primera capa de resina.....	28
<b>Fotografía 7.</b> Aplicación del humectante resinoso Wetting Resin.....	28
<b>Fotografía 8.</b> Fotopolimerización de la primera capa de resina.....	28
<b>Fotografía 9.</b> Colocación de la tira de celuloide y polimerización de la segunda capa de resina.....	29
<b>Fotografía 10.</b> Aplicación de la primera capa de resina.....	29
<b>Fotografía 11.</b> Aplicación de Adper Single Bond 2 .....	30
<b>Fotografía 12.</b> Polimerización de la primera capa de resina.....	30
<b>Fotografía 13.</b> Colocación de la tira de celuloide y polimerización de la segunda capa de resina.....	30
<b>Fotografía 14.</b> Calibración de las probetas de resina.....	31
<b>Fotografía 15.</b> Muestras de resina Filtek Z350 XT.....	31
<b>Fotografía 16.</b> Almacenamiento de muestras de resina.....	32
<b>Fotografía 17.</b> Máquina de ensayos universal Tinius Olsen modelo SUPER L 120.....	32
<b>Fotografía 18.</b> Probetas de resina fracturadas.....	32

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar la influencia de los humectantes resinosos en la resistencia compresiva de la resina de nanopartículas, mediante un estudio de tipo bibliográfico, descriptivo, observacional, comparativo, in vitro, experimental y transversal. Se elaboraron 30 probetas cilíndricas de 4x4 mm de resina de nanopartículas Filtek Z350 XT (3M ESPE), distribuidos equitativamente en tres grupos de estudio; Grupo 1: 10 probetas de resina sin la aplicación de humectantes resinosos, Grupo 2: 10 probetas de resina con humectante resinoso Wetting Resin (Ultradent) y Grupo 3: 10 probetas de resina con adhesivo Adper Single Bond 2 (3M ESPE) como humectante. Las probetas de resina fueron sometidas a fuerzas mecánicas de compresión en la máquina universal de ensayos Tinius Olsen modelo SUPER L 120, del Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional, obteniendo valores de esfuerzo máximo de compresión de 143,35 MPa para el Grupo 1; 132,40 MPa para el Grupo 2 y 124,36 MPa para el Grupo 3. Mediante la prueba paramétrica ANOVA, se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p= 0,546$ ) entre los grupos de estudio, concluyendo que la aplicación de humectantes resinosos no afecta negativamente la resistencia compresiva de la resina de nanopartículas.

**Palabras clave:** humectantes resinosos, resistencia compresiva, resina de nanopartículas

## ABSTRACT

The project objective was to evaluate the influence of resinous humectants on the compressive strength of nanoparticle resin through a bibliographic, descriptive, observational, comparative, in vitro, experimental, and cross-sectional study. Thirty 4x4 mm cylindrical specimens of nanoparticle resin Filtek Z350 XT (3M EPE) were made equally distributed in three study groups; Group 1: 10 resin tubes without the application of resinous wetting agents, Group 2: 10 resin tubes with Wetting Resin (Ultradent) and Group 3: 10 resin tubes with Adper Single Bond 2 (3M ESPE) adhesive as a humectant. The resin specimens were subjected to mechanical compression forces. In the universal testing machine Tinius Olsen model SUPER L 120 of the Laboratory of Stress and Vibration Analysis of the Department of Mechanical Engineering of the Escuela Politécnica Nacional, obtaining values of maximum compression stress of 143,45 MPa for Group 1; 132,40 MPa for Group 2 and 124,36 MPa for Group 3. Through the parametric ANOVA test, it was determined that there are not statistically significant differences ( $p = 0.546$ ) between the study groups. It concluded that the application of resinous humectants does not negatively affect the compressive strength of nanoparticle resin.

**Keywords:** resinous humectants, compressive strength, nanoparticle resin.

DARIO  
JAVIER  
CUTIOPAL  
A LEON



Firmado  
digitalmente por  
DARIO JAVIER  
CUTIOPALA LEON  
Fecha: 2021.12.09  
10:13:30 -05'00'

Reviewed by:  
Lic. Dario Javier Cutiopala Leon  
**ENGLISH PROFESSOR**  
c.c. 0604581066

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente las resinas compuestas son ampliamente utilizadas en la odontología restauradora, debido a que poseen características que las hacen estética y funcionalmente aceptables,<sup>(1)</sup> la elección del material de restauración depende del diente a restaurar, así, tenemos resinas para el sector anterior en las que se busca conseguir una alta estética, mientras que en el sector posterior prevalecen las características físico – mecánicas, debido a las fuerzas ejercidas durante la masticación,<sup>(2)</sup> en general las resinas compuestas son manipulables y compatibles con las estructuras dentales, a las que se adhieren a través de sistemas adhesivos, logrando de esta manera tratamientos con un tiempo durable dentro de la cavidad bucal.<sup>(1)</sup>

Las resinas compuestas son materiales sintéticos que contienen una matriz orgánica, constituida por monómeros (Bis-GMA, EGDMA, TEGDMA, MMA O UDMA) un sistema iniciador (canforoquinona), un sistema acelerador (DMAEM, EDMAB o CEMA) que conjuntamente con el iniciador permiten la polimerización y un sistema de inhibidores o estabilizadores (éter monometílico de hidroquinona), la matriz orgánica representada principalmente por el Bis-GMA se encuentra en un porcentaje aproximado del 20%, mientras que el relleno inorgánico que otorga las propiedades físicas y mecánicas de las resinas, generalmente está compuesto de partículas de dióxido de silicio, borosilicatos y aluminosilicatos de litio, bario, estroncio, zinc, aluminio o zirconio, el relleno inorgánico constituye el 79,5% de las resinas compuestas.<sup>(3)</sup> Dentro de la clasificación de las resinas compuestas, según el tamaño de las partículas, se encuentran las resinas de nanopartículas que contienen partículas de circonio /sílice o nanosílice de 25 nm y nanoagregados de 75 nm. Al contener partículas de menor tamaño, las características de las resinas se optimizan, permitiendo un buen acabado y pulido, además de presentar excelentes propiedades mecánicas, que las hace indicadas para restauraciones del sector anterior y posterior.<sup>(4)</sup>

La elección de los composites, para la estratificación de una restauración directa, está influenciada por factores relacionados con su ubicación dentro de la arcada dentaria y los requerimientos funcionales del paciente (hábitos, edad, higiene bucal, dieta).<sup>(5)</sup> A pesar de que los composites son manipulables y permiten una inserción adecuada en las preparaciones cavitarias, su viscosidad puede dificultar la conformación de la morfología dental, así tenemos resinas fluidas o de baja viscosidad, que contienen una gran cantidad de diluyentes y resinas de alta viscosidad, cuya principal desventaja es la difícil adaptación

entre capas <sup>(2)</sup>, en consecuencia, se han empleado agentes y líquidos modeladores con el fin de facilitar la adaptación de los composites.

Los sistemas adhesivos son ampliamente utilizados como humectantes resinosos, al mismo tiempo, los fabricantes han elaborado líquidos modeladores de resinas que pueden emplearse al momento de realizar una restauración, sin embargo, es importante conocer si estas técnicas pueden afectar las propiedades físicas y mecánicas del material.<sup>(6)</sup> Los humectantes resinosos son materiales compuestos principalmente por partículas de relleno inorgánico, además contienen Bis- GMA y TEGDMA, que facilitan la estratificación de los composites. Al emplear estos materiales la composición de las resinas se ve afectada, y como consecuencia sus propiedades físicas y mecánicas disminuyen, entre ellas podemos encontrar resistencia a la compresión o el factor de contracción de polimerización ocasionando la fractura de la restauración, desadaptación marginal, sensibilidad postoperatoria y la presencia de caries recurrente en el interfaz del diente - resina.<sup>(7)</sup>

La presente investigación está orientada a evaluar la resistencia a la compresión de la resina de nanopartículas al aplicar humectantes resinosos entre capas. Este estudio es de carácter bibliográfico, descriptivo, observacional, comparativo, experimental, in vitro, y transversal, conformado por 30 muestras de resina Filtek Z350 XT (3M ESPE), distribuidas en un grupo de control constituido por 10 muestras de resina sin la aplicación de humectantes resinosos, 10 muestras de resina con humectante resinoso Wetting Resin (Ultradent) y 10 muestras de resina con la aplicación de adhesivo Adper Single Bond 2 (3M ESPE) entre capas, sometidas a fuerzas de compresión en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El enfoque de la odontología actual es ofrecer al paciente tratamientos de alta estética y funcionalidad, preservando el tejido dentario; las características y propiedades de las resinas compuestas permiten realizar preparaciones cavitarias conservadoras, tanto para el sector anterior como posterior y para restauraciones directas e indirectas debido a sus propiedades químicas, mecánicas y estéticas.<sup>(8)</sup> Estas propiedades dependen de la composición de la matriz orgánica, la calidad y cantidad del relleno, así como la activación de la polimerización,<sup>(9)</sup> para lo cual se requiere una intensidad de luz de 350 a 400 mW/cm<sup>2</sup>, con la finalidad de evitar la aparición de caries secundaria y sensibilidad postoperatoria.<sup>(10)</sup>

El objetivo de los tratamientos restauradores es devolver la forma, función, estética, y la integridad fisiológica del diente, adaptándose al tejido dental remanente, a los tejidos blandos y al sistema estomatognático,<sup>(5)</sup> al ser colocadas en la cavidad dentaria, estas restauraciones son sometidas a fuerzas de masticación que pueden afectar sus propiedades mecánicas.<sup>(11)</sup> Entre las razones del fracaso de las restauraciones a base de resina compuesta se hace referencia a la contracción de polimerización, que se define como la reducción volumétrica de las resinas en el proceso de polimerización, ocasionando el estrés de contracción; los factores desencadenantes de dicho estrés son: geometría de la cavidad, técnica de aplicación, material seleccionado y su módulo de elasticidad y contracción. El diseño de la cavidad es el determinante de la libre contracción de las resinas; el Factor C (factor de configuración) es el resultante de la división del número de superficies adheridas sobre el número de superficies libres. La acumulación de estrés en la interfase diente – resina afecta la integridad de la restauración y puede causar microfiltraciones, sensibilidad postoperatoria y caries secundarias.<sup>(10)</sup>

La habilidad y el conocimiento del profesional es uno de los factores a considerar para realizar una restauración, garantizando la completa compactación de la matriz resinosa para evitar el deterioro de la restauración. En cuanto al instrumental para el manejo de las resinas es recomendable el uso de espátulas de aleaciones de níquel – titanio. El protocolo a seguir para la realización de un procedimiento restaurador debe ser llevado a cabo muy rigurosamente, de manera que las resinas conserven sus propiedades y que permitan garantizar su permanencia en el tiempo.<sup>(12)</sup>

Según los estudios realizados por Münchow *et al* <sup>(13)</sup> acerca del uso de adhesivos como modeladores de resina sugiere que su uso dentro de incrementos de composite mejora la estabilidad física del material dando buenos resultados clínicos y facilitando su manipulación.

En un estudio realizado en Brasil, en el que se comparó la resistencia a la tracción de la resina Filtek Z350 XT (3M ESPE) utilizando el adhesivo Adper Single Bond 2 (3M ESPE) entre capas, se obtuvieron valores de 43.653 MPa para el grupo de control, mientras que en el grupo en el que se aplicó Adper Single Bond 2 los valores fueron de 31,570 MPa a pesar de no existir diferencias estadísticamente significativas el grupo control presentó una mayor resistencia traccional.<sup>(14)</sup>

En Ecuador, un estudio realizado en el año 2017, en una muestra de 10 bloques de resina microhíbrida Amelogen Plus A2 (Ultradent) en el que se aplicó humectante resinoso Wetting Resin y en el que se midió la resistencia cohesiva se obtuvo resultados de 20,37 MPa, mientras que en el grupo control conformado por 10 muestras en el cual no se aplicó ningún tipo de material humectante se obtuvo resultados de 21,05 MPa, en el grupo en que se aplicó adhesivo convencional entre capas se obtuvo valores de 13,41 MPa, obteniendo como conclusiones que no existen diferencias significativas en el grupo en el que se aplicó humectantes resinosos, mientras que sí las hubo en el grupo en el que se empleó adhesivo convencional.<sup>(15)</sup>

En base a lo anteriormente expuesto, es necesario investigar si la aplicación de humectantes resinosos entre capas de resina afecta las características de resistencia a la compresión del material.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo y evolución de las resinas compuestas las hacen actualmente el material de elección para restauraciones anteriores o posteriores, por su capacidad de adhesión al tejido dentario y biocompatibilidad, permitiendo realizar preparaciones cavitarias menos invasivas en comparación con las amalgamas dentales. Con el paso del tiempo las resinas dentales han sido modificadas con el fin de optimizar sus propiedades, permitiendo un mejor manejo del color, mimetizando la unión del diente con la restauración; del mismo modo, se han optimizado las características de resistencia y durabilidad del material, para lo cual los fabricantes se han enfocado en realizar cambios en la matriz orgánica (empleo del sistema Bis-GMA/TEGDMA y monómeros menos viscosos como Bis-EMA6 y UDMA), inorgánica (partículas de cuarzo, vidrio y sílice) y la polimerización del material (luz visible).<sup>(16) (17)</sup>

Los principales inconvenientes encontrados en la manipulación de los composites es que debido a la viscosidad de los mismos, la reconstrucción de la morfología dental se ve afectada y es por ello que se han empleado materiales de baja viscosidad con la finalidad de humectar las resinas al momento de la estratificación; pese a no estar indicado por los fabricantes, los sistemas adhesivos han ganado popularidad para realizar estos procedimientos, ya que no se requiere materiales adicionales, asimismo, se han desarrollado productos específicos que pueden ser utilizados como humectantes resinosos, como Wetting Resin (Ultradent), utilizado entre capas de resina o cuando la capa de oxígeno ha sido removida, su aplicación puede ser directamente en el material o en el instrumental durante la estratificación de la restauración.<sup>(18)</sup>

La aplicación de líquidos modeladores de resinas ya sea sistemas adhesivos o humectantes resinosos propiamente dichos, puede conllevar a cambios en la composición de las resinas, afectando tanto a sus propiedades mecánicas como estéticas. En los estudios realizados por Kutuk *et al* <sup>(6)</sup> menciona que los moldeadores líquidos de resina o los sistemas adhesivos pueden ser empleados al momento de realizar una restauración, sin afectar las propiedades mecánicas de los mismos. Es importante recalcar que las propiedades mecánicas de las resinas son directamente proporcionales a las partículas de relleno, y que al aplicar humectantes resinosos, las proporciones de la matriz orgánica e inorgánica se alteran.

La importancia de este estudio radica en conocer si la aplicación del humectante resinoso y el adhesivo entre capas de resina de nanopartículas afecta la capacidad de resistencia a la compresión del material, ya que su uso facilita el manejo de la resina y, por ende, permite una mejor adaptación de la restauración al tejido dentario remanente, existen pocos estudios en los que se valora la capacidad de resistencia compresiva de las resinas con la aplicación de humectantes resinosos, propiedad mecánica que es sumamente importante, debido a que durante la masticación, las fuerzas transmitidas en el sector posterior son principalmente de tipo compresivo, pudiendo ocasionar la fractura de las restauraciones.<sup>(16)</sup> Los beneficiarios directos de esta investigación son los profesionales y estudiantes de odontología, así como los pacientes que buscan tratamientos duraderos funcionales y estéticos una restauración dental, ya que, a partir de resultados verificables, se puede decidir la aplicación o no de humectantes resinosos en los tratamientos de operatoria dental, de tal manera que se optimice la calidad de la restauración y su mantenimiento en la cavidad bucal.

