



FACULTAD DE POSGRADOS

“ COMPARACIÓN IN VITRO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
DE UNA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA CONVENCIONAL Y UNA  
BULK.”

AUTOR

ELIZABETH PAULINA REINOSO TOLEDO

AÑO

2020



FACULTAD DE POSGRADOS

“COMPARACIÓN IN VITRO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
UNA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA CONVENCIONAL Y UNA BULK.”

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Especialista Médico en Rehabilitación  
Oral.

Profesor Guía  
Dra. Eliana Aldas.

Autora  
Elizabeth Paulina Reinoso Toledo.

Año  
2020

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Comparación in vitro de la resistencia a la compresión de una resina compuesta Nanohíbrida convencional y una Bulk, a través de reuniones periódicas con el estudiante Elizabeth Paulina Reinoso Toledo, en el semestre 2019-2 orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Eliana Aldas F.', written over a horizontal line.

Dra. Eliana Aldas F.

C.I. 1713108866

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Comparación in vitro de la resistencia a la compresión de una resina compuesta Nanohíbrida convencional y una Bulk, de la estudiante Elizabeth Paulina Reinoso Toledo, en el semestre 2019-2 dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



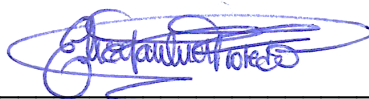
---

Dra. María Fernando Larco

C.I. 1708675911

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”



---

Elizabeth Reinoso

C.I. 1722669668

## AGRADECIMIENTOS

*Un agradecimiento infinito a ti Madre, por todo el amor, la confianza y el apoyo que siempre he recibido de tu parte, a cada uno de los maestros de la Facultad, que durante este periodo han sabido con sus conocimientos, conducirnos por el mejor camino, a usted Dra. Eliana Aldas, por su guía en la realización de este trabajo.*

*A cada una de las personas que han colaborado a lo largo de este trayecto haciéndolo más llevadero, y a quien me impulso y apoyo para tomar este reto, que hoy concluye, sin ese aliento no estuviera hoy aquí. Lo logramos!*

*Elizabeth Reinoso.*

## DEDICATORIA

*La culminación de este sueño, y mi vida entera, esta dedicado a mi madre, por ser un pilar fundamental de mi vida, por todo ese amor demostrado siempre, por esos consejos en el momento justo, por su apoyo incondicional, por no permitirme renunciar en ningún momento; a mi hermana, por todo esa ayuda brindada siempre que la necesité; a ti Laila Camila que solo con existir iluminas cada uno de mis días; infinitas gracias por ser parte de mi vida, este triunfo es “suyo”*

## RESUMEN

**Introducción:** Un diente cariado o con reducida estructura dental puede volverse frágil o propenso a fracturas, por lo que necesita recibir un material restaurador, los dientes que no reciben una restauración muestran menor resistencia a fractura entre 2.5 a 3.0 veces; la estabilidad mecánica del material restaurador es uno de los requisitos previos para el éxito clínico a largo plazo de la restauración, los dientes se someten a una multitud de interacciones mecánicas y químicas en la cavidad oral, si la carga mecánica provocada supera la capacidad inherente del material de resistir las fuerzas producidas, pueden aparecer grietas y fracturas en la resina.

**Objetivo:** Comparar la resistencia a la compresión entre una resina compuesta nanohíbrida convencional y una bulk.

**Materiales y Métodos:** Se prepararon un total de 20 muestras (8mm de altura, 4 mm de diámetro); la mitad de resina Nanohíbrida Z350<sup>XT</sup> (3M ESPE) utilizando incrementos de hasta 2,0 mm de espesor y la otra mitad de resina Filtek Bulk Fill (3M ESPE) utilizando incrementos de 4mm. de espesor. Las muestras se almacenaron a 37 grados centígrados en agua destilada durante 24 horas; después se procedió a realizar el ensayo de compresión en la máquina universal de pruebas MTS JJ MACHINE TYPE T5002 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; se cargó las muestras a una velocidad de cruceta de 0,5cm/min. Los valores obtenidos de la máquina fueron la carga máxima soportada expresados en Newtons, registrados en una ficha de recolección de datos; con estos se realizó el cálculo de la resistencia compresiva expresada en Mpa.

**Resultados:** La media de la resistencia compresiva de la resina Z350<sup>XT</sup> fue de 240,70 Mpa, con una desviación estándar de 6,95 Mpa y de la Bulk Fill de 242,70 Mpa, con una desviación estándar de 7,51 Mpa. Las medias de las muestras son similares, no se tienen diferencias significativas entre los grupos de estudio.

**Conclusiones:** La resistencia compresiva de la resina compuesta nanohíbrida convencional (Z350<sup>XT</sup>) y bulk es similar entre sí, no presenta diferencias estadísticas.



## ABSTRACT

**Introduction:** A decayed tooth or tooth with reduced dental structure can become fragile or prone to fractures, so it needs to receive a restorative material, teeth that do not receive a restoration show less fracture resistance between 2.5 to 3.0 times; The mechanical stability of the restorative material is one of the prerequisites for the long-term clinical success of the restoration, teeth undergo a multitude of mechanical and chemical interactions in the oral cavity, if the mechanical load caused exceeds the inherent capacity of the Material to resist the forces produced, cracks and fractures may appear in the resin.