La presente investigación resulta factible de manera económica debido a que los costos de esta son responsabilidad de la investigadora y se basa en la preparación de la misma, así como la instrucción y supervisión del docente tutor. Mediante el presente proyecto de investigación se obtendrán resultados verificables, mismos que contribuyen al desarrollo del conocimiento teórico y práctico de los estudiantes de la Carrera de Odontología de la Universidad Nacional de Chimborazo.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Evaluar la influencia de los humectantes resinosos en la resistencia compresiva de la resina de nanopartículas.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar probetas cilíndricas de resina de nanopartículas con y sin la aplicación de humectantes resinosos.
- Determinar los valores de resistencia compresiva de la resina de nanopartículas con y sin la aplicación de humectantes resinosos, al ser sometidas a fuerzas mecánicas de compresión.
- Identificar el grupo de estudio que presenta mayor resistencia a la compresión.

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1 Resinas Compuestas**

#### **5.1.1 Historia**

Las resinas compuestas tienen su origen en el siglo XX, en un inicio los cementos de disilicato eran empleados como materiales de restauración debido a su color parecido a los dientes, en los años 40 fueron reemplazados por las resinas acrílicas de polimetacrilato (PMMA) que tenían ciertas ventajas como su color, fácil manipulación, además de un bajo costo; la principal desventaja de estas resinas era su poca resistencia al desgaste y contracción de polimerización elevada, ocasionando filtraciones marginales,<sup>(19)</sup> con la finalidad de reducir estos efectos se introdujeron las resinas compuestas. Buonocore, en 1955 empleo ácido ortofosfórico en las resinas acrílicas para aumentar la adhesión a la dentina. Bowen, en 1962, para mejorar las propiedades físicas de las resinas desarrolló el monómero Bis- GMA, estos compuestos necesitaban ser mezclados y consistían en una pasta base y un catalizador, desde 1970, los compuestos eran polimerizados por radiaciones magnéticas, en primera instancia se empleaba luz ultravioleta de 365 nm que debido a su poca profundidad de polimerización fue remplazada por la luz visible de 427 – 491 nm.<sup>(3)</sup>

#### **5.1.2 Definición**

Las resinas son materiales dentales sintéticos compuestos por una variedad de elementos, entre los que se incluyen componentes para mejorar la viscosidad, radiopacidad, permitir la polimerización y lograr similitudes con los dientes en cuanto a opacidad, translucidez y color. Tienen la característica de unirse a los tejidos dentarios mediante sistemas adhesivos, disminuyendo la microfiltración y la sensibilidad dental postoperatoria, además permiten la distribución de las fuerzas de masticación a través de la interfase diente – resina.<sup>(17)</sup> En un inicio se empleaban únicamente para el acabado estético, pero debido a los avances y mejoras en la tecnología se han optimizado sus propiedades permitiendo utilizarlas en el sector anterior y posterior para restauraciones directas e indirectas.<sup>(2)</sup>

#### **5.1.3 Composición de las resinas**

Están compuestas por una matriz orgánica fotopolimerizable, que representa aproximadamente el 20% y partículas de relleno inorgánico, responsables de las

propiedades físicas y mecánicas de las resinas, en un porcentaje de 79,5 %, unidas a través del agente de unión silano y otros aditivos.<sup>(3)</sup>

### 5.1.3.1 Matriz Orgánica

Constituida por:

- **Sistema de monómeros.** Es la base de las resinas compuestas, el monómero más utilizado es el Bis-GMA (Bisfenol-A-Glicidil Metacrilato), que al presentar un alto peso molecular tiene una viscosidad mayor, dificultando la manipulación de las resinas, razón por la cual se han agregado monómeros de baja viscosidad como el TEGDMA (trietilenglicol dimetacrilato). En la actualidad el sistema Bis-GMA/TEGDMA es el más empleado.<sup>(19)</sup>

El monómero Bis-GMA, está formado por grupos hidroxilos que permiten la sorción acuosa, un exceso de la misma afecta de forma negativa las propiedades de las resinas, debido a que puede estimular la degradación hidrolítica. Además, en algunas resinas se incorpora el monómero Bis-EMA6 (Bisfenol A Polietileno glicol dieter dimetacrilato) que presenta un mayor peso molecular y, por tanto, una menor contracción de polimerización, entre sus ventajas está el conferir una matriz más estable y su mayor capacidad hidrofóbica, disminuyendo la degradación ocasionada por la humedad.<sup>(19)</sup>

Otro monómero utilizado en las resinas compuestas es el UDMA (dimetacrilato de uretano), es menos viscoso y más flexible, otorgando a las resinas mayor resistencia.<sup>(19)</sup>

- **Sistemas iniciadores.** Para que la reacción de polimerización ocurra es necesario un estímulo externo, que son los radicales libres, en este caso el estímulo es la canforoquinona (alfa dicetona) a la que se une una amina alifática terciaria. La energía lumínica activa la polimerización, la longitud de onda visible debe ser entre 420 y 500 nm.<sup>(2)</sup>
- **Sistema acelerador.** Permite que la polimerización se dé un intervalo de tiempo adecuado, entre los compuestos se incluyen: Dimetilamino etilmetacrilato (DMAEM), etil-4 dimetilaminobezoato (EDMAB) y el N, N-cianoetilmetilamina (CEMA).<sup>(10)</sup>
- **Inhibidores de polimerización.** Entre los que se encuentran la benzoquinona, el éter mono metílico de hidroquinona, metoxifenol y el butil-fenol-triterciario, que permiten un tiempo de trabajo adecuado y la estabilidad química necesaria para la conservación de las resinas antes de la polimerización.<sup>(2)</sup>

### 5.1.3.2 Relleno Inorgánico

Se clasifican de acuerdo con la composición química, forma y dimensiones, dentro de estas partículas se encuentran: sílice coloidal, cuarzo, vidrio de sílice con bario, estroncio y zirconio. El tamaño de las partículas debe aproximarse a 0,5  $\mu\text{m}$ , las propiedades mecánicas de la resina dependen del material de relleno de la matriz, a mayores partículas de relleno se obtienen mejores propiedades.<sup>(20)</sup>

- **Agente de acoplamiento.** El agente de unión más utilizado es el silano, contiene una molécula bifuncional que permite la unión entre la matriz orgánica y las partículas de relleno. Está constituido por un grupo de silanos y de metacrilatos. El Y metacril – oxipropil trimetoxil silano, forma los enlaces covalentes con la resina durante el proceso de polimerización.<sup>(20)</sup>

El silano permite una transferencia de tensiones de la matriz resinosa a las partículas de relleno, previniendo la penetración de agua y estimulando la estabilidad hidrolítica.<sup>(19)</sup>

- **Pigmentos.** Las resinas compuestas están constituidas por pigmentos inorgánicos, entre ellos están el óxido de aluminio o dióxido de titanio, la cantidad de óxidos determinan su color, en las resinas para esmalte se emplean menor cantidad de óxidos en comparación de las resinas para dentina.<sup>(20)</sup>

## 5.1.4 Propiedades de las resinas compuestas

### 5.1.4.1 Resistencia al desgaste

La resistencia al desgaste de las resinas compuestas depende las partículas de relleno, mientras exista una mayor cantidad, mayor dureza y menor tamaño de partículas, las resinas serán menos abrasivas, es decir, que se oponen a la pérdida superficial del material, que puede ser provocado por los contactos oclusales, alimentos o cepillos dentales.<sup>(2)</sup>

### 5.1.4.2 Textura superficial

Es la uniformidad en la superficie de las resinas. La rugosidad superficial puede ocasionar una mayor retención de placa bacteriana, así como, alteraciones en el color de la restauración e influye en la degradación del material. Para obtener restauraciones lisas y con brillo se realizan procedimientos de acabado y pulido con lo que se logra contornos adecuados y una buena relación de contactos oclusales.<sup>(21)(22)</sup>

### 5.1.4.3 Coeficiente de expansión térmica

Es la variación dimensional que ocurre en un material debido a los cambios de temperatura. Cuando existe una diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre la

resina y los tejidos dentales se forman brechas que conducen a la microfiltración, aparición de caries y fracturas en el material restaurador afectando su permanencia en la cavidad bucal.<sup>(23)</sup>

#### **5.1.4.4 Sorción acuosa y solubilidad**

El exceso de sorción acuosa y solubilidad desencadena la degradación hidrolítica de las resinas compuestas, como resultado de la pérdida de enlaces químicos o ablandamiento de la resina debido a la acción plastificante del agua. Además, la solubilidad produce la pérdida de peso molecular debido a la liberación de monómeros.<sup>(24)</sup>

#### **5.1.4.5 Resistencia a la fractura**

Las restauraciones dentales están sometidas permanentemente a estrés debido a las fuerzas de masticación, la capacidad de resistir a dichas fuerzas está dada por el tamaño, distribución y cantidad de partículas de relleno, que le permiten soportar las fuerzas de flexión, tracción y compresión sin fracturarse.<sup>(11)</sup> Durante la masticación las fuerzas transmitidas son de tipo compresivo, lo que podría ocasionar la fractura de la restauración y del diente.<sup>(16)</sup>

#### **5.1.4.6 Módulo de elasticidad**

Determina la rigidez del material y es dependiente de las partículas de relleno, un módulo de elasticidad alto es más rígido, ideal para restauraciones posteriores que permita soportar las fuerzas de masticación, a diferencia de las restauraciones de Clase V en las que se requiere mayor flexión, es decir, un bajo módulo elástico.<sup>(11)</sup>

#### **5.1.4.7 Estabilidad de color**

La estabilidad del color es uno de los factores más importantes al realizar restauraciones estéticas. Existen factores intrínsecos y extrínsecos que ocasionan la decoloración de las resinas, los factores intrínsecos dependen de la calidad de la matriz de resina, el fotoiniciador y las partículas de relleno inorgánico, mientras que las pigmentaciones extrínsecas son causadas principalmente por los colorantes contenidos en bebidas y alimentos.<sup>(25)</sup>

#### **5.1.4.8 Radiopacidad**

Esta característica permite identificar posibles lesiones cariosas por debajo de las restauraciones, para ello contienen estroncio, lantano, bario, zinc, iterbio, itrio, y zirconio, que son elementos que dan la radiopacidad.<sup>(2)</sup>

#### 5.1.4.9 Contracción de polimerización

La contracción volumétrica de los composites dentales debido a la polimerización es de 1.5 a 5% produciendo el desarrollo de esfuerzo interno, que es mayor en la interfase diente – restauración pudiendo ocasionar decoloraciones, filtraciones marginales, sensibilidad posoperatoria y caries secundaria. Durante la reacción química de polimerización se produce la ruptura de los dobles enlaces de carbono formando cadenas de polímeros de carbono unidos entre sí por enlaces simples. La contracción de los composites se compensa por el flujo del material en una cavidad, después de iniciada la fotopolimerización dicho flujo disminuye y como consecuencia la resina transfiere el esfuerzo a las paredes de la cavidad.<sup>(26)</sup>

#### 5.1.5 Clasificación de las resinas compuestas

##### 5.1.5.1 Clasificación según el tamaño y partículas de relleno

- **Resinas de macropartículas.** El tamaño de sus partículas es de entre 10 y 50  $\mu\text{m}$ . Entraron en desuso por sus propiedades deficientes, presentaban mayor rugosidad y desgaste superficial, poco brillo y eran susceptibles a la pigmentación.<sup>(17)</sup> Las partículas de relleno empleadas en estas resinas fueron el cuarzo y el vidrio de estroncio o bario, las partículas de cuarzo son estéticas y presentan una buena durabilidad pero ocasionan el desgaste del diente antagonista, además de carecer de radiopacidad, mientras que el vidrio de estroncio o bario presentan poca estabilidad.<sup>(19)</sup>
- **Resinas de micropartículas.** Tienen partículas de relleno de sílice coloidal con un tamaño que varía de 0,01  $\mu\text{m}$  hasta 0,04  $\mu\text{m}$ , se caracterizan por presentar una mejor estabilidad cromática y tinción marginal, menor resistencia flexural y buena resistencia al desgaste. Son indicadas para piezas anteriores, debido a que las cargas masticatorias en este sector son relativamente más pequeñas.<sup>(27)</sup> En el sector posterior su aplicación no está indicada por sus bajas propiedades físicas y mecánicas, tienen un coeficiente de expansión térmica alto, mayor sorción acuosa y menor módulo de elasticidad.<sup>(19)</sup>
- **Resinas híbridas.** Están constituidas por partículas de relleno combinadas, entre las que se incluyen partículas de relleno fino de vidrio o cerámica con un tamaño de 0,6 y 1  $\mu\text{m}$  y partículas microfinas de sílice coloidal con tamaño de 0,04  $\mu\text{m}$ .<sup>(17)</sup>

Entre las principales propiedades de estas resinas se encuentran: mimetización con el tejido dental debido a su variedad de colores, menor contracción de polimerización, baja sorción acuosa, buen pulido y rugosidad superficial, coeficiente de expansión térmica similar al diente. Pueden ser empleadas en el sector anterior y posterior.<sup>(3)</sup>

- **Resinas microhíbridas.** Son el resultado de la combinación de las resinas de micropartículas y las resinas híbridas, presentan partículas con tamaños entre 0,04 – 1 um, entre sus características destacan la translucidez, además de un buen acabado y pulido por lo que son adecuadas para trabajar en el sector anterior. Tienen baja viscosidad, además las mejoras en la matriz orgánica y el relleno inorgánico favorecen sus propiedades mecánicas y permiten realizar restauraciones posteriores.<sup>(27)</sup>
- **Resinas de nanopartículas.** Tienen partículas de relleno con tamaños entre 5 a 100 nm, presentan características mecánicas y estéticas altas, proporcionando un buen acabado y pulido, brillo, suavidad superficial y resistencia a la abrasión, las partículas inorgánicas son de sílice y circonio, debido a sus propiedades están indicados para dientes anteriores y posteriores.<sup>(27)</sup>
- **Resinas nanohíbridas.** Están indicadas tanto para dientes anteriores como posteriores, son el resultado de la incorporación de nanopartículas a las resinas microhíbridas. Las partículas de circonio o nanosílice tienen tamaños de 5 nm y 100 nm y pueden estar dispuestas de forma individual o agrupadas en nanoclusters o nanoagregados con tamaños aproximados de 75 nm. Entre sus características destacan la alta translucidez, pulido superior, resistencia al desgaste similar a las resinas híbridas.<sup>(19)</sup>

### 5.1.5.2 Clasificación según su consistencia

- **Resinas fluidas o de baja viscosidad.** Contienen un gran porcentaje de diluyentes y una menor cantidad de partículas de relleno.<sup>(2)</sup>
- **Resinas condensables o de alta viscosidad.** Presentan un porcentaje de relleno alto, entre sus desventajas están la dificultad de adaptación entre capas y su manipulación dificultosa en dientes anteriores.<sup>(2)</sup>

**Tabla 1.** Clasificación de las resinas compuestas

RESINAS	TIPO DE ACTIVACIÓN	USOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS	TAMAÑO DE LA PARTÍCULA	PARTÍCULA INORGÁNICA	PULIDO
MACROPARTÍCULAS	Autocurado	Sector posterior	Resistencia a la fractura Durabilidad Excelentes propiedades mecánicas Alta carga de relleno	Radiolúcidas Poco pulibles Acumulan placa Superficies rugosas	10 – 50 um	Presencia de refuerzo prismático de vidrio y cuarzo	Bajo
MICROPARTÍCULAS	Fotocurado	Sector anterior. Clase III, IV, V	Módulo de elasticidad bajo Excelente estética Excelente pulido	Baja resistencia a la fractura Bajo módulo de elasticidad Mayor contracción de polimerización	40 – 50 nm	Dióxido de silicio	Alto
HÍBRIDAS	Fotocurado	Sector posterior anterior Coronas	Carga de relleno alta Mayor resistencia a la	Radiopaco Pérdida de brillo	10 a 50 um + 40 nm	Sílice coloidal	Bajo

		Reparación de porcelanas	fractura Mejor pulido Excelente estabilidad de color Fácil manipulación Propiedades de refracción similar al diente				
<b>MICROHÍBRIDAS</b>	Fotocurado	Sector anterior y posterior	Pequeño tamaño de la partícula Alta resistencia Buen pulido Mayor rango de colores en esmalte y dentina Alta resistencia al desgaste	Más contracción de polimerización Baja propiedad físico-química Baja rigidez Menos lustrosos que los microreellenos	0,6 – 1 um + 40 nm	Silice coloidal	± Alto
<b>NANOPARTÍCULAS</b>	Fotocurado	Sector anterior y posterior	Mayor carga de relleno Desgaste reducido Mejor pulido y retención del brillo Resistencia compresiva Resistencia flexural Estética Alta traslucidez		5 – 100 nm	Zirconio Sílice	Alto
<b>NANOHÍBRIDAS</b>	Fotocurado	Sector anterior y posterior Restauraciones directas e indirectas Carillas inlays - onlays	Excelente consistencia Alta resistencia y pulido Estéticas Estabilidad de color Traslucidez		0,6 – 1 um + 5 – 100 nm	Nanopartículas esféricas de zirconio y trifluoruro de iterbio	Alto
<b>FLUIDAS</b>	Fotocurado	Restauraciones clase V Sellante de foseas y fisuras	Alta humectabilidad Alta flexibilidad y estética Radiopacos Espesores de capa mínima	Alta contracción de polimerización Propiedades mecánicas bajas Poco translucidos	0,01 – 0,0 um	Alta carga de vidrio	Alto
<b>CONDENSABLES</b>	Fotocurado	Sector posterior Reconstrucción de muñones	Alto porcentaje de relleno Mas rígido y resistente Mayor densidad	Poco translucidos Difícil adaptación y manipulación Poco estético	8 a 12 um	Alto porcentaje de vidrio, cerámicos y metales	Bajo

**Autor:** Loarte Guisela et al (2)

**Fuente:** Loarte-Merino G, Perea Corimaya E, Portilla-Miranda S, Juela-Moscoco C. Fundamentos para elegir una resina dental. Rev OACTIVA UC Cuenca. 2019;4(Esp):55–62.

## 5.1.5 Técnicas de estratificación de las resinas compuestas

### 5.1.5.1 Técnica incremental

Consiste en la estratificación progresiva de la restauración, mediante la agregación de capas de composite en tamaños no mayores a 2 mm de espesor realizando el fotocurado durante un tiempo de 20 a 60 segundos entre cada incremento. La finalidad de la aplicación de la técnica incremental es la disminución de la contracción de polimerización, facilitando la penetración de la luz, debido al menor volumen del material. Entre las desventajas de la técnica incremental se encuentran que al aplicar varias capas existe la posibilidad de aparición de espacios vacíos entre incrementos, además de un mayor trabajo para el clínico

y por ende una mayor posibilidad de errores en el procedimiento, como la formación de burbujas de aire o contaminación del material.<sup>(1)</sup>

#### **5.1.5.2 Técnica en monobloque**

Como consecuencia de los inconvenientes presentados en la manipulación de las resinas compuestas, se han desarrollado resinas denominadas Bulk Fill. Son resinas compuestas, fotopolimerizables que pueden ser aplicadas en incrementos de 4 – 5 mm, es decir en una sola capa o monobloque, optimizando el tiempo de trabajo del operador, evita la falla cohesiva entre incrementos, así como la posible presencia de burbujas o espacios.<sup>(28)</sup>

#### **5.1.6 Fotopolimerización de las resinas compuestas**

La polimerización es la transformación de oligómeros y monómeros en una matriz de polímeros, a partir de diferentes medios, formando radicales libres que la inician. Los polímeros son el resultado de monómeros en conexión. Las resinas compuestas contienen un carbón de doble unión que se transforman en polímeros y copolímeros debido a los sistemas de iniciación.<sup>(29)</sup>

La transformación de monómeros a polímeros de las resinas compuestas ocurre en cuatro fases que son: activación, iniciación, propagación y terminado. La iniciación consiste en la activación de un agente que se separa para formar un radical libre, el radical libre se une a un carbón de unión de los monómeros formando un par con uno de los electrones de doble unión, convirtiendo al par del carbón restante en otro radical libre, permitiendo una reacción continua. La iniciación puede darse por calor, reacción química, luz ultravioleta y luz visible. La activación por calor se realiza mediante el peróxido de benzoilo, que forma radicales libres al separarse por el calor, la activación química, es dada por la amina terciaria, que separa el peróxido de benzoilo en radicales libres, la activación por luz UV ocurre por la irradiación del eter metilbenzoico transformándolo en radicales libres, en la activación por luz visible se emplea una fuente de 420 a 470 nm que estimula la canforoquinona u otra dicetona a un estadio triple en el que interactúa con una amina terciaria no aromática (N,N – dimethylaminoethyl methacrilate). La reacción de la canforoquinona con la amina terciaria da lugar a la formación de radicales libres.<sup>(29)</sup>

Una vez consumidos los agentes inhibidores, los radicales libres pueden reaccionar con los oligómeros o monómeros de forma consecutiva provocando un alargamiento en cadena de polímeros con diferentes estructuras, a medida que la capacidad de los radicales libres disminuye también lo hace las dobles uniones de carbono. La terminación de la

polimerización ocurre cuando se unen dos radicales libres, dando como resultado la combinación de una cadena larga o la formación de cadenas individuales: una cadena con unión doble y otra saturada.<sup>(29)</sup>

#### 5.1.6.1 Factores que intervienen en la polimerización

Los factores que intervienen en la polimerización dependen del material y del foco de luz. Entre los factores relacionados con el material se encuentran:

- **Tipo de iniciador.** El más frecuente es la canforoquinona, su absorción máxima es de 468 nm. Con la finalidad de realizar restauraciones más estéticas, se utiliza otro iniciador como PPD (1 -fenil 1.2 – propanodiona).<sup>(10)</sup>
- **Color.** Las resinas con pigmentos oscuros tienen una menor polimerización debido a la dispersión de la luz.<sup>(10)</sup>
- **Grosor de capa.** Para reducir la contracción de polimerización, las capas de composite no deben ser mayores a 2 mm.<sup>(10)</sup>

Los factores relacionados con el foco de luz son los siguientes:

- **Longitud de onda.** Deben ser equivalentes a los picos de máxima activación de los fotoiniciadores.<sup>(10)</sup>
- **Distancia.** La fuente de luz debe ubicarse lo más cerca posible del composite.<sup>(10)</sup>
- **Intensidad.** La mínima intensidad de luz debe ser de 350 – 400 mW/ cm<sup>2</sup>.<sup>(10)</sup>
- **Tiempo de exposición.** Debe ser entre 20 – 40 segundos, dependiendo de la lámpara de fotocurado.<sup>(10)</sup>

#### 5.2 Humectantes Resinosos

Durante la estratificación de una restauración es importante realizar una adecuada técnica de inserción de la resina dentro de las cavidades dentales. La técnica incremental permite la inserción de materiales en un espesor de 2 mm, debido a que los composites tienen una profundidad de curado limitada, además al realizar pequeños incrementos es posible combinar los colores y obtener restauraciones más estéticas. En el protocolo clínico restaurador es común la aplicación de varias capas de composite, el inconveniente al manipular el material de restauración es que algunas resinas compuestas son pegajosas, dificultando el manejo e inserción del material.<sup>(8)</sup>

En consecuencia, se ha implementado el uso de lubricantes con la finalidad de facilitar la manipulación del material mejorando su adaptación en las cavidades. Entre los lubricantes

empleados para este fin, sea directamente en la resina o en el instrumental, se encuentran: alcohol isopropílico, acetona, sistemas adhesivos y productos comerciales elaborados específicamente para este fin, conocidos como humectantes resinosos o líquidos modeladores de resina.<sup>(30)</sup>

Al emplear alcohol isopropílico o acetona en el proceso de manipulación de las resinas, las propiedades físicas y mecánicas de estas se ven claramente afectadas, resultando en uniones cohesivas más bajas debido al líquido remanente en el instrumental previamente lubricado, ocasionando la contaminación de la superficie de los composites.<sup>(31)</sup>

Debido a las complicaciones en el uso de alcohol isopropílico o acetona como lubricantes se ha propuesto el uso de humectantes resinosos o de sistemas adhesivos, mediante la aplicación de la técnica RDMIT (Restorative Dental Modeling Insertion Technique) que propone el uso de resinas de baja viscosidad en la elaboración de restauraciones, principalmente en aquellas restauraciones grandes en las que se requiere varias capas de material con diferentes propiedades ópticas.<sup>(32)</sup>

Existen diversos criterios y opiniones acerca del uso o no de humectantes resinosos, una de las técnicas recomendadas es la aplicación de adhesivo sobre la resina que mejoraría el tiempo de trabajo, y del mismo modo ocurre con los humectantes resinosos, que pueden ser aplicados en la superficie de la resina en caso de que esta se haya secado durante la estratificación.<sup>(33)</sup>

El uso de sistemas adhesivos y de humectantes resinosos ha ganado popularidad al momento de realizar los tratamientos de operatoria dental, pero, su aplicación puede conllevar algunos aspectos negativos debido a la disminución de la cantidad de relleno inorgánico en la composición de los humectantes resinosos<sup>(34)</sup> y en el caso de los sistemas adhesivos la presencia de monómeros hidrofílicos y solventes, que pueden alterar el relleno inorgánico de las resinas afectando sus características de estabilidad cromática, haciéndolos más susceptibles a la absorción de pigmentos contenidos en los alimentos, así como, disminuir su capacidad de resistencia a la fractura, al desgaste, a la flexión, a la rugosidad y textura superficial.<sup>(18)</sup>

### **5.2.1 Humectantes resinosos o líquidos modeladores de resinas**

Los líquidos modeladores de resina son biomateriales fotopolimerizables, humectantes, flexibles, radiopacos, constituidos por partículas de relleno inorgánico, dimetacrilato de trietenglicol y BIS – GMA, lo que facilita el manejo y adaptación de las resinas a los

tejidos dentarios, al incrementar la adherencia entre capas.<sup>(31)</sup> Los monómeros resinosos mejoran el empaquetamiento del material de restauración evitando la tensión superficial y la aparición de burbujas de aire entre las capas de resina <sup>(35)</sup> además reducen la porosidad y los posibles defectos en la morfología de las restauraciones, debido a que al presentar baja viscosidad penetran con facilidad a través de los espacios creados entre incrementos de resina. La técnica de aplicación consiste en colocar el humectante resinoso en la superficie de los incrementos de resina previo a la fotopolimerización o se puede humectar el gutaperchero o talladores de resina para moldear el siguiente incremento.<sup>(13)</sup> El uso de instrumental humedecido con un líquido modelador permite una estratificación más rápida y fácil, optimizando el tiempo de trabajo del operador. Además, se sugiere la aplicación de una capa final de humectante resinoso con un pincel para disminuir la rugosidad superficial de la restauración simplificando los procedimientos de acabado y pulido.<sup>(6)</sup>

El uso de materiales con viscosidad baja, como humectantes resinosos, entre capas, permite obtener buenos resultados clínicos mediante la inserción adecuada de la resina dentro de las preparaciones cavitarias y son útiles para la estratificación de restauraciones, evita la formación de irregularidades o defectos en el material, por su mejor adaptación y la reducción de la degradación debido a su estructura polimérica, mejorando las propiedades mecánicas y la estabilidad de color.<sup>(6)(36)</sup>

## **5.2.2 Sistemas Adhesivos**

### **5.2.2.1 Definición**

Los sistemas adhesivos son biomateriales constituidos por monómeros resinosos que permiten la unión de la resina al esmalte y dentina creando una unión micromecánica y química en la interfase diente – restauración.<sup>(37)</sup> Están compuestos de monómeros que contienen grupos hidrófilos e hidrófobos. Los grupos hidrófilos actúan en los tejidos dentales duros, mientras que los hidrófobos participan en la copolimerización con los composites.<sup>(38)</sup> La unión de los sistemas adhesivos al esmalte y dentina consiste en un proceso de intercambio en el que se reemplaza los sustratos dentales inorgánicos por monómeros resinosos, que se entrelazan con las microporosidades previamente creadas, después del proceso de polimerización. La retención micromecánica creada con el sustrato dental da como resultado la difusión de los monómeros de resina. La finalidad de los sistemas adhesivos es establecer una unión estable entre los materiales de restauración y las estructuras dentales y de esta manera sellar la superficie dentinaria.<sup>(39)</sup>

El uso de sistemas adhesivos como humectantes resinosos es frecuente durante los tratamientos de operatoria dental, a pesar de que su uso no ha sido informado por los fabricantes. Al igual que los líquidos modeladores de resina, la técnica consiste en aplicar el adhesivo entre las capas de resina previo a la fotopolimerización o en el instrumental entre cada incremento para de esta manera evitar que el composite se adhiera al mismo. La aplicación de esta técnica resulta útil para disminuir la presencia de aire, porosidades o defectos en las restauraciones.<sup>(13)</sup> El inconveniente del uso de sistemas adhesivos como lubricantes es la presencia de solventes que puede ocasionar una mayor degradación hidrolítica de las restauraciones y por ende afectar las propiedades mecánicas de las mismas, así como, ocasionar mayores pigmentaciones.<sup>(18)</sup>

#### 5.2.2.2 Composición de los sistemas adhesivos

Los sistemas adhesivos están compuestos por monómeros que contienen grupos hidrófilos e hidrófobos, además de activadores, inhibidores, disolventes y en algunos casos, rellenos inorgánicos.<sup>(38)</sup>

- **Monómeros.** Los monómeros más utilizados son el HEMA (metacrilato de hidroxietilo) y el Bis - GMA (metacrilato de bisfenol glicidilo). El HEMA es compatible con el agua y es un humectante polimerizable. El Bis - GMA, pertenece al grupo hidrofóbico y es el principal monómero utilizado en las resinas dentales y en muchos adhesivos. La combinación de los dos elementos permite obtener una mezcla con características intermedias y permite la adhesión al diente.<sup>(40)</sup>
- **Activadores.** Desencadenan la reacción de polimerización, entre ellos se encuentran los fotoactivadores (canforoquinona o PPD) y quimioactivadores (complejo Aminoperoxido). Los adhesivos de fraguado dual contienen los dos tipos de fotoactivadores.<sup>(41)</sup>
- **Inhibidores.** La finalidad de los inhibidores es eliminar los radicales libres originados de iniciadores que reaccionan de forma prematura, evitando la iniciación y propagación de la polimerización. Los inhibidores utilizados en los adhesivos son: BHT (butilhidroxitolueno) y MEHQ (monometiléter hidroquinona).<sup>(42)</sup>
- **Solventes.** Los solventes permiten la unión a dentina. Los monómeros hidrofílicos y los solventes mejoran las capacidades humectantes de los adhesivos, presentan baja viscosidad lo que permite la difusión en la superficie del diente. Los solventes empleados son agua, etanol y acetona, debido a su biocompatibilidad, disponibilidad y bajo costo.<sup>(42)</sup>