**Materials and Methods:** A total of 20 samples (8mm high, 4mm diameter), half of Nanohybrid Z350<sup>XT</sup> resin (3M ESPE) were prepared using increments up to 2.0mm thick; and the other half of Bulk fill resin (3M ESPE) using 4mm increments of thickness, the samples were stored at 37 degrees Celsius, in distilled water for 24 hours, then the compression test was carried out in the universal testing machine MTS JJ MACHINE TYPE T5002 from the University of the Armed Forces ESPE, the samples were loaded at a crosshead speed of 0.5cm / min, the values obtained from the machine were the maximum load supported expressed in Newtons, recorded in a data collection, with these the calculation of the compressive resistance expressed in Mpa was performed.

**Results:** The mean compressive strength of the Z350<sup>XT</sup> resin was 240.70 MPa, with a standard deviation of 6.95 MPa and the Bulk Fill of 242.70 MPa, with a standard deviation of 7.51 MPa. The sample means are similar, there are no significant differences between the study groups.

**Conclusions:** The compressive strength of the conventional nanohybrid composite resin (Z350<sup>XT</sup>) and bulk are similar to each other, there are no statistical differences.

## ÍNDICE

1.	Capítulo I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Planteamiento del problema.....	1
1.2.	Justificación.....	5
2.	Capítulo II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1.	Resina Compuesta.....	6
2.1.1.	Definición.....	6
2.1.2.	Evolución.....	7
2.1.3.	Componentes de las Resinas Compuestas.....	8
2.1.4.	Propiedades Físicas de las Resinas Compuestas.....	12
2.1.5.	Resina Nanohíbrida.....	16
2.1.6.	Resina Bulk Fill.....	18
2.2.	Resistencia compresiva.....	19
2.2.1.	Cálculo de la Resistencia Compresiva.....	20
2.2.2.	Caracterización Mecánica en Materiales Dentales.....	21
2.2.3.	Estudios de Compresión en Resina Compuesta.....	21
3.	Capítulo III: OBJETIVOS.....	23
3.1.	Objetivo General: .....	23
3.2.	Objetivo Específico:.....	23
3.3.	Formulación De Hipótesis.....	23
4.	Capítulo IV: METODOLOGÍA.....	24
4.1.	Diseño Metodológico.....	24
4.2.	Diseño Muestral .....	24
4.2.1.	Universo de la Muestra:.....	24
4.2.2.	Muestra: .....	24

4.3.	Criterios de Inclusión y Exclusión:	25
4.3.1.	Criterios de Inclusión:	25
4.3.2.	Criterios de Exclusión:	25
4.4.	Técnica de Recolección de Datos.	25
4.5.	Diseño Experimental:	27
4.6.	Variables: Definición Conceptual y Operacionalización.	28
4.6.1.	Tabla 1.	28
5.	CAPITULO V: RESULTADOS.	29
5.1.	Análisis de Resultados.	29
5.1.1.	Tabla 2.	29
5.1.2.	Gráfico 1.	30
5.1.3.	Gráfico 2.	31
5.1.4.	Tabla 3.	32
5.1.5.	Gráfico 3.	32
6.	Capítulo VI: DISCUSIÓN.	33
7.	Capítulo VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	36
7.1.	Conclusiones:	36
7.2.	Recomendaciones.	37
	REFERENCIAS.	38
	ANEXOS	45

## 1. Capítulo I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema.

Los dientes tienen una estructura notable y jerárquicamente organizada, considerando su composición y formación; los dientes muestran propiedades mecánicas envidiables en términos de su resistencia al daño bajo la complicada carga asociada con la oclusión y masticación de alimentos, pero la degeneración dental puede ser causada por diferentes factores como la caries que pueden afectar el esmalte, la dentina y la pulpa dental, causando una cavitación; por estas razones, contar con materiales ideales y de mayor duración es de suma importancia al restaurar estas cavidades. (Lerech, Tarón, Dunoyer, Arrieta, & Caballero, 2017 pp. 108)

Un diente cariado o con reducida estructura dental puede volverse frágil o propenso a fracturas, por lo que necesita recibir un material restaurador. Los dientes que no reciben una restauración muestran menor resistencia a fractura entre 2.5 a 3.0 veces, que los dientes restaurados; estos datos sugieren que los materiales restauradores mejoran la biomecánica de un diente cavitado, esto se debe a la mejor distribución de las fuerzas oclusales, que no solo recaerán sobre el sustrato dental sino también sobre el material restaurador. (De Lacerda et al., 2019 pp. 215-216) Niveles bajos de resistencia compresiva en el material pueden conducir a fallas en la restauración, como: bordes delgados, rotos o agrietados, aparición de microfisuras que pueden causar caries secundarias y sensibilidad dental posoperatoria. (Aryanto, Armilia, & Aripin, 2013 pp.102)

Los biomateriales dentales se han desarrollado para que coincidan con las propiedades mecánicas de los dientes naturales, para de esta manera reducir la tasa de falla de estos. Esto se debe a que cuanto más similares sean las propiedades mecánicas de los materiales restauradores a la de los tejidos dentales, el resultado será una concentración de estrés significativamente menor

en la interfaz entre los dientes y la restauración que conduce a una tasa de falla más baja. ( Wang, X et al., 2020 pp. 367)

La estabilidad mecánica de los materiales dentales directos es uno de los requisitos clínicos previos para su éxito a largo plazo. Debido a la masticación durante el consumo de alimentos, bruxismo inconsciente en la noche o durante el día, los dientes se someten a una multitud de interacciones mecánicas y químicas en la cavidad oral, si la carga mecánica provocada por estos procesos supera la capacidad inherente del material para resistir las fuerzas oclusales producidas, pueden aparecer grietas y fracturas en la resina. (Heintze et al., 2017 pp. 102-103)