### 5.2.2.3 Clasificación de los sistemas adhesivos.

- **Sistemas adhesivos convencionales.** Para el uso de estos adhesivos se realiza la remoción del smear layer con ácidos que provocan que la dentina se desmineralice, sea más porosa, húmeda y rugosa, posteriormente se realiza la colocación de primers que contienen monómeros hidrofílicos (compatible con la dentina húmeda) y solventes orgánicos, que penetran en los microporos de los tejidos y contribuyen a la evaporación del agua y los monómeros hidrofílicos en contacto con las fibras de colágeno. Finalmente se coloca una capa de resina hidrofóbica que contiene en su composición monómeros con mayor peso molecular formando tags y microtags. Los primeros sistemas adhesivos de este tipo se comercializan en tres frascos: ácido, primer, adhesivo, es decir, un sistema adhesivo de tres pasos, posteriormente para reducir los pasos clínicos se unió el contenido del primer y del adhesivo, dando como resultado un sistema de dos pasos.<sup>(43)</sup>
- **Sistemas adhesivos autocondicionantes.** En este tipo de sistemas adhesivos el grabado ácido, lavado y secado son eliminados. El primer contiene ácido por lo que se convierte en autocondicionante, creando su acceso a los tejidos mineralizados debido a la presencia de monómeros resinosos ácidos, que juntamente con la desmineralización, ingresan en la dentina y copolimerizan después de la fotoactivación. En los sistemas adhesivos autocondicionantes la capa de smear layer no se disuelve completamente y se incorpora a la interfase de unión, que suele ser menos gruesa en comparación a la formada con los adhesivos convencionales. La comercialización de estos sistemas adhesivos puede ser en dos pasos, es decir, primer autocondicionante más adhesivo o en un solo paso que contiene primer autocondicionante mezclado con adhesivo.<sup>(43)</sup>

### 5.3 Tipos de fuerzas o tensiones

La fuerza se define como cualquier causa que ocasione el inicio, cambio o detenga los movimientos de un objeto. Las unidades de medida empleadas para expresar la fuerza son: Libra (lb), Kilogramo (Kg) y el Newton (N), dentro de los cuales el N es el más empleado como unidad de fuerza.<sup>(44)</sup> Cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo ocasiona una reacción opuesta conocida como esfuerzo o tensión, la tensión es el resultado de dividir la fuerza aplicada sobre un área de superficie. Cuando la fuerza disminuye el tamaño de un cuerpo el resultado es la fuerza de compresión, mientras que, si extiende o alarga un cuerpo, son fuerzas de tracción.<sup>(45)</sup>

En el sistema masticatorio la fuerza de mordida se define como la máxima fuerza generada entre los dientes mandibulares y maxilares, dicha fuerza es dependiente del volumen, acción y coordinación de los músculos de la masticación, de la articulación temporomandibular, de la regulación por el sistema nervioso y del estado del sistema estomatognático.<sup>(46)</sup>

Las fuerzas generadas en el proceso de masticación son de tracción, flexión y compresión,<sup>(47)</sup> y se incrementa de acuerdo con las necesidades masticatorias, en la revisión bibliográfica de Alfaro *et al*<sup>(46)</sup> se reportan valores promedio de fuerza de mordida de 727 N en hombres adultos jóvenes, 425 N en niños con dentición permanente y en niños con dentición temporal 186, 20 N.<sup>(46)</sup>

### **5.3.1 Resistencia compresiva**

La resistencia a la compresión es la capacidad de un material para resistir presiones verticales, antes de fracturarse. Durante la masticación o en los movimientos parafuncionales, las fuerzas transmitidas en la zona posterior de la boca son principalmente de tipo compresivas, mismas que pueden causar fracturas de restauraciones o de los tejidos dentales como resultado de la tensión máxima.<sup>(16)</sup>

#### **5.3.1.1 Ensayo de resistencia a la compresión**

El ensayo de resistencia compresiva mide la capacidad de un material para soportar cargas orientadas hacia la misma dirección, pero en sentido contrario, ocasionando la disminución de la longitud de un cuerpo.<sup>(48)</sup> Dicha resistencia es un indicador que permite evaluar la calidad de los materiales de restauración principalmente en el sector posterior.<sup>(16)</sup> La prueba mecánica se realiza aplicando fuerzas de compresión sobre una probeta cilíndrica para aproximar sus extremos.<sup>(49)</sup>

- **Carga máxima:** es la fuerza que ocasiona la deformación o fractura de un cuerpo al llegar a su máxima resistencia.<sup>(49)</sup>
- **Esfuerzo máximo de compresión:** es la resistencia de un cuerpo ante una fuerza máxima, causante de tensiones que ocasiona la fractura o deformación del material. Se obtiene al dividir la carga máxima por el área transversal de la probeta.<sup>(49)</sup>

### **5.3.2 Resistencia traccional**

Capacidad para soportar dos fuerzas orientadas en sentido opuesto con la finalidad de aumentar la longitud del cuerpo.<sup>(48)</sup>

### **5.3.3 Cizallamiento**

Aplicación de fuerzas orientadas en sentidos contrarios en direcciones paralelas, produciendo el desplazamiento de una parte del material respecto al otro.<sup>(48)</sup>

### **5.3.4 Resistencia flexural**

Es la tensión máxima que puede soportar un material antes de la fractura, cuando es sometido a cargas. Determinado por el módulo de flexión, que consiste en la rigidez de un material.<sup>(11)</sup>

## **5.4 Materiales empleados en el estudio**

### **5.4.1 Resina Filtek Z350 XT (3M ESPE)**

#### **5.4.1.1 Descripción del producto**

La resina Filtek Z350 XT (3M ESPE) es una resina activada por luz visible y disponible en una amplia gama de colores para esmalte, dentina, cuerpo y translúcidos. Está indicada para restauraciones directas anteriores y posteriores, fabricación de núcleos, ferulizaciones y en restauraciones indirectas en las que se incluyen inlays, onlays y carrillas.<sup>(50)</sup>

#### **5.4.1.2 Composición**

La matriz orgánica de la resina está constituida por Bis – GMA, UDMA, TEGDMA y Bis – EMA, el relleno inorgánico contiene partículas de sílice no aglomerado/no agregado de 20 nm, zirconio no aglomerado/ no agregado de 4 a 11 nm y un relleno clúster agregado de zirconio/ sílice (sílice de 20 nm y zirconio de 4- 11 nm).<sup>(50)</sup>

### **5.4.2 Humectante Resinoso Wetting Resin (Ultradent)**

#### **5.4.2.1 Descripción del producto**

El composite Wetting Resin, está constituido por un 45% de relleno inorgánico, TEGDMA y Bis - GMA, libre de solventes, es radiopaco y activado por luz visible. Puede ser utilizado entre capas de resina durante la estratificación de una restauración cuando esta se ha secado o la capa inhibida de oxígeno ha sido removida o perturbada. Aumenta la facilidad del modelado y adaptación de los composites, permite un mejor deslizamiento de los instrumentos y además facilita la adhesión de las capas de resina, sin afectar la polimerización.<sup>(51)</sup>

#### **5.4.2.2 Instrucciones de uso**

Durante la estratificación de la restauración aplicar el Composite Wetting Resin con un pincel o brush entre cada incremento de resina y continuar con el modelado del composite.

Cuando se emplea para facilitar el deslizamiento del instrumental, se debe aplicar una pequeña cantidad de humectante resinoso sobre el mismo.<sup>(51)</sup>

### **5.4.3 Adper Single Bond 2 (3M ESPE)**

#### **5.4.3.1 Descripción del producto**

El adhesivo Adper Single Bond 2, es un adhesivo dental de grabado total, activado mediante luz visible y está indicado para tratamientos de restauraciones directas en las que se empleen materiales fotopolimerizables y en tratamientos de sensibilidad cervical, reparaciones de porcelanas y resinas.<sup>(52)</sup>

#### **5.4.3.2 Composición**

Contiene relleno de sílice de 5 nm de diámetro, representando un 10% de su peso, además contiene BisGMA, HEMA, dimetacrilatos, etanol, agua, un sistema fotoiniciador y copolímeros funcionales de metacrilato de ácido poliacrílico y ácido politacónico.<sup>(52)</sup>

#### **5.4.3.3 Instrucciones de uso**

El uso de Adper Single Bond 2 como humectante resinoso, se realiza de forma empírica, puesto que su uso como humectante no está indicado por los fabricantes, puede realizarse aplicando una delgada capa de adhesivo sobre la restauración, ya sea con un brush o pincel, previo a la polimerización, o se puede colocar una pequeña cantidad directamente en el instrumental.<sup>(15)</sup>

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1 Tipo de Investigación**

La investigación fue de tipo bibliográfico, en base a una revisión de artículos científicos, tesis y sitios web para el componente teórico y la elección de los materiales de experimentación; descriptivo, mediante la elaboración de probetas cilíndricas a partir de las cuales se especificó la resistencia compresiva de la resina de nanopartículas con y sin la aplicación de humectantes resinosos; observacional y comparativo debido a que se analizó y comparó los valores de resistencia compresiva obtenidas por cada grupo de estudio.

### **6.2 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación fue in-vitro, experimental dado que se utilizó dos humectantes resinosos para determinar la resistencia compresiva en los grupos de estudio y transversal puesto que se realizó en un periodo de tiempo determinado.

### **6.3 Población**

Se elaboraron 30 probetas cilíndricas de resina de nanopartículas Filtek Z350 XT (3M ESPE), sobre una matriz metálica de acero inoxidable, con dimensiones de 4 mm de profundidad y 4 mm de diámetro;<sup>(16)</sup> siguiendo las normas ISO 4049, en las que se establece que la intensidad mínima de luz debe ser de 300 mW/cm<sup>2</sup>, una longitud de onda de 400 a 515 nm, con una distancia no mayor a 1 mm entre la lámpara de fotocurado y la resina,<sup>(53)</sup> el número de muestras fue seleccionado según la metodología aplicada en el ensayo realizado por Carrión *et al.*<sup>(15)</sup> en el que se emplea 10 muestras por cada grupo de estudio.

Las 30 probetas cilíndricas de resina Filtek Z350 XT (3M ESPE) fueron elaboradas de la siguiente manera: en el Grupo 1 (grupo control) se realizó la colocación de capas de resina de 2 mm de espesor sin la aplicación de humectantes resinosos, en el Grupo 2 se realizó la aplicación de humectante resinoso Wetting Resin (Ultradent) entre capas de 2 mm de espesor y en el Grupo 3 se realizó la aplicación de adhesivo Adper Single Bond 2 (3M ESPE) entre capas de 2 mm de espesor.

- **Grupo 1:** 10 muestras de resina Filtek Z350 XT (3M ESPE) sin humectantes resinosos.

- **Grupo 2:** 10 muestras de resina Filtek Z350 XT (3M ESPE) con humectante resinoso Wetting Resin (Ultradent).
- **Grupo 3:** 10 muestras de resina Filtek Z350 XT (3M ESPE) con adhesivo Adper Single Bond 2 (3M ESPE).

#### 6.4 Criterios de selección

- Probetas cilíndricas 4 mm de profundidad y 4 mm de diámetro de resina Filtek Z350 XT (3M ESPE) sin humectantes resinosos.
- Probetas cilíndricas 4 mm de profundidad y 4 mm de diámetro de resina Filtek Z350 XT (3M ESPE) con humectante resinoso Wetting Resin (Ultradent).
- Probetas cilíndricas 4 mm de profundidad y 4 mm de diámetro de resina Filtek Z350 XT (3M ESPE) con adhesivo Adper Single Bond 2 (3M ESPE).

#### 6.5 Entorno

El ensayo de resistencia a la compresión se realizó en la máquina universal de ensayos marca Tinius Olsen, modelo SUPER L 120 del Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional.

#### 6.6 Intervenciones

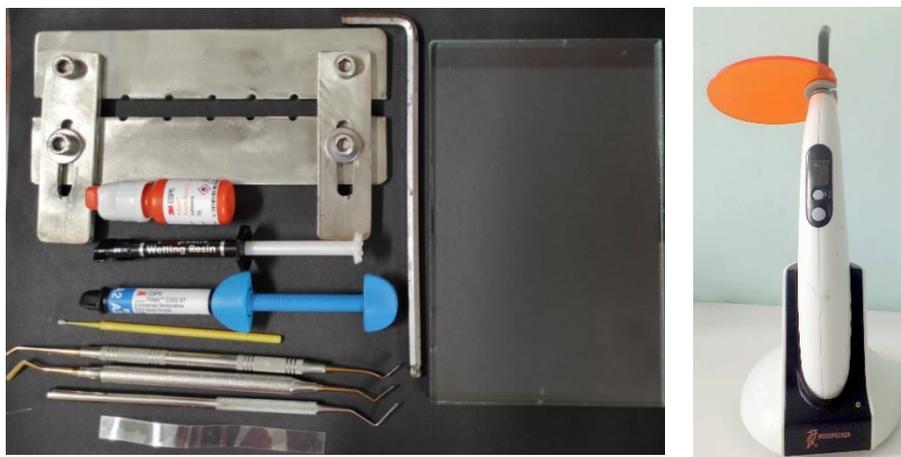
Para la elaboración de las probetas cilíndricas de resina Filtek Z350 XT (3M ESPE), se confeccionó una matriz metálica de acero inoxidable desmontable, con 5 perforaciones de 4 mm de profundidad y 4 mm de diámetro; colocada sobre una loseta de vidrio, para la calibración del espesor de las capas de resina se empleó una sonda periodontal milimetrada y se fotopolimerizó con la lámpara de luz LED marca Woodpecker previamente calibrada a 1200 mW/ cm<sup>2</sup>.

**Fotografía 1.** Matriz metálica de acero inoxidable desmontable



Fuente: Registro fotográfico

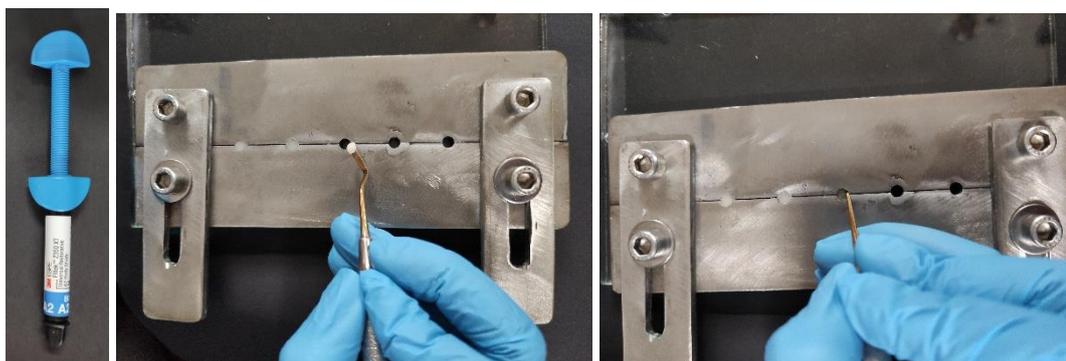
**Fotografía 2.** Materiales e instrumental empleados en la práctica



Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

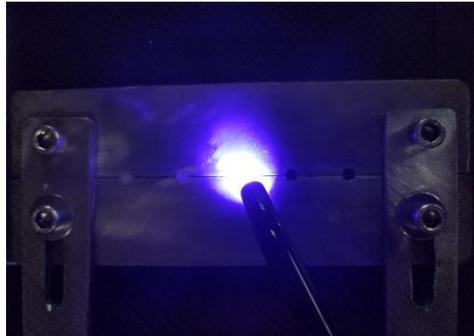
Para la elaboración de las 10 probetas cilíndricas de resina Filtek Z350 XT (3M ESPE) del Grupo 1 (grupo control), se colocó la matriz de acero inoxidable desmontable sobre una loseta de vidrio y se realizó la colocación de capas de resina en espesores de 2 mm, sin la aplicación de humectantes resinosos, con una espátula de resina de níquel titanio marca American Eagle, se polimerizó durante 20 segundos con la lámpara de luz LED marca Woodpecker, a una distancia de 1 mm, previo a la polimerización de la última capa de resina, se colocó una tira de celuloide con la finalidad de obtener una superficie plana y lisa.