En la actualidad el material restaurador de primera elección es la resina compuesta, esto se debe al perfeccionamiento constante de sus propiedades físicas y mecánicas, provocado principalmente por cambios en tamaño y la distribución de su parte inorgánica, que resulta en materiales que se pulen fácilmente, presentan mayor resistencia compresiva de las fuerzas masticatorias, mejoran la adaptación y el sellado marginal. (Nova et al., 2011pp. 37-38) Estas propiedades están relacionadas entre sí, por ejemplo: la resistencia compresiva y la tracción, influyen directamente en la falla de la restauración, durante la masticación, los materiales restauradores están expuestos a fatiga constante. (Moezzyzadeh, 2012 pp.24)

Si bien es cierto ha habido avances en los compuestos dentales en los últimos tiempos, aún quedan numerosos desafíos para lograr la formulación óptima de estos compuestos. La resina debe soportar ambientes hostiles, que difieren entre pacientes, en cuanto a hábitos oclusales, fuerzas masticatorias, alimentos abrasivos, cambios de temperatura, bacterias y enzimas salivales. La vida útil de una restauración de resina compuesta depende en gran medida de estos factores, pero no es solo el ambiente intraoral, que interviene en su longevidad; la densidad de reticulación, la porosidad y la hidrofilia de la red, junto con la

calidad de la matriz y la naturaleza del sistema de relleno son factores sustanciales.(Alshabib, Silikas, & Watts, 2019 PP. 1195, 1201)

De 800 millones de restauraciones de resina, colocadas en el mundo en 2015, aproximadamente el 80% fueron en dientes posteriores, la tasa general de fracaso clínico en este sector fue de un 13.13%, y al menos 32 millones de restauraciones, necesitarán repararse o reemplazarse debido a fracturas en un tiempo máximo de 10 años, es decir para el 2025. Esto sugiere la necesidad de una mejora continua de las resinas compuestas y sus propiedades mecánicas. (Heintze et al., 2017 pp.102-103)

Como se mencionó, las tensiones de compresión contribuyen al fracaso de la restauración, a través de las fuerzas masticatorias; aunque se desconoce un valor crítico exacto de éstas, el valor mínimo necesario para resistir las fuerzas masticatorias en los dientes posteriores es de 125 Mpa. (Pereira et al., 2002), es por esto, es importante restaurar los dientes con materiales que puedan manejar estos valores de presión. Los compuestos híbridos han mostrado propiedades mecánicas y físicas favorables, sin embargo, con los avances en el campo de la nanotecnología, se ha introducido en el mercado de materiales dentales, un nuevo tipo de resina compuesta llamada Nanohíbrida.(Moezzyzadeh, 2012 pp. 24)

La resina nanohíbrida es un material que posee partículas nanométricas junto con partículas micrométricas en su estructura. Esta composición ayuda a este material en muchas de sus propiedades mecánicas: resistencia compresiva, estabilidad dimensional, sorción y solubilidad en agua, propiedades estéticas, resistencia al desgaste, capacidad y retención de pulido durante el uso.(Tǎlu et al., 2015 pp. 21), sin embargo; cabe considerar ciertos inconvenientes que se presentan con la utilización de esta resina, como la necesidad de una técnica incremental de 2mm provocando huecos que alojan burbujas de aire durante la inserción incremental que compromete la integridad de la restauración,

causando fracturas marginales y sensibilidad postoperatoria. (Lins et al., 2019 pp. 257)

Como las resinas compuestas convencionales necesitan colocarse en capas de 2 mm, el tiempo de aplicación puede prolongarse, se ha venido realizando cambios en las formulaciones y propiedades de polimerización de los compuestos de estas resinas; se han introducido resinas de relleno a granel, se pueden insertar hasta 4–6 mm, exhibiendo un bajo estrés de contracción y un alto grado de polimerización a estas profundidades, debido al aumento en la estructura translúcida y la presencia de moduladores de polimerización, que presentan este tipo de resinas bulk o llamadas también a granel. (Bilgili, Dündar, Barutçugil, Tayfun, & Özyurt, 2020 pp. 2)

La resina bulk fue diseñada para permitir realizar incrementos del doble de tamaño, en comparación con la resina convencional (2mm), sin aumentar con esto, la contracción de polimerización, esto se logra gracias a algunas estrategias diferentes; como el desarrollo de un material más translúcido, el uso de concentraciones de relleno más bajas, lo que facilita la penetración de la luz a mayores profundidades; y el uso de sistemas de fotoactivación más eficientes. (Boaro et al., 2019 pp. 250)

La contracción volumétrica en los materiales compuestos de resina a base de metacrilato, es inevitablemente generado durante la polimerización debido a la reducción de la distancia entre monómeros a medida que las fuerzas débiles de van der Waals entre monómeros se convierten en enlaces covalentes; la tensión de contracción es el resultado de la contracción de la polimerización, causado por la unión de incrementos de resina a la cavidad. La magnitud del estrés y su distribución se ve afectada por la composición de la matriz, el volumen, la configuración (factor C) y la conformación de la cavidad. Estas tensiones pueden afectar la interfaz adhesiva entre el diente y restauración y generar problemas clínicos. (Hayashi et al., 2019 pp. 586)

Los problemas que resultan de la contracción de polimerización son una consideración importante en el fracaso de las restauraciones de resina compuesta nanohíbrida, esta contracción puede conducir a fisuras internas y marginales, microfiltración y microfisuras de la estructura dental debido a una deflexión cuspídea, (Tsujiimoto et al., 2018 pp. 111-112) es decir, son propensas a fracturarse; lo que también puede ocurrir debido a la fatiga por una carga masticatoria repetida.(Ajaj-ALKordy & Alsaadi, 2014 pp. 15-16).

## **1.2. Justificación.**

Actualmente, las fuerzas oclusales que provocan fracturas en la resina compuesta, son una problemática cada vez mayor en nuestro medio. Este proceso ocurre con mayor frecuencia en el sector posterior, por las fuerzas de compresión que ocurren durante la masticación y que oscilan entre 200 y 3500N.

La técnica incremental de 2mm. es usada para solucionar problemas de polimerización y el estrés por contracción: esta técnica puede mejorar la manipulación de la resina, para así asegurar que se adapte de mejor manera la cavidad y en especial a sus márgenes, por otro lado, la resina compuesta Bulk Fill, ofrece ventajas como una reducción a la mitad del período de trabajo empleado, realizando un incremento de 4mm, con un solo tiempo de polimerización.

Consecuentemente a esto, la presente investigación tiene como finalidad: comparar en un estudio invitro la resistencia a la compresión de la resina nanohíbrida convencional y la resina bulk; para determinar cual es la resistencia compresiva que puede soportar durante el proceso de masticación una pieza dental restaurada con cada una de estas resinas, disminuyendo la posibilidad de fracturas del material, dicho en otras palabras, tratar de asegurar la longevidad de la restauración bajo condiciones clínicas simuladas.



## **2. Capítulo II. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1. Resina Compuesta.**

Las propiedades físicas mejoradas de los compuestos de resina, junto con su estética positiva la han convertido en el material directo utilizado con mayor frecuencia para restaurar los dientes posteriores y anteriores. Los compuestos de resina deben soportar ambientes hostiles, esto difiere entre pacientes, en cuanto a hábitos oclusales, fuerzas masticatorias, alimentos abrasivos, cambios de temperatura, bacterias y enzimas salivales; la vida útil de la restauración de resina compuesta depende en gran medida de estos factores, pero no solo el ambiente intraoral impacta su longevidad; la naturaleza de la resina compuesta, en sí, también tiene un efecto. (Alshabib et al., 2019 pp. 1195-1196)

Los compuestos de resina convencionales poseen una limitada profundidad de polimerización; debe ser aplicada únicamente en pequeños incrementos, con un espesor máximo de 2mm. aumentando con esto el tiempo de realización de la restauración. Sin embargo, cabe mencionar que esta técnica incremental, tiene ventajas sobre el estrés que se presenta por la contracción volumétrica que manifiestan todos los compuestos de metacrilato, mejora el control de contracción de polimerización; pero a la vez ocurren consecuencias nefastas en la restauración, como son: fracturas, sensibilidad posoperatoria y filtración en los márgenes, afectando la calidad de la restauración en general. (De Lacerda et al., 2019 pp. 215-216)

#### **2.1.1. Definición.**

Miletic (2017 pp. 3) define al término “composite dental” como un material compuesto por al menos dos componentes distintos insolubles entre sí, que producen un material con características diferentes y a menudo mejores que los componentes solos; tres son los componentes principales de las resinas dentales son (1) la matriz orgánica en la que se distribuyen (2) partículas de

relleno inorgánico y (3) el agente de acoplamiento el silano, que recubre las partículas de relleno para unirlo químicamente a la matriz; el compuesto dental de resina contiene otros ingredientes importantes, como iniciadores para la aparición de inhibidores de la reacción de polimerización que previenen la polimerización espontánea, y pigmentos para una gama de colores que coincida con los dientes naturales.

### **2.1.2. Evolución.**

Cuando Buonocore en 1955 incrementa la adhesión de las resinas acrílicas con la utilización de ácido ortofosfórico en el esmalte dental, aparece la resina compuesta; por la necesidad de corregir las fallas que presentaban las resinas de ese entonces; que se las venía utilizando 15 años atrás, en reemplazo de los cementos de silicato, que fueron los únicos materiales estéticos de esa época. Las ventajas de estos materiales incluyen una apariencia similar al diente, insolubilidad en fluidos orales, facilidad de manipulación y menor costo; sin embargo, estos materiales no pudieron cumplir los requisitos de materiales restauradores a medida que se encogían severamente durante la polimerización, lo que conducía a fugas marginales. (Ravi, Alla, Shamma, & Devarhubli, 2013 pp. 112)

En 1962 Bowen desarrolló la molécula de BISGMA, para con esto perfeccionar las propiedades de las resinas de ese entonces; estas resinas que eran de fraguado químico, mostraban una serie de inconvenientes derivados de esta propiedad, como por ejemplo la proporción, mezcla y estabilidad de color. Ya en 1970 aparecen resinas que admiten dejar de lado los inconvenientes de mezclado y permiten ser polimerizados con radiación electromagnética, pero debido a su escasa capacidad de penetración, lentitud de fotoactivación y riesgo de lesión ocular ante exposiciones prolongadas fue rápidamente reemplazada, así pues, desde mediados de los 80 y mitad de los 90, la principal fuente de iluminación fue la lámpara halógena; siguiendo la línea del tiempo aparecen las lámparas de arco plásmico y las lámparas laser, actualmente sustituidas ya

por la luz led (427-491nm). (Hervás García, Martínez Lozano, Cabanes, Barjau Escribano, & Fos Galve, 2006 pp. 215- 219)