**Fotografía 3.** Aplicación de la capa de resina en la matriz metálica



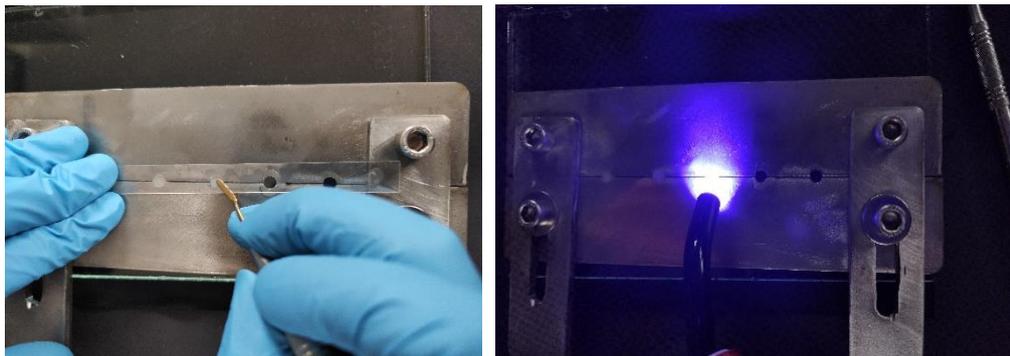
Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

**Fotografía 4.** Polimerización de la primera capa de resina



Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

**Fotografía 5.** Colocación de la tira de celuloide previo a la polimerización de la capa final de resina

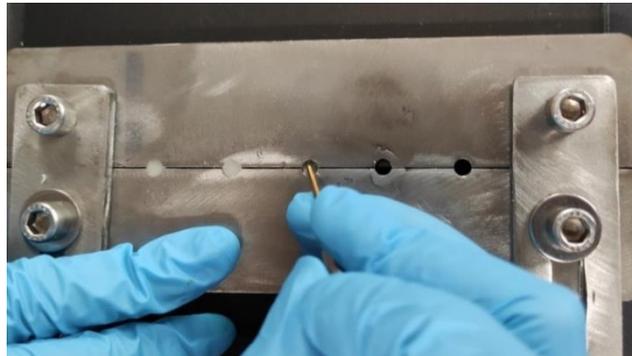


Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

Para la elaboración de las probetas de resina Filtek Z350 XT (3M ESPE) del Grupo 2, se aplicó humectante resinoso Wetting Resin (Ultradent), para lo cual con una espátula de níquel titanio marca American Eagle se colocó la primera capa de resina de 2 mm de espesor y se procedió a aplicar una capa delgada de Wetting Resin con ayuda del pincel Inspiral® Brush Tip, frotando suavemente por 10 segundos, seguido del empaquetamiento y polimerización durante 20 segundos con la lámpara de luz LED marca Woodpecker a 1

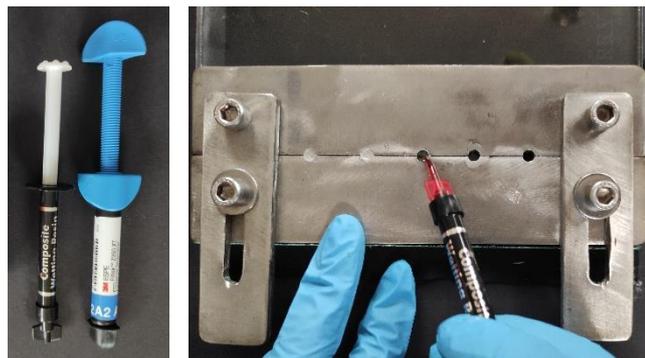
mm de distancia, se procedió a colocar la segunda capa de resina y previo a la polimerización para obtener una superficie plana y lisa se colocó una tira de celuloide.

**Fotografía 6.** Aplicación de la primera capa de resina



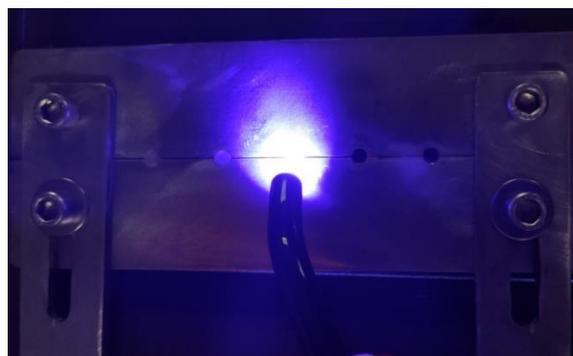
Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

**Fotografía 7.** Aplicación del humectante resinoso Wetting Resin



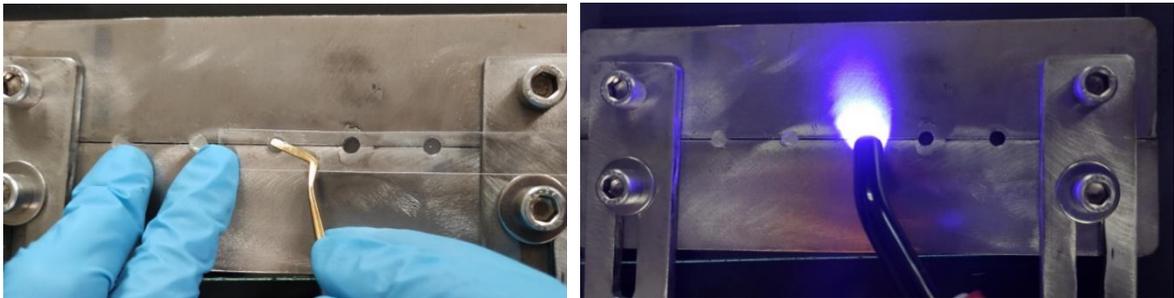
Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

**Fotografía 8.** Fotopolimerización de la primera capa de resina



Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

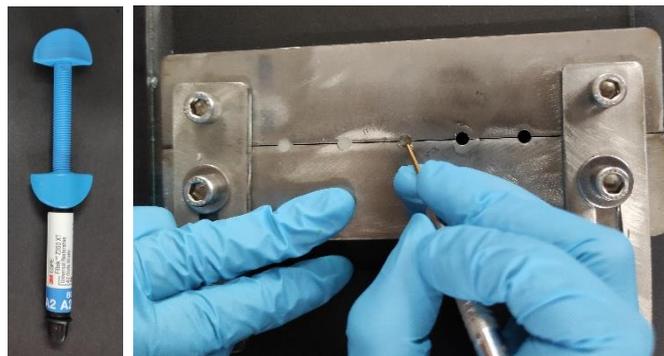
**Fotografía 9.** Colocación de la tira de celuloide y polimerización de la segunda capa de resina



Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

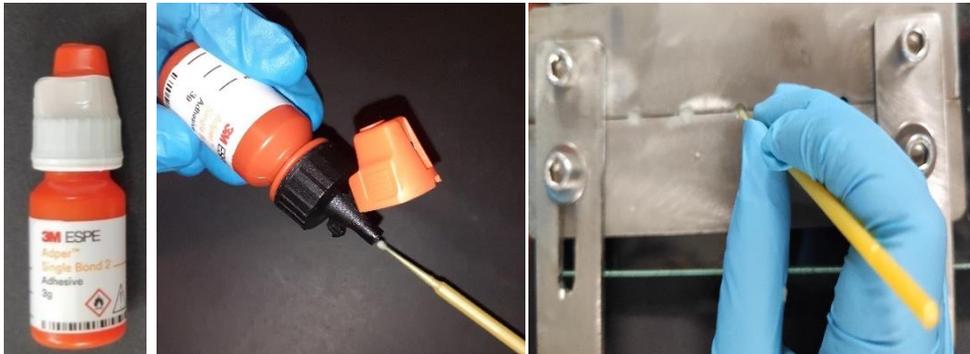
Para la elaboración de las probetas de resina Filtek Z350 XT del Grupo 3, se empleó el sistema adhesivo Adper Single Bond 2 como humectante resinoso, para lo cual después de colocar la primera capa de resina con un espesor de 2 mm con la ayuda de una espátula de níquel titanio marca American Eagle, se procedió a colocar una delgada capa de Adper Single Bond 2 con un brush, frotando suavemente durante 15 segundos, y esperando 5 segundos para la evaporación del solvente, se polimerizó durante 20 segundos con la lámpara de luz LED marca Woodpecker a 1 mm de distancia y se colocó la segunda capa de resina, con una tira de celuloide se obtuvo una superficie plana, finalmente se polimerizó la capa final de resina.

**Fotografía 10.** Aplicación de la primera capa de resina



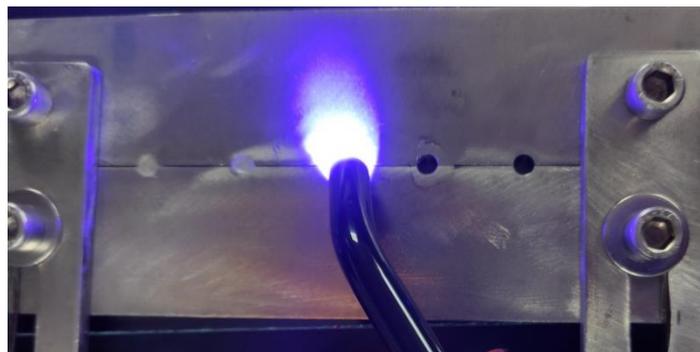
Fuente: Registro fotográfico

**Fotografía 11.** Aplicación de Adper Single Bond 2



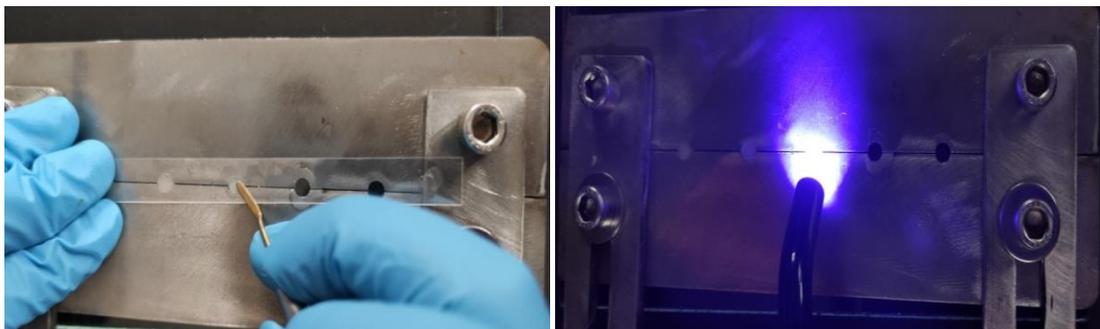
Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

**Fotografía 12.** Polimerización de la primera capa de resina



Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

**Fotografía 13.** Colocación de la tira de celuloide y polimerización de la segunda capa de resina



Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

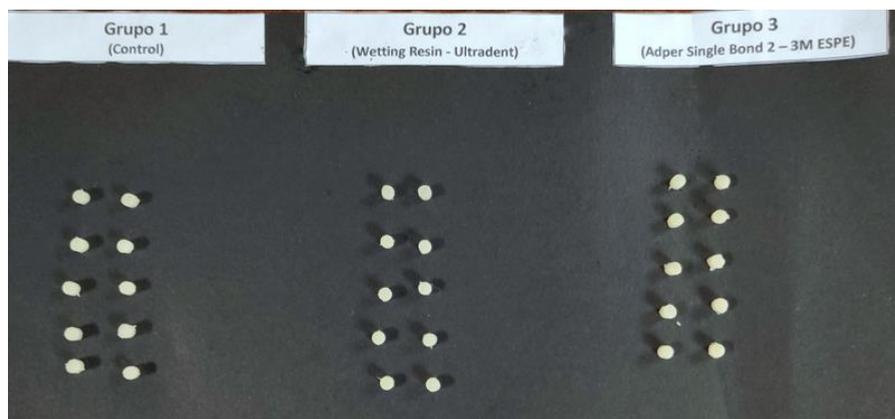
Posteriormente, las probetas de resina Filtek Z350 XT (3M ESPE) fueron calibradas con un calibrador de metal y almacenadas en recipientes plásticos a prueba de luz, para evitar la interacción de las muestras con los factores ambientales.

**Fotografía 14.** Calibración de las probetas de resina



Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

**Fotografía 15.** Muestras de resina Filtek Z350 XT



Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

**Fotografía 16.** Almacenamiento de muestras de resina



Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

Finalmente, las muestras de resina fueron sometidas a fuerzas de compresión, obteniendo los valores para Carga Máxima, expresado en Newtons (N), en la máquina universal de ensayos marca Tinius Olsen modelo SUPER L 120, del Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional.

**Fotografía 17.** Máquina de ensayos universal Tinius Olsen modelo SUPER L 120



Disponible en: [https://img.directindustry.es/images\\_di/photo-m/29300-12581622.jpg](https://img.directindustry.es/images_di/photo-m/29300-12581622.jpg)  
Autor: Direct Industry

**Fotografía 18.** Probetas de resina fracturadas



Fuente: Registro fotográfico  
Autor: Katherine Luna Verdezoto

Los valores de esfuerzo máximo de compresión se registraron en la ficha de recolección de datos, para lo cual se aplicó la siguiente fórmula:

$$E = F/A$$

En donde:

- E representa el esfuerzo máximo de compresión
- F representa la carga máxima expresada en Newtons (N)
- A representa el área de la sección transversal de la probeta expresada en  $\text{mm}^2$  <sup>(54)</sup>

Para el cálculo del área de la sección trasversal de la probeta se aplicó la fórmula:

$$A = \pi r^2$$

En donde:

- A denota el área
- $\pi$  es una constante
- $r^2$  denota el radio de la probeta elevada al cuadrado.

#### **Cálculo del área de las probetas cilíndricas de resina FILTEK Z350 XT**

- **Diámetro:** 4 mm
- **Altura:** 4 mm
- **Radio:** 2 mm

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi (2)^2$$

$$A = 12,57 \text{ mm}^2$$

#### **Cálculo del esfuerzo máximo de compresión**

$$E = F/A$$

$$E = 1997 \text{ N} / 12,57 \text{ mm}^2$$

$$E= 158,92 \text{ N/mm}^2$$

Los resultados se obtuvieron en unidades del Sistema Internacional de Medidas N/mm<sup>2</sup>, que es el equivalente a Megapascals (MPa)

### 6.7 Técnicas e instrumentos

La técnica que se empleó fue la observación y medición y como instrumentos la ficha de recolección de datos y la lista de cotejo (informe de laboratorio) realizado por el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional.

### 6.8 Análisis Estadístico

El proceso estadístico se realizó en el programa SPSS versión 26, mediante estadística descriptiva, pruebas de normalidad y pruebas de significancia estadística para la comparación de la resistencia compresiva.

### 6.9 Operacionalización de variables

#### 6.9.1 Variable Independiente: Humectantes Resinosos

**Tabla 2.** Operacionalización de la variable independiente

Caracterización	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento
Biomateriales colocados entre capas de resina que facilita el manejo y adaptación de los composites a los tejidos dentarios. <sup>(31)</sup>	Humectantes Resinosos	Sin humectante resinoso	Observación	Lista de cotejo (informe de laboratorio)
		Wetting Resin (Ultradent)  Adper Single Bond 2 (3M ESPE)	Medición	Ficha de recolección de datos.

### 6.9.2 Variable Dependiente: Resistencia compresiva

**Tabla 3.** Operacionalización de la variable dependiente

Caracterización	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento
Capacidad de la resina de resistir a fuerzas verticales antes de fracturarse durante la masticación las fuerzas transmitidas son principalmente de tipo compresivo, pudiendo ocasionar la fractura de la restauración y del diente, como resultado de la aplicación de una tensión máxima. <sup>(16)(2)</sup>	Carga máxima	Newtons (N)	Observación	Lista de cotejo (informe de laboratorio)
	Esfuerzo máximo de compresión	Megapascales (MPa)	Medición	Ficha de recolección de datos

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

**Tabla 4.** Estadísticos descriptivos Carga Máxima (N)

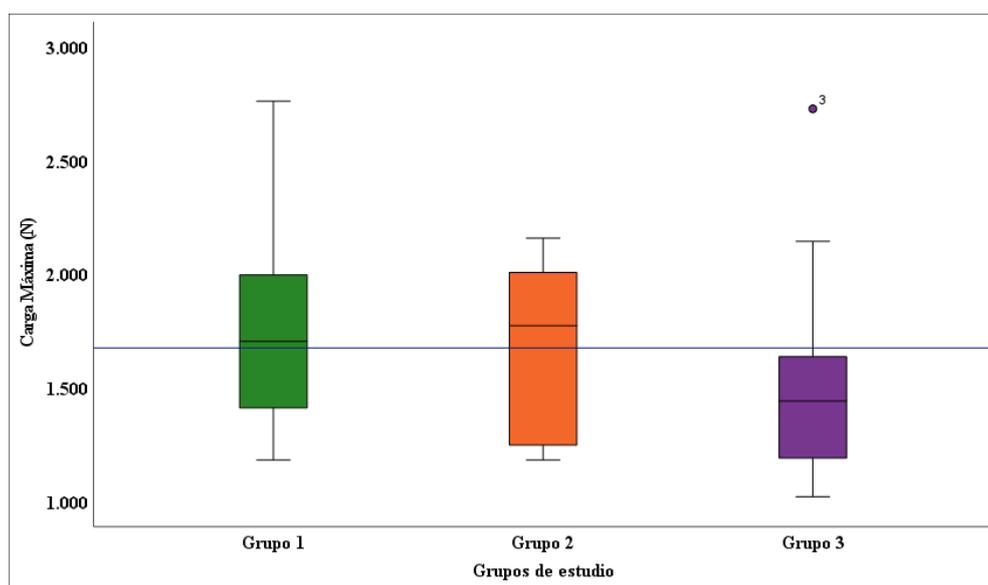
Grupos de estudio	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Coefficiente de variación
<b>Grupo 1</b>	1801,40	1704,50	1182	2762	±537,945	30%
<b>Grupo 2</b>	1663,80	1773,50	1182	2159	±365,930	22%
<b>Grupo 3</b>	1562,70	1442,00	1021	2728	±521,897	33%

Elaborado por: Katherine Luna Verdezoto

Fuente: Informe de laboratorio LAEV- M21.018 Rev.1, procesado en SPSS v.26

Análisis: Los estadísticos descriptivos respecto a carga máxima reflejan que el Grupo 1 (1801,40 N) presenta un promedio mayor, seguido del Grupo 2 (1663,80 N) y del Grupo 3 (1562,70 N); la mediana más alta la obtuvo el Grupo 2 (1773,50 N); el valor más bajo de carga máxima registrada corresponde al Grupo 3 con 1021 N, mientras que el valor máximo registrado corresponde al Grupo 1 con 2762 N, en cuanto al coeficiente de variación el Grupo 2 presentó mayor estabilidad con un 22% de dispersión.

**Gráfico 1.** Comparación de los grupos de estudio respecto a Carga máxima (N)



Elaborado por: Katherine Luna Verdezoto  
 Fuente: Informe de laboratorio LAEV- M21.018 Rev.1, procesado en SPSS v.26

Análisis: El diagrama de cajas y bigotes correspondiente a la carga máxima registrada ante fuerzas mecánicas de compresión mostró que el valor más alto de fuerza corresponde al Grupo 1 y el valor más bajo al Grupo 3; en relación con el promedio total entre los tres Grupos de estudio se observa que el 75% de probetas del Grupo 3 presentan valores por debajo de dicha media y además la presencia de un valor atípico leve dentro de la variable respecto al límite superior.

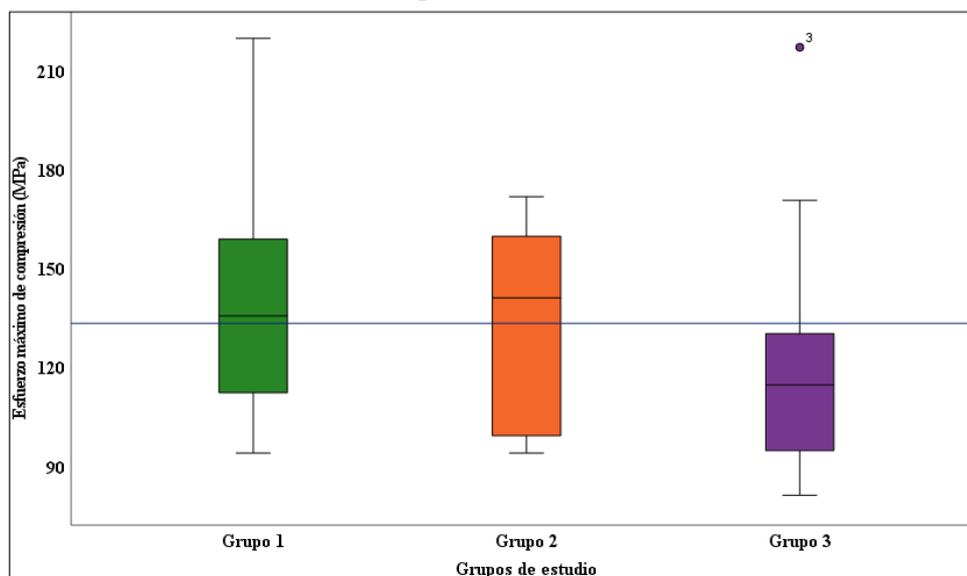
**Tabla 5.** Estadísticos descriptivos Esfuerzo máximo de compresión (MPa)

<b>Grupos de estudio</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>
<b>Grupo 1</b>	143,3510	135,6400	94,06	219,79	±42,80773	30%
<b>Grupo 2</b>	132,4010	141,1300	94,06	171,81	±29,11996	22%
<b>Grupo 3</b>	124,3560	114,7500	81,25	217,09	±41,53064	33%

Elaborado por: Katherine Luna Verdezoto  
 Fuente: Ficha de recolección de datos, informe de laboratorio LAEV- M21.018 Rev.1, procesado en SPSS v.26

Análisis: Los valores promedio obtenidos para el esfuerzo máximo de compresión expresan que el Grupo 1 (143,3510 MPa) obtuvo una mayor resistencia compresiva, seguido del Grupo 2 (132,4010 MPa) y del Grupo 3 (124,3560 MPa); mientras que la mediana más alta corresponde al Grupo 2 (141,1300 MPa); la menor resistencia compresiva la obtuvo el Grupo 3 con 81,25 MPa, mientras que el valor más alto registrado se encuentra en el Grupo 1 con 219,79 MPa; respecto al coeficiente de variación el Grupo 2 presenta una dispersión menor con 22%, mientras que el Grupo 3 muestra la variabilidad más alta con 33% . Los resultados obtenidos indican que tanto la carga máxima registrada como el esfuerzo máximo de compresión presentan datos directamente proporcionales.

**Gráfico 2.** Comparación de grupos de estudio respecto a Esfuerzo máximo de compresión (MPa)



Elaborado por: Katherine Luna Verdezoto

Fuente: Ficha de recolección de datos, informe de laboratorio LAEV- M21.018 Rev.1, procesado en SPSS v.26

Análisis: En cuanto al esfuerzo máximo de compresión se observa una relación directa respecto a la carga máxima; el Grupo 2 presenta una menor dispersión de datos, seguido del Grupo 1 y finalmente del Grupo 3, en el que se observa un valor atípico leve. La mayor resistencia compresiva se encuentra en el Grupo 1 puesto que más del 50% de las muestras son superiores al promedio total de los tres grupos de estudio, mientras que el Grupo 3 mostró menor resistencia con el 75% de muestras por debajo del valor promedio total.

### 7.1 Análisis de significancia estadística

Con la finalidad de comprobar si existen diferencias estadísticamente significativas en la resistencia compresiva entre los grupos de estudio se comparará la variable cuantitativa de esfuerzo máximo de compresión (MPa), mediante la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk, para establecer si la distribución de datos es normal y determinar la prueba estadística para la contrastación de la hipótesis.

**Tabla 6.** Prueba de normalidad

Shapiro – Wilk			
Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Estadístico	gl	Sig.
		,914	30

a. Corrección de significación de Lilliefors

Elaborado por: Katherine Luna Verdezoto

Fuente: Ficha de recolección de datos, informe de laboratorio LAEV- M21.018 Rev.1, procesado en SPSS v.26

El resultado obtenido en la prueba de normalidad mostró valores superiores a 0,05 ( $p = 0,19$ ), de modo que los datos presentan una distribución normal y para la contrastación de la hipótesis se emplearan la prueba paramétrica ANOVA.

**Tabla 7.** Prueba de homogeneidad de varianzas

<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
,246	2	27	,783

Elaborado por: Katherine Luna Verdezoto

Fuente: Ficha de recolección de datos, informe de laboratorio LAEV - M2.018 Rev.1, procesado en SPSS v.26

De acuerdo con la prueba de homogeneidad de varianzas el valor de significancia es mayor a 0,05 ( $p = 0,783$ ), por lo tanto, las varianzas son iguales entre todos los grupos y el análisis de significancia estadística es posible mediante la prueba ANOVA.

$H_0$ : No existen diferencias estadísticamente significativas en el esfuerzo máximo de compresión entre los grupos de estudio.

Decisión: Si  $p \leq 0,05$  se rechaza  $H_0$

**Tabla 8.** Prueba ANOVA

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Entre grupos</b>	1818,115	2	909,058	,619	,546
<b>Dentro de grupos</b>	39647,407	27	1468,422		
<b>Total</b>	41465,522	29			

Elaborado por: Katherine Luna Verdezoto

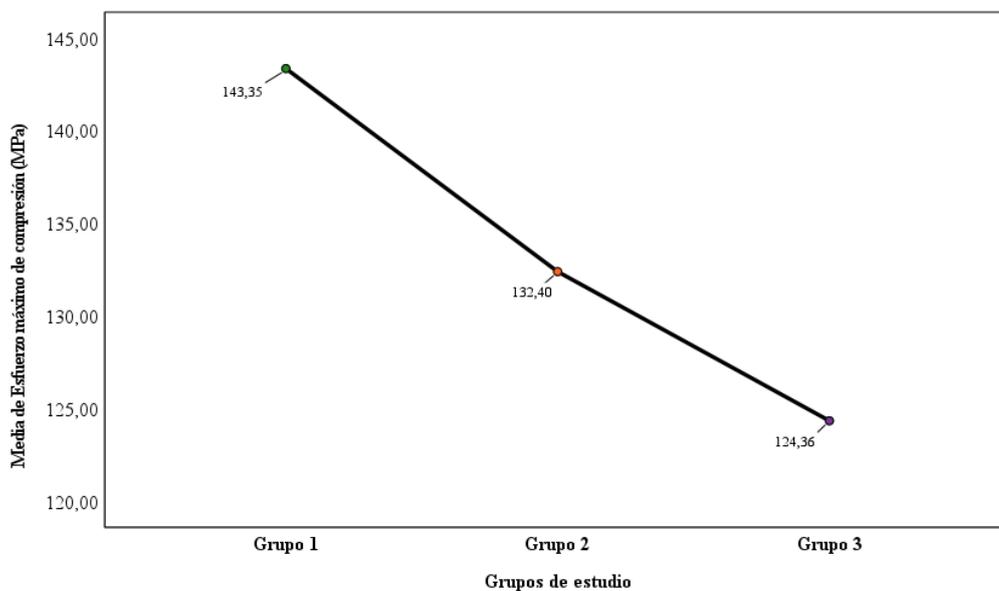
Fuente: Ficha de recolección de datos, informe de laboratorio LAEV – M2.018 Rev.1, procesado en SPSS v.26

Conclusión: El valor de significancia obtenido en la prueba ANOVA es mayor a 0,05 ( $p = 0,546$ ) por consiguiente se acepta la  $H_0$  y se concluye que no existen diferencias

estadísticamente significativas entre los valores de esfuerzo máximo de compresión entre los tres grupos de estudio.

No obstante, al analizar las medias de los Grupos de estudio respecto a esfuerzo máximo de compresión; el Grupo 1 obtuvo un promedio de 143,35 MPa, el Grupo 2 alcanzó una media de 132,40 MPa, mientras que el Grupo 3 obtuvo 124,36 MPa; de acuerdo con los datos registrados en los estadísticos descriptivos, el Grupo 1 (grupo control) en el que no se aplicó humectantes resinosos obtuvo la mayor resistencia compresiva, seguido del Grupo 2 en el que se aplicó humectante resinoso Wetting Resin (Ultradent), y finalmente del Grupo 3 en el que se aplicó Adper Single Bond 2 (3M ESPE).

**Gráfico 3.** Comparación de las medias de Esfuerzo máximo de compresión (MPa)



Elaborado por: Katherine Luna Verdezoto

Fuente: Ficha de recolección de datos, informe de laboratorio LAEV – M21.018 Rev.1, procesado en SPSS v.26

## 8. DISCUSIÓN

El uso de humectantes resinosos facilita la estratificación y manipulación de las resinas compuestas, sin embargo, se han planteado dudas acerca de si la aplicación de estos biomateriales puede afectar las propiedades mecánicas y estéticas de las mismas. En el presente estudio al evaluar la resistencia compresiva de la resina de nanopartículas Filtek Z350 XT (3M ESPE) con la aplicación de humectantes resinosos se obtuvieron los siguientes resultados respecto a esfuerzo máximo de compresión: el Grupo 1 (grupo control) 143,35 MPa, el Grupo 2 (Wetting Resin) 132,40 MPa y el Grupo 3 (Adper Single Bond 2) 124,36 MPa, a pesar de no existir diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de estudio, el Grupo 3 obtuvo la menor resistencia. La disminución de la resistencia compresiva en el Grupo 3 puede ser explicada por la presencia de monómeros y solventes (agua, etanol) hidrófilos e hidrófobos en la composición del adhesivo Adper Single Bond 2, ocasionando la hidrólisis de la matriz resinosa, debilitando la red polimérica y por tanto produciendo la fatiga mecánica del material. <sup>(13)(15)(18)</sup> De igual manera en el Grupo 2 se presenta un menor valor de esfuerzo máximo de compresión en comparación con el Grupo 1, Baroudi y Mahmoud <sup>(34)</sup> señalan que esto se debe al menor porcentaje de relleno inorgánico; en el caso del humectante Wetting Resin la carga inorgánica equivale al 45% y al estar libre de solventes este grupo presenta una mejor resistencia que el Grupo 3.