Hoy en día el intenso interés en el uso de nano materiales, surge de la idea de que pueden usarse para manipular la estructura de los materiales, para proporcionar mejoras dramáticas en las propiedades químicas, mecánicas y ópticas; las nanopartículas se pueden aprovechar en diversas áreas, por ejemplo, en dispersión de la luz; cuando una partícula se reduce a una fracción de la longitud de onda de la luz visible (0.4-0.8  $\mu\text{m}$ ), permitirá no dispersar esa luz en particular, lo que resulta en la incapacidad del ojo humano para detectar las partículas. Esto tiene enormes implicaciones para las propiedades ópticas de los materiales dentales. (Mitra, Wu, & Holmes, 2003 pp. 1383-1384)

Una de las contribuciones más significativas a la odontología, ha sido el desarrollo de resinas nanotecnología compuesta. Los compuestos adheridos adhesivamente tienen la ventaja de conservar un diente sano, mientras que al mismo tiempo proporciona una restauración cosméticamente aceptable. Con los compuestos de nanopartícula se ha logrado desarrollar un material de relleno dental, que puede usarse en todas las áreas de la boca con alto pulido inicial y gran adhesión (características de microfillers), así como excelentes propiedades mecánicas para soportar grandes esfuerzos de la carga masticatoria (típicas de los compuestos híbridos). (Mitra et al., 2003 pp.1383-1385)

### **2.1.3. Componentes de las Resinas Compuestas.**

Generalmente, las resinas dentales consisten en tres componentes clave, químicamente diferente:

Una matriz inorgánica: partículas de relleno (sílice, circonia, óxido de titanio, bario, vidrio de silicato, etc.); un agente de unión entre el relleno cuya composición es por un extremo grupos silánicos y por el otro extremo grupos metacrilatos y una matriz orgánica. (Hervás García et al., 2006 pp. 215-219)

Lien & Vandewalle (2010 pp. 338-340) concuerdan en que la formulación de compuestos a base de metacrilato generalmente abarca tres componentes principales: una matriz orgánica; los rellenos inorgánicos, que se crean típicamente a partir de derivados de silicio y consisten en partículas como vidrio, cuarzo, dióxido de silicio pirogénico y sílice coloidal y por último un agente de unión, que se usa para acoplar la carga inorgánica al polímero de resina orgánica, mejorando las propiedades mecánicas de la matriz y facilita la transferencia de tensión al formar un material unitario.

### **2.2.3.1 Matriz Orgánica.**

La matriz orgánica generalmente contiene 2,2-bis [4-(2-hidroxi-3-metacrililoiloxi propoxi)fenil] propano (Bis-GMA), como resina base y dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA), como diluyente. El 1,6-bis(metacriloxi-2-etoxicarbonilamino)-2,4,4-trimetilhexano (UDMA) también se usa como resina base. El Bis-GMA es el más utilizado, gracias a su baja contracción volumétrica, y sus buenas propiedades mecánicas (Pérez-Mondragón et al., 2020 pp. 542-544). Una desventaja de Bis-GMA es su alta viscosidad causada por enlaces de hidrógeno entre grupos hidroxilo, que necesitan un monómero diluyente, como el TEGDMA, que reduce la viscosidad de la resina compuesta a pesar de que esta inclusión aumenta la cantidad de sorción de agua. (Kim, Kim, Kim, Cho, & Kim, 2006 pp. 155-156)

Otra cuestión importante de la fase de monómero es que sufre contracción de polimerización; esta surge de dos factores diferentes: la distancia de van der Waals entre las moléculas de monómero se reemplaza por un enlace covalente durante la polimerización, y la distancia intermolecular entre las cadenas de polímero se vuelve menor que la existente entre los monómeros. La contracción se puede reducir utilizando monómeros de gran volumen molar, como Bis-GMA, y mediante la inclusión de cargas inorgánicas. El monómero diluyente aumentará la contracción porque su volumen es más bajo que el de Bis-GMA; por lo tanto, la viscosidad de la resina base debe ser lo más baja posible para fabricar resina

compuesta con un contenido mínimo de diluyente y un contenido máximo de cargas inorgánicas.(Kim et al., 2006 pp. 155-156)

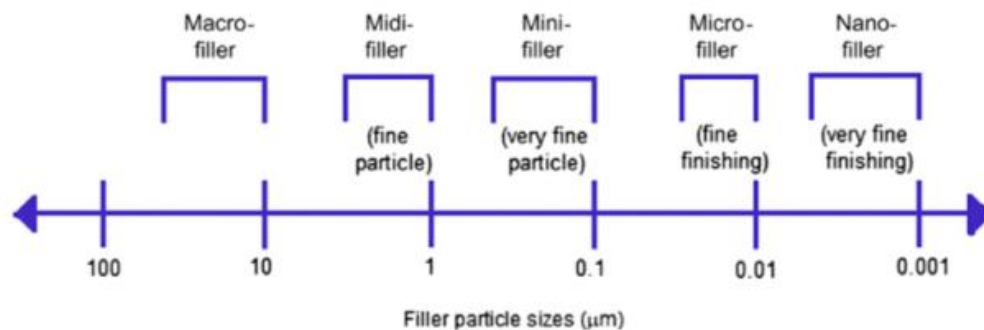
### **2.2.3.2 Relleno Inorgánico.**

Las propiedades mecánicas de las resinas compuestas muestran una relación significativa con su porción de relleno; por lo tanto, cuanto mayor volumen de relleno, mayor será la dureza, resistencia compresiva y resistencia contra fracturas. (Nugroho et al., 2017 pp. 184) Para mejorar el promedio de vida clínica de las restauraciones, se deben maximizar sus propiedades mecánicas como su resistencia compresiva; teniendo por otro lado, que los valores de rigidez y la dureza, deben ser algo más bajos, para evitar desgastes excesivos de antagonistas; uno de los principales problemas de las propiedades de la resina es la contracción de polimerización, puesto que provoca espacios y filtraciones marginales. (Braem, Finger, Doren, Lambrechts, & Vanherle, 1989 pp. 347)

Como se mencionó la relación del relleno con las propiedades de la resina es fundamental, y otra forma de mejorarlas es reduciendo el tamaño de las partículas de relleno. Los compuestos de resina que contienen cargas manométricas pueden ofrecer mejor acabado y el pulido, que son importantes no solo para la estética, sino también por la longevidad de la restauración y la salud gingival del paciente, debido a que la textura superficial de los compuestos de resina influye en acumulación de placa, que puede conducir a inflamación gingival y periodontal, existe una correlación directa entre rugosidad de la superficie y acumulación de placa; si la rugosidad aumenta, el depósito de placa también aumenta. (Elbishari, Silikas, & Satterthwaite, 2020 pp. 1)

La gran mayoría de los sistemas restauradores a base de metacrilato consisten en una mezcla de rellenos de tamaño micro o nano con partículas de relleno de silicato o circonia más grandes, por lo que se clasifican como resina compuesta híbrida, microhíbrida o nanohíbrida. Los compuestos híbridos generalmente contienen una mezcla de macropartículas (10  $\mu\text{m}$ ) y partículas micrométricas

(0.01–0.01 $\mu\text{m}$ ); los microhíbridos combinan partículas de relleno más pequeñas (0.1–1 $\mu\text{m}$ ) con las partículas micrométricas; los nanohíbridos combinan partículas nanométricas (0.001 $\mu\text{m}$ ) (Fig. 1) y pequeñas partículas de relleno, similares a los microhíbridos y finalmente, los nanocompuestos utilizan partículas de tamaño nano en toda la matriz. (Lien & Vandewalle, 2010 pp. 338-340)



*Figura 1.* Clasificación de partículas de acuerdo a su tamaño.

Tomado de: Santulli (2019 pp. 280)

Los nanofillers son muy diferentes de los rellenos tradicionales y requieren un de una fabricación compleja, se trata de hacer partículas de relleno mecánicamente fuertes (macrofillers) que se elaboran a partir de partículas grandes (cuarzo, vidrio fundido, cerámica) triturados en partículas pequeñas. Sin embargo, estos procedimientos de fresado generalmente no pueden reducir el tamaño de la partícula por debajo de 100nm (1nm=1/1,000  $\mu\text{m}$ ); para sortear este obstáculo, se utiliza procesos químicos sintéticos, para producir bloques de construcción en una escala molecular. Luego se ensambla estos materiales en estructuras progresivamente más grandes y transformadas en rellenos nanoparticulados adecuados para un compuesto dental. (Mitra et al., 2003 pp. 1384)

Los nanocompuestos de resina presentan ventajas por su alto contenido de relleno, que da como resultado una menor contracción de polimerización debido a una matriz de resina menos disponible, mejores propiedades mecánicas y translucidez. El desarrollo de nuevos protocolos de curado es otro enfoque para reducir la contracción de polimerización, que se produce en las restauraciones de resina compuesta. Las técnicas de iluminación de luz variable (inicio suave y

curado en rampa), técnicas de colocación incremental y el uso de capas intermedias han sido probados por su viabilidad para reducir la contracción de la polimerización durante la restauración. (Park et al., 2014 pp. 104-107)

#### **2.1.4. Propiedades Físicas de las Resinas Compuestas.**

##### ***2.1.4.1. Variación Dimensional Térmica.***

Metalwala et al, en 2018 (pp. 2-4) menciona que la variación dimensional térmica es el cambio de la dimensión de un material cuando la temperatura del mismo varia. Cuando se calienta, la resina exhibe una viscosidad más baja debido a fuerzas vibracionales térmicas que permiten a los monómeros la libertad de moverse más fácilmente; los beneficios de una viscosidad reducida (es decir, un flujo aumentado) incluyen una adaptación marginal mejorada y disminución de la microfiltración, el aumento de la movilidad resultante de monómeros y radicales permite la formación de redes de polímeros altamente reticulados; de este modo, los compuestos precalentados se asocian con un mayor grado de conversión; además, el precalentamiento permite mejorar la profundidad y calidad de la de polimerización, siendo el resultado final una restauración con mejores características mecánicas y físicas.

##### ***2.1.4.2. Expansión Térmica.***

Si se elige que el relleno de la resina tenga un coeficiente de expansión térmica inferior al de la matriz, experimentalmente, se encuentra que esta relación no es la de una línea recta, como podría esperarse sobre la base de un efecto aritmético medio (Fig. 2). El comportamiento observado indica una mayor efectividad para la adición del relleno de lo que sugeriría su fracción de volumen. La explicación de esto se puede encontrar en la interacción mecánica de los dos componentes. (Darvell, 2018 pp. 148)

Nascimento et al., (2019 pp.1-2) tuvo como objetivo evaluar el grado de conversión (DC) y la estabilidad térmica de las resinas compuestas convencionales y de relleno a granel. Se prepararon once muestras de resina compuesta para evaluar la microdureza de Vickers (VMH), la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ), y el coeficiente lineal de expansión térmica (CTE). Los datos fueron sometidos a análisis estadísticos, con un nivel de significación del 95%. DC y VMH no fueron influenciados por el lado polimerizado de la muestra, y las diferencias estadísticas se registraron solo entre los materiales. Los valores de  $T_g$  fueron similares entre los compuestos, sin diferencias significativas, y el CTE varió de 10.5 a 37.1, sin diferencias estadísticas entre los materiales.

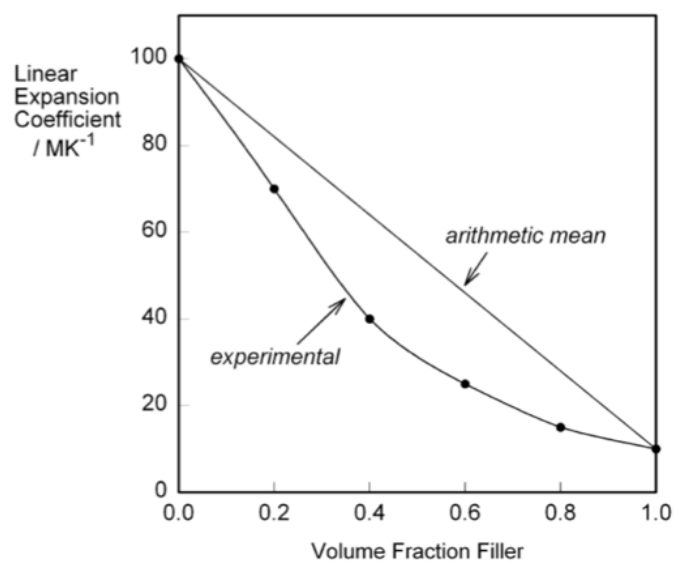


Figura 2. Variación del coeficiente de Expansión Térmica.

Tomado de Darvell (2018 pp. 148)

#### 2.1.4.3. Contracción de Polimerización.

En un material con relleno, si bien la matriz todavía es relativamente plástica y no está suficientemente reticulada, el flujo viscoso permitiría aliviar las tensiones que causa esta contracción. Sin embargo, en algún momento, la viscosidad será lo suficientemente alta como para que esto no pueda suceder lo suficientemente rápido. Las tensiones de tracción hidrostática comienzan a desarrollarse dentro



de la matriz, aumentando a medida que avanza la reacción, con reticulación y aumento de la viscosidad, hasta que la reacción y el flujo se detienen efectivamente. (Darvell, 2018 pp. 150-151)

El sistema se describe como estrés congelado. En estas condiciones y suponiendo que la velocidad de reacción ha sido uniforme en todo el volumen del material, el sistema parece haberse enfriado: el volumen de la matriz, en equilibrio, habría disminuido, pero la presencia del relleno ha evitado esto. La matriz está por lo tanto en tensión; la temperatura del material completamente fraguado se debe elevar en una cantidad suficiente para reducir estas tensiones hasta cero, antes de que el calentamiento adicional haga que las tensiones de la interfaz cambien de tensión a compresión. (Darvell, 2018 pp.151). En la figura 4 se describe los factores de los que depende el grado de conversión de la resina. (Hervás García et al., 2006 pp. 218)

Factor	Repercusión clínica
<b>Tiempo de polimerización</b>	Depende de: Color del composite, potencia de la lámpara, profundidad de la cavidad, espesor de la capa, estructuras dentales interpuestas, cantidad de relleno del composite
<b>Color del composite</b>	Los tonos más oscuros requieren mayor tiempo de polimerización (60 segundos a profundidad máxima de 0,5mm).
<b>Temperatura</b>	El composite a temperatura ambiente polimeriza en menos tiempo y con mayor rapidez.
<b>Espesor de la capa de composite</b>	Se recomienda no polimerizar capas mayores de 2 mm de espesor.
<b>Tipo de relleno</b>	Los composites microfinos polimerizan peor que los de mayor carga.
<b>Distancia entre foco de luz y composite</b>	Distancia óptima: <1 mm, con la luz perpendicular al material.
<b>Calidad del foco de iluminación</b>	Longitud de onda entre 400 y 500 nm. La intensidad de la luz debe ser igual o mayor de 600 mW/cm <sup>2</sup> para asegurar un mínimo de 400 en el primer incremento de composite en cavidades posteriores.
<b>Contracción de polimerización</b>	Depende de la cantidad de fase orgánica.

*Figura 3.* Factores que influyen en la reacción de polimerización de la resina compuesta.

Tomado de Hervás García et al., 2006 pp. 218.

#### **2.1.4.4. Profundidad de curado.**

La profundidad de curado es la irradiación en la superficie inferior de cada una de las capas incrementales de una restauración de resina. La absorción y

dispersión dentro del material son considerados como los principales factores asociados con la atenuación de la luz, aparte de la reflexión desde la superficie de la restauración, ya que esto depende de la formulación del material y también del tamaño de relleno, el tipo y contenido del material influyen directamente en la irradiación de la luz. Sin embargo, a pesar de estas diferencias, se recomienda un espesor incremental de 2mm para los compuestos de resina compuesta, como mínimo se aconseja una radiación de 280 mW / cm<sup>2</sup>; en casos de resina bulk, los incrementos pueden llegar de hasta 5 mm y la radiación será la recomendada por el fabricante. (Musanje & Darvell, 2006 pp. 804-808)