Los resultados presentados en el estudio de Once y Vallejo <sup>(55)</sup> al evaluar la resistencia compresiva de la resina de nanopartículas Filtek Z350 XT (3M ESPE) (153,13 MPa), son comparables con los obtenidos en el presente estudio (143,35 MPa), demostrando que la dicha resina presenta una alta resistencia y por lo tanto es adecuada para tratamientos de operatoria dental en dientes posteriores, en donde la fuerza masticatoria es mayor.

En el estudio realizado por Cortés y Moreno <sup>(56)</sup> en el que se evalúa la resistencia a la compresión en molares clase I restaurados con resina Filtek P60 (3M ESPE) aplicando humectantes resinosos, se obtuvieron valores de 52,3 MPa para el grupo control, 58,9 MPa para el grupo en donde se aplicó Wetting Resin y 47,6 MPa para el grupo en el que se empleó Adper Single Bond 2, llegando a la conclusión de que la resistencia compresiva no varió significativamente entre los grupos, resultados que coinciden con los obtenidos en el presente estudio. Sin embargo, al analizar las medias individuales de cada grupo se observa

que el grupo que mayor resistencia obtuvo fue en el que se trabajó con el humectante Wetting Resin, dichos datos difieren con los de este estudio ya que el grupo con mayor resistencia fue el Grupo control; mientras que los valores de resistencia se asemejan en los grupos donde se aplicó Adper Single Bond 2, siendo menores en los dos estudios.

Barcellos *et al* <sup>(57)</sup> evaluaron el efecto de los monómeros resinosos en las propiedades mecánicas de una resina nanohíbrida; concluyendo que no existen diferencias significativas al aplicar la técnica RDMIT (técnica empleada en esta investigación). Entre los monómeros empleados se encuentran el adhesivo Adper Single Bond 2 y el humectante Wetting Resin, los resultados obtenidos al evaluar la resistencia cohesiva fueron: para el grupo control 27,95 MPa, para el grupo de Adper Single Bond 26.46 MPa y 36, 13 MPa para el grupo de Wetting Resin. Resultados que coinciden parcialmente con los del presente estudio puesto que el grupo que mayor resistencia obtuvo fue en el que se aplicó el líquido modelador Wetting Resin, pero guarda similitud en los grupos en los que se aplicó Adper Single Bond 2, obteniendo menor resistencia. Además, los investigadores hacen énfasis en evaluar la influencia de los monómeros resinosos en las propiedades físicas y mecánicas de los composites.

La propiedad mecánica de resistencia flexural fue analizada por Münchow *et al.* <sup>(32)</sup>, en este estudio se empleó la resina Filtek Z350 y como humectante resinoso el adhesivo Adper Single Bond 2; el valor obtenido para el grupo control a las 24 horas fue de 109,4 MPa, y para el grupo en el que se aplicó el adhesivo fue de 73,6 MPa, encontrando diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de estudio y por ende afectando negativamente las propiedades mecánicas del composite, resultados que no se asemejan a los obtenidos en este estudio, en donde la resistencia compresiva no se alteró de forma significativa.

Costa de Paula *et al.* <sup>(58)</sup> evaluaron la microdureza superficial de la resina Filtek Z350 XT, aplicando como humectante el adhesivo Adper Single Bond 2, los resultados obtenidos no demostraron significancia estadística (Control: 43,3 Vickers; Single Bond: 39,6 Vickers). Araujo y Álvarez <sup>(31)</sup> evaluaron la microdureza en resinas de nanopartículas Forma – Ultradent (Control: 52,18 Vickers; Wetting Resin: 52,44 Vickers) y Premisa – Kerr (Control: 52,01 Vickers; Wetting Resin: 47,06 Vickers) con el humectante Wetting Resin, concluyendo que el humectante no interfiere en la microdureza superficial de los composites. Los resultados obtenidos demuestran que el uso de humectantes resinosos no

influyen en las propiedades mecánicas de las resinas, en este caso, la resistencia a la compresión.

La mayoría de las investigaciones coinciden en que aplicar humectantes resinosos como Wetting Resin y Adper Single Bond 2 en los diferentes tipos de resina (nanohíbrida, nanopartículas), no afectan de una manera significativa las propiedades mecánicas de los composites; confirmando que el uso de estos biomateriales facilita el manejo e inserción de las resinas, optimizando la estratificación de las restauraciones.

## 9. CONCLUSIONES

- Se elaboraron 30 probetas cilíndricas de 4x4 mm, de resina Filtek Z350 XT (3M ESPE), distribuidas equitativamente en tres grupos: el Grupo 1 siendo el grupo control, Grupo 2 con la aplicación del humectante Wetting Resin (Ultradent), y el Grupo 3 en el que se aplicó como humectante el adhesivo Adper Single Bond 2 (3M ESPE), comprobando que el uso de dichos biomateriales facilita la inserción y empaquetamiento de las resinas.
- Se determinó los valores de carga y esfuerzo máximos de compresión, mediante fuerzas mecánicas en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional, registrando valores promedios de carga máxima para el Grupo 1: 1801,40 N, Grupo 2: 1663,80 N, Grupo 3: 1562,70 N; los valores de esfuerzo máximo obtenidos fueron de Grupo 1: 143,35 MPa, Grupo 2: 132,40 y Grupo 3: 124,36 MPa.
- Se identificó que la media más alta de esfuerzo máximo de compresión lo obtuvo el Grupo 1, seguido del Grupo 2 y del Grupo 3; sin embargo, mediante la prueba paramétrica ANOVA se comprobó que no hay diferencias significativas entre los grupos de estudio al aplicar humectantes resinosos.

## **10. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda el desarrollo de más estudios en los que se empleen resinas y humectantes de diferentes casas comerciales, considerando como variable el tiempo, puesto que el objetivo de la odontología actual es ofrecer tratamientos duraderos, funcionales y estéticos.
- Es oportuno realizar estudios en los que se valore el comportamiento de los humectantes resinosos frente a otras propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas, como resistencia flexural, cohesiva y demás, así como su influencia en las propiedades estéticas.
- Es recomendable la aplicación de humectantes resinosos, en casos en los que la resina compuesta puede ser viscosa o se ha eliminado la capa inhibida de oxígeno durante la estratificación de las restauraciones, pues su uso no influye negativamente en la resistencia a la compresión. Principalmente se recomienda el uso de humectantes como Wetting Resin, que al estar libre de solventes no interfiere en el proceso de polimerización del composite.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

1. Del Valle Rodríguez A, Christiani JJ, Alvarez N, Zamudio ME. Revisión de resinas Bulk Fill: estado actual. RAAO. 2018;58(2):56–60.
2. Loarte-Merino G, Perea Corimaya E, Portilla-Miranda S, Juella-Moscoso C. Fundamentos para elegir una resina dental. Rev OACTIVA UC Cuenca. 2019;4(Esp):55–62.
3. Hervás García A, Martínez Lozano MA, Cabanes Vila J, Barjau Escribano A, Fos Galve P. Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. Med Oral Patol Oral Cir Bucal [Internet]. 2006;11(2):215–20. Available from: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1698-69462006000200023&lng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-69462006000200023&lng=es).
4. Ferreto I, Lafuente D, Loría A, Rojas A. Diferencias de iluminación en diferentes tipos de resinas compuestas de nanopartícula. Odovtos - Int J Dent Sci. 2010;(12):53–7.
5. Castro A, Acosta I, Castro A. Factores relacionados con el fracaso de las restauraciones dentales de resina y amalgama. Rev 16 Abril [Internet]. 2017;56(265):104–12. Available from: [http://www.rev16deabril.sld.cu/index.php/16\\_04/article/view/601](http://www.rev16deabril.sld.cu/index.php/16_04/article/view/601)
6. Kutuk ZB, Erden E, Aksahin DL, Durak ZE, Dulda AC. Influence of modeling agents on the surface properties of an esthetic nano-hybrid composite. Restor Dent Endod [Internet]. 2020;45(2):1–10. Available from: <https://doi.org/10.5395/rde.2020.45.e13>
7. Park JK, Lee GH, Kim JH, Park MG, Ko CC, Kim H Il, et al. Polymerization shrinkage, flexural and compression properties of low-shrinkage dental resin composites. Dent Mater J [Internet]. 2014;33(1):104–10. Available from: <https://doi.org/10.4012/dmj.2013-126>
8. Sedrez-Porto JA, Münchow EA, Brondani LP, Cenci MS, Pereira-Cenci T. Effects of modeling liquid/resin and polishing on the color change of resin composite. Braz oral rese [Internet]. 2016;30(1):1–9. Available from: <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0088>

9. Almeida-Chetti VA, Macchi RL, Iglesias ME. Effect of post-curing treatment on mechanical properties of composite resins. *Acta Odontol Latinoam* [Internet]. 2014;27(2):72–6. Available from: <https://10.0.6.54/S1852-48342014000200005>
10. Moradas Estrada M, Álvarez López B. Dinámica de polimerización enfocada a reducir o prevenir el estrés de contracción de las resinas compuestas actuales. Revisión bibliográfica. *Av Odontoestomatol* [Internet]. 2017;33(6):261–72. Available from: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0213-12852017000600002&lng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852017000600002&lng=es).
11. Bonilla E, Aguilar Padilla A, Flores PM, Sandoval Z, Cavazos E, Torres P. Evaluación de la resistencia a la flexión de tres resinas compuestas. *Rev Oper Dent y Biomater*. 2017;1(3):33–6.
12. Alarcón - Valdivieso D. Evaluación de la microdureza superficial de una resina compuesta manipulada con pincel con y sin humectante luego de emplear dos sistemas de pulido. *Rev Científica Odontológica* [Internet]. 2015;3:296–303. Available from: <https://doi.org/10.21142/2523-2754-0301-2015-67-74>
13. Münchow EA, Sedrez-Porto JA, Piva E, Pereira-Cenci T, Cenci MS. Use of dental adhesives as modeler liquid of resin composites. *Dent Mater* [Internet]. 2016;32(4):570–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2016.01.002>
14. Azeredo C, Pereira G, Fernandes L, Ribeiro M. Avaliação da resistência mecânica de resina composta incorporada com líquidos modeladores. 2019;1–8.
15. Bustamante I, Conde G, Palacios L. Resistencia cohesiva a través de fuerzas de cizallamiento entre capas de resina micrihíbrida usando humectantes resinosos intermediarios. *Rev Científica “Especialidades Odontológicas UG.”* 2017;1(1).
16. Acurio-Benavente P, Falcón-Cabrera G, Casas-Apayco L, Montoya Caferatta P. Comparación de la resistencia compresiva de resinas convencionales vs resinas tipo Bulk fill. *Odontol Vital* [Internet]. 2017;(27):69–77. Available from: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-07752017000200069&lng=en](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-07752017000200069&lng=en).
17. Zeballos López L, Valdivieso Pérez Á. Materiales dentales de restauracion. *Rev Actual Clínica* [Internet]. 2013;30:1498–504. Available from: [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2304-](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-)

37682013000300005&lng=es.

18. Santos F, Ramos M, Carregosa M, De Jesus L, Damasceno P, da Silveira G, et al. Effects of adhesive used as modeling liquid on the stability of the color and opacity of composites. *J Esthet Restor Dent* [Internet]. 2018;1–7. Available from: <https://doi.org/10.1111/jerd.12378>
19. Rodríguez D, Pereira N. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. *Acta Odontológica Venez* [Internet]. 2008;46(3):381–92. Available from: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/3/art-26/>
20. Habib E, Wang R, Wang Y, Zhu M, Zhu XX. Inorganic fillers for dental resin composites: present and future. *ACS Biomater Sci Eng* [Internet]. 2015;2(1):1–11. Available from: <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.5b00401>
21. Arana-Correa B, Achury-Jaramilo J, Coral-Rosas N, Pulgarin-Libreros L, Sepúlveda-Navarro W. Evaluación del color y rugosidad superficial de resina compuesta despues de dometerse a enjuagues bucales. *Rev Colomb Investig en Odontol* [Internet]. 2014;30(1):1–5. Available from: <https://doi.org/10.25063/issn.2145-7735>.
22. Caramori V, Lúcia V, Rücker M, Pinceli L, Pardo F. Sistemas de pulido de un o múltiples pasos de resinas compuestas híbridas y su alteración en la estabilidad del color y rugosidad superficial. *Acta Odont Venez* [Internet]. 2014;52(1):1–9. Available from: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2014/1/art-17/>
23. Rajan G, Shouha P, Ellakwa A, Bhowmik K, Xi J, Prusty G. Evaluation of the physical properties of dental resin composites using optical fiber sensing technology. *Dent Mater* [Internet]. 2016;32(9):1113–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2016.06.015>
24. Casanova E, Taboada M, Flores D, Castilla M, Armas A. Efecto de tres enjuagues bucales en la degradación superficial de resinas compuestas : estudio in vitro. *Rev Odotopediatr Latinoam*. 2018;8(2):141–53.
25. Zhao X, Zanetti F, Majeed S, Pan J, Malmstrom H, Peitsch M, et al. Effects of cigarette smoking on color stability of dental resin composites. *Am J Dent*. 2017;30(6):316–22.