#### **2.1.4.5. Sorción de Agua**

La sorción de agua y el tiempo de exposición los medios acuosos pueden afectar la resistencia al desgaste, microdureza, estabilidad dimensional, color, resistencia a la fractura y su resistencia compresiva. El material puede ser degradado por ciertos productos químicos introducidos en el medio oral, alimentos, bebidas y subproductos de bacterias acidogénicas debajo de los márgenes de restauración. Se ha demostrado que la aceleración de los procesos de degradación envejecen los materiales por inmersión en solventes que simulan el ambiente oral, ya que si un solvente y una sustancia comparten una polaridad similar, resultarán en una tendencia a la solubilidad mutua o al menos a ablandarse. Es decir, la sorción afecta la longevidad y el rendimiento de las restauraciones de resina compuesta. (Alshabib et al., 2019 pp. 1195-1197)

#### **2.1.4.6. Viscosidad**

La viscosidad de la resina compuesta está determinada por la composición de la matriz orgánica y la cantidad relativa de cargas inorgánicas del material, esta propiedad puede influir fuertemente en muchos aspectos de sus características de manejo, como puede ser, la facilidad de colocación, la capacidad de forma, la adaptación al sustrato dental, la adherencia y la resistencia al hundimiento, además, la viscosidad juega un papel aún más complejo a nivel molecular y

provocando limitaciones en el proceso de polimerización, que a su vez afectan la conversión final material. (Fugolin et al., 2020 pp. 1-2)

### **2.1.5. Resina Nanohíbrida.**

Desde que se desarrollaron los primeros compuestos dentales, muchos esfuerzos para mejorar su desempeño clínico se vienen llevado a cabo. La nanotecnología es la producción de estructuras funcionales en el rango de 0.1 a 100nm; "*nano*" se deriva de la palabra griega que significa "Enano". Un nanómetro mide una billonésima parte de un metro. Los nanocompuestos son las premisas de nuevos materiales que pueden ser aplicados en muchos campos debido a sus propiedades mecánicas mejoradas, peso ligero y propiedades de conducción de la luz. (Gogna, Jagadis, & Shashikal, 2011 pp. 129)

Hoy en día sabemos que existen varios tipos de resinas compuestas, el tipo de resina compuesta que se usa con mayor frecuencia, es la resina compuesta nanohíbrida, por su facilidad de aplicación y buenos resultados estéticos, la hace ideal para dientes anteriores; por otra parte, una mezcla de nanopartículas y materiales microhíbridos la hace más resistente al desgaste, porque presenta mejores propiedades mecánicas que otros compuestos, lo que la convierte en apropiada para dientes posteriores, una de sus propiedades mecánicas que debe considerarse al seleccionar el material restaurador, es la resistencia compresiva porque los dientes y la restauración siempre recibirán fuerza durante la masticación. (Widiandini, Suprastiwi, & Usman, 2018 pp. 202-203)

La introducción de la primera resina restauradora de nanocompuestos, se da con la elaboración de materiales restauradores con estructuras funcionales nanométricas. Los nanocompuestos contienen una combinación única de dos tipos de compuestos; los nanofillers (5–75nm.) y nanoclusters; los nanofillers son partículas discretas no aglomeradas y no agregadas, de 20 a 75nm. de tamaño y los nanocluster son aglomerados sueltos de partículas de tamaño nanométrico; además, hay compuestos que combinan nanopartículas con otras partículas

micrométricas, que proporcionan un rendimiento aún mejor. Estos materiales son considerados los precursores de los compuestos de nanopartículas y son denominados nanohíbridos. (Andrade et al., 2011 pp. 9-11)

#### **2.1.5.1. Nanoclusters.**

El nanocluster es un aglomerado esferoidal que consta de partículas de sílice y circonia de tamaño nanométrico (2 a 20nm). El grupo poroso de tamaño micrónico se infiltra con agentes de acoplamiento de silano para permitir la unión química con la matriz orgánica. El fabricante afirma que su sistema está diseñado para producir la retención de pulido de los compuestos de micropartículas y mejorar las propiedades mecánicas de los compuestos híbridos. (Lien & Vandewalle, 2010 pp. 341)

Los nanoclusters "NC" descritos como una combinación de partículas de tamaño nano dispersas individualmente y sus aglomeraciones; han sido introducidos como rellenos inorgánicos para cumplir con los requisitos de las restauraciones anteriores y posteriores, contiene sílice y nanopartículas de circonio, que se calcinan parcialmente para preparar rellenos de racimo del tamaño de micras usando el método de "abajo hacia arriba" y luego silanizado antes de mezclarlo con la matriz polimérica. Estos NC proporcionan un mecanismo de refuerzo y la resistencia mejorada a la propagación de grietas, en comparación con compuestos de microrelleno o híbrido, lo que resulta en una mejora significativa en la resistencia y la longevidad de la restauración. (Wang, R et al., 2015 pp.266)

Los nanoclusters actúan como una sola unidad que permite una carga de alto relleno y de alta resistencia como resultado de las reducidas dimensiones de la partículas y distribución de gran tamaño, se puede aumentar la carga de relleno logrado, lo que lleva a una contracción de polimerización reducida y un perfeccionamiento de algunas de sus propiedades, como la resistencia compresiva a la fractura y a la tracción. Estas propiedades de los nanocompuestos parecen ser equivalentes o, a veces, incluso más altas que la

de los compuestos híbridos y significativamente más alto que la resina microparticulada. (Andrade et al., 2011pp. 9-11)

#### **2.1.6. Resina Bulk Fill.**

Según Rosatto et al. (2015 pp. 1521-1522), la última tendencia en restauraciones posteriores, es el desarrollo de los llamados compuestos de "Relleno a Granel" o "Bulk Fill"; estos nuevos materiales fueron creados para curar de 4 a 5mm de profundidad, que están ganando popularidad entre los odontólogos