26. Orozco R, Álvarez C, Guerrero J. Fotopolimerización de resinas compuestas a través de diversos espesores de tejido dental [Internet]. Vol. 19, Revista Odontológica Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México; 2015. 222–227 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rodex.2015.10.002>
27. Campos M, Ferraz L, Tarkany R, Botelho F, Gomes F. Longevity of restorations in direct composite resin: literature review. RGO [Internet]. 2016;64(3):320–6. Available from: <https://doi.org/10.1590/1981-8637201600030000123109%0A>
28. Corral C, Vildosola P, Bersezio C, Alves E, Fernández E. Revision del estado actual de las resinas compuestas bulk fill. Rev Fac Odontol Univ Antioq [Internet]. 2015;27(1):177–96. Available from: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rfo.v27n1a9>
29. Carrillo C, Monroy M. Materiales de resinas compuestas y su polimerización Parte I. Rev la Asoc Dent Mex. 2009;66(4):36–44.
30. Tuncer S, Demirci M, Tiryaki M, Ünlü N, Uysal Ö. The effect of a modeling resin and thermocycling on the surface hardness, roughness, and color of different resin composites. J Esthet Restor Dent [Internet]. 2013;25(6):404–19. Available from: <https://doi.org/10.0.4.87/jerd.12063>
31. Araujo P, Álvarez E. Influencia de líquidos modeladores de resina en la microdureza superficial de resinas de nanopartículas [Internet]. Universidad Central del Ecuador; 2017. Available from: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13748>
32. Sedrez-Porto JA, Münchow EA, Cenci MS, Pereira-Cenci T. Translucency and color stability of resin composite and dental adhesives as modeling liquids - A one-year evaluation. Braz Oral Res. 2017;31(54).
33. Zambrano M. Evaluación de la resistencia flexural de resinas compuestas para restauraciones indirectas. Primera. Guayaquil: Grupo Compás; 2017.
34. Baroudi K, Mahmoud R. Improving composite resin performance through decreasing its viscosity by different methods. Open Dent J. 2015;9(1):235–42.
35. Camara D, Palazon M, Pucci CR, Gomes Torres CR, De Paiva Gonçalves SE. Effects of self-etching adhesive systems used in the dental modelling technique on the cohesive strength of composite resin. J Adhes [Internet]. 2011;87(2):154–61. Available from: <https://doi.org/10.1080/00218464.2011.545340>

36. Cangul S, Erpacal B, Adiguzel O, Unal M, Gunay A. Effect of surface Wetting Resin on the color stability and microhardness of esthetic composites. *Int J Dent Sc* [Internet]. 2020;285–92. Available from: <https://doi.org/10.15517/IJDS.2021.44391>
37. Mandri M, Aguirre A, Zamudio ME. Sistemas adhesivos en Odontología Restauradora. *Odontoestomatologia* [Internet]. 2015;17(26):50–6. Available from: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-93392015000200006&lng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-93392015000200006&lng=es)
38. Sezinando A. Looking for the ideal adhesive - A review. *Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac* [Internet]. 2014;55(4):194–206. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rpemd.2014.07.004>
39. Miyazaki M, Tsujimoto A, Tsubota K, Takamizawa T, Kurokawa H, Platt JA. Important compositional characteristics in the clinical use of adhesive systems. *J Oral Sci* [Internet]. 2014;56(1):1–9. Available from: <https://doi.org/10.2334/josnusd.56.1>
40. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type Corresponding author: *Ann Stomatol* [Internet]. 2017;8(1):1–17. Available from: <https://doi.org/10.11138/ads/2017.8.1.001>
41. Martín Hernández J. Aspectos prácticos de la adhesión a dentina. *Av Odontoestomatol* [Internet]. 2004;20(1):19–32. Available from: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0213-12852004000100003&lng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852004000100003&lng=es)
42. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials* [Internet]. 2007;28(26):3757–85. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2007.04.044>
43. Loguercio A, Reis A. Sistemas Adhesivos. *RODYB*. 2006;1(2):13–28.
44. Murgueitio Piedrahita R. Propiedades mecanicas en odontologia. Vol. 9, *Revista Estomatologica*. 2001. p. 30–8.
45. Arce Muñoz N, Cabezas González Carolina, Posada Ayala E, López Moreno L,

- Garzón R H. Comparación de la resistencia de dos resinas microhíbridas para la restauración dental. *Rev Estomatológica* [Internet]. 2005;13(2):27–39. Available from: [https://estomatologia.univalle.edu.co/index.php/revista\\_estomatologia/article/view/5581](https://estomatologia.univalle.edu.co/index.php/revista_estomatologia/article/view/5581)
46. Alfaro P, Ángeles M, Osorno M del C, Núñez J, Romero G. Fuerza de mordida: su importancia en la masticación, su medición y sus condicionantes clínicos. Parte I. *Rev ADM*. 2012;69(3):108–13.
  47. Hernández González R, Moraga Castillo R, Velásquez Castilla M, Gutiérrez Flores F. Resistencia compresiva vidrio ionómero Ionofil Molar® y Vitremer® según tiempo de exposición en saliva artificial. *Rev Clin Periodoncia Implant Rehabil Oral* [Internet]. 2013;6(2):75–7. Available from: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0719-01072013000200005&lng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-01072013000200005&lng=es).
  48. Apaza C, Bustamante G. Propiedades físicas de los biomateriales en odontología. *Rev Actual Clínica* [Internet]. 2013;30:1478–82. Available from: [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2304-37682013000300001&lng=es](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-37682013000300001&lng=es)
  49. Garzón J, Cascante M. Estudio comparativo de resistencia a la compresión de la resina Filtek P60 3M sometida a calor y presión; estudio in vitro. *Univ Cent Del Ecuador*. 2016;
  50. 3M ESPE. Filtek Z350 XT Restaurador universal. Perfil técnico del producto. 2017.
  51. Ultradent Products. Composite Wetting Resin [Internet]. 2015. Available from: <https://intl.ultradent.com/eu/Dental-Products-Supplies/composites/Composite-Wetting-Resin/Pages/default.aspx>
  52. 3M ESPE. Adper Single Bond 2. 2004. p. 1–26.
  53. Guerrero A, Chumi E. Comparación in vitro de la profundidad de curado de la resina nanohíbrida fotoactivada con luz halógena versus luz led. *Rev Nac Odontol*. 2018;13(26):1–10.
  54. Steenbeker O. Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética y adhesiva. Madrid; 2010.

55. Once D, Vallejo K. Resistencia a la fuerza de compresión: resina nanohíbrida y nanoparticulada. Estudio in vitro. Univ Cent Del Ecuador. 2017;63.
56. Cortés L, María M. Resistencia a compresión de resina P60 modelada con adhesivo y modelador en cavidades clase I molares. Universidad Central del Ecuador. 2017
57. Barcellos D, Pucci C, Carlos G, Goto E, Inocencio A. Effects of resinous monomers used in restorative dental modeling on the cohesive strength of composite resin. *J Adhes Dent* [Internet]. 2008;10(5):351–4. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19058680>
58. De Paula F, De Souza R, Dutra B, Dos Santos M, De Oliveira R, Da Silva A. Effect of instrument lubricants on the surface degree of conversion and crosslinking density of nanocomposites. *J Esthet Restor Dent* [Internet]. 2016 Mar;28(2):85–91. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/jerd.12182>

## 12. ANEXOS

### 12.1 Elección de los materiales de experimentación

Artículo	Año	Revista
Effects of modeling liquid/resin and polishing on the color change of resin composite	2016	Braz. Oral Res
Resistencia a la fuerza de compresión: resina nanohíbrida y nanoparticulada. Estudio in vitro	2017	Universidad Central Del Ecuador
Effect of instrument lubricants on the surface degree of conversion and crosslinking density of nanocomposites	2016	J Esthet Restor Dent
Use of dental adhesives as modeler liquid of resin composites	2016	Dent Mat
Degree of conversion, translucency and intrinsic color stability of composites during surface modeling with lubricants	2018	Brazilian Journal Of Oral Sciences
Translucency and color stability of resin composite and dental adhesives as modeling liquids – a one-year evaluation	2017	Braz. Oral Res
Avaliação da resistência mecânica de resina composta incorporada com líquidos modeladores	2019	
Resistencia cohesiva a través de fuerzas de cizallamiento entre capas de resina microhíbrida usando humectantes resinosos intermediarios	2017	Universidad Central Del Ecuador
Influencia de líquidos modeladores de resina en la microdureza superficial – nanopaticulado	2017	Universidad Central Del Ecuador
Effects of resinous monomers used in restorative dental modeling on the cohesive strength of composite resin	2008	The Journal Of Adhesive Dentistry
Resistencia a la compresión de la resina P60 modelada con adhesivo y modelador en cavidades Clase I Molares	2017	Universidad Central Del Ecuador
Rugosidad de una resina compuesta manipulada con pincel luego de emplear dos sistemas de pulido. Estudio in	2015	Revista Científica Odontológica

## 12.2 Informe de laboratorio LAEV – M21.018 Rev.1



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
MECÁNICA



LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES

F01-PE-LAEV-01 Rev.00

### INFORME

LAEV – M21.018 Rev.1

Quito, 25 de febrero de 2021

**Solicitado por:** UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
**Persona de contacto:** Katherine Luna  
**Teléfono:** 0967343529  
**Correo:** kathylunaverdezoto@gmail.com  
**Fecha de recepción:** 22/02/2021  
**Fecha de ejecución:** 24/02/2021

**ORDEN DE TRABAJO N°:** DM-OT0029-2021

**1. MUESTRAS:** Treinta (30) muestras de resina de nanopartículas para ensayo de compresión.

#### 2. GENERALIDADES E IDENTIFICACIÓN:

La siguiente descripción fue proporcionada por el cliente:

**Proyecto de investigación:** INFLUENCIA DE LOS HUMECTANTES RESINOSOS EN LA RESISTENCIA COMPRESIVA DE LA RESINA DE NANOPARTÍCULAS.

En la tabla 1 se aprecia la identificación del laboratorio asociada a cada grupo de muestras.

Tabla 1. Identificación de las muestras

Identificación LAEV	Grupo (información proporcionada por el cliente)
M21.018.01- M21.018.10	Grupo 1
M21.018.11- M21.018.20	Grupo 2
M21.018.21- M21.018.30	Grupo 3

#### 3. CONDICIONES AMBIENTALES:

Temperatura:  $19,8 \pm 0,9$  °C

Humedad relativa:  $49,7 \pm 2,1$  %



#### 4. ENSAYO DE CARGA

En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de carga para las muestras del grupo 1.

Tabla 2. Resultados del ensayo de carga del grupo 1

Id.	Carga máxima registrada	
	N	lbf
M21.018.01	1 997	449
M21.018.02	2 762	621
M21.018.03	1 681	378
M21.018.04	1 728	389
M21.018.05	1 286	289
M21.018.06	1 733	390
M21.018.07	2 673	601
M21.018.08	1 182	266
M21.018.09	1 560	351
M21.018.10	1 412	317

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de carga para las muestras del grupo 2.

Tabla 3. Resultados del ensayo de carga del grupo 2

Id.	Carga máxima registrada	
	N	lbf
M21.018.11	1 839	413
M21.018.12	1 720	387
M21.018.13	2 008	451
M21.018.14	1 827	411
M21.018.15	1 396	314
M21.018.16	2 018	454
M21.018.17	1 248	281
M21.018.18	1 241	279
M21.018.19	2 159	485
M21.018.20	1 182	266

En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de carga para las muestras del grupo 3.

Tabla 4. Resultados del ensayo de carga del grupo 3

Id.	Carga máxima registrada	
	N	lbf
M21.018.21	1 637	368
M21.018.22	1 276	287
M21.018.23	2 728	613
M21.018.24	2 145	482
M21.018.25	1 621	365
M21.018.26	1 513	340
M21.018.27	1 371	308
M21.018.28	1 191	268
M21.018.29	1 124	253
M21.018.30	1 021	230

**Nota.-** Los resultados contenidos en el presente informe corresponden únicamente a las muestras ensayadas por el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (LAEV). Además, los valores de fuerza que se emiten en el presente documento (y con los que se ha evaluado la conformidad) corresponden a valores corregidos en función del último certificado de calibración del equipo de fuerza y no se ha utilizado el valor de la incertidumbre.

	REVISADO POR:	APROBADO POR:
<b>Firma:</b>	 Firmado electrónicamente por: JONATHAN FERNANDO CASTRO REVELO	WILSON IVAN GUACHAMIN ACERO  Firmado digitalmente por WILSON IVAN GUACHAMIN ACERO Fecha: 2021.02.26 08:49:45 -05'00'
<b>Nombre:</b>	Ing. Jonathan Castro, M.Sc.	Ph.D. Wilson Guachamín
<b>Cargo:</b>	ESPECIALISTA DE LABORATORIO	JEFE
<b>LABORATORIO DE ANALISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES</b>		

## 12.3 Certificado del Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES



Oficio LAEV-002-2021

Quito, 25 de febrero de 2021

Asunto: ENSAYOS EN RESINAS DE NANOPARTÍCULAS

Srta. Katherine Luna  
ESTUDIANTE  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
Presente.-

De mi consideración:

En atención a su solicitud realizada mediante correo electrónico, me permito CERTIFICAR que el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (LAEV) de la Escuela Politécnica Nacional (EPN) realizó treinta (30) ensayos de compresión a los distintos grupos de muestras entregadas. Dichas muestras pertenecieron al estudio titulado: "INFLUENCIA DE LOS HUMECTANTES RESINOSOS EN LA RESISTENCIA COMPRESIVA DE LA RESINA DE NANOPARTÍCULAS".

Los detalles de los grupos de muestras y resultados obtenidos se presentaron en el informe LAEV-M21.018 Rev.1 del 25 de febrero del presente año, bajo orden de trabajo N° DM-OT0029-2021.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

WILSON IVAN  
GUACHAMIN  
ACERO

Firmado digitalmente por WILSON  
IVAN GUACHAMIN ACERO  
Fecha: 2021.02.25 08:48:43 -05'00'

PhD. Wilson Guachamín  
JEFE DE LABORATORIO  
LAEV-EPN

**Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte"**

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 Teléfono: (02) 2976 300 ext. 3715/3716  
Correo electrónico: laev@epn.edu.ec

## 12.4 Ficha de recolección de datos

Grupo 1 (Grupo control)	Dimensiones		Carga máxima registrada (N)	Área transversal de las probetas cilíndricas (mm <sup>2</sup> )	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)
	Diámetro (mm)	Altura (mm)			
M21.018.01	4	4	1 997	12,56637061	158,92
M21.018.02	4	4	2 762	12,56637061	219,79
M21.018.03	4	4	1 681	12,56637061	133,77
M21.018.04	4	4	1 728	12,56637061	137,51
M21.018.05	4	4	1 286	12,56637061	102,34
M21.018.06	4	4	1 733	12,56637061	137,91
M21.018.07	4	4	2 673	12,56637061	212,71
M21.018.08	4	4	1 182	12,56637061	94,06
M21.018.09	4	4	1 560	12,56637061	124,14
M21.018.10	4	4	1 412	12,56637061	112,36

Grupo 2 (Wetting Resin – Ultradent)	Dimensiones		Carga máxima registrada (N)	Área transversal de las probetas cilíndricas (mm <sup>2</sup> )	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)
	Diámetro (mm)	Altura (mm)			
M21.018.11	4	4	1 839	12,5663706	146,34
M21.018.12	4	4	1720	12,5663706	136,87
M21.018.13	4	4	2008	12,5663706	159,79
M21.018.14	4	4	1827	12,5663706	145,39
M21.018.15	4	4	1396	12,5663706	111,09
M21.018.16	4	4	2 018	12,5663706	160,59
M21.018.17	4	4	1 248	12,5663706	99,31
M21.018.18	4	4	1 241	12,5663706	98,76
M21.018.19	4	4	2 159	12,5663706	171,81
M21.018.20	4	4	1 182	12,5663706	94,06

<b>Grupo 3 (Adper Single Bond 2 – 3M ESPE)</b>	<b>Dimensiones</b>		<b>Carga máxima registrada (N)</b>	<b>Área transversal de las probetas cilíndricas (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo máximo de compresión (MPa)</b>
	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Altura (mm)</b>			
M21.018.21	4	4	1637	12,5663706	130,27
M21.018.22	4	4	1276	12,5663706	101,54
M21.018.23	4	4	2728	12,5663706	217,09
M21.018.24	4	4	2145	12,5663706	170,69
M21.018.25	4	4	1621	12,5663706	128,99
M21.018.26	4	4	1513	12,5663706	120,40
M21.018.27	4	4	1371	12,5663706	109,10
M21.018.28	4	4	1191	12,5663706	94,78
M21.018.29	4	4	1124	12,5663706	89,45
M21.018.30	4	4	1021	12,5663706	81,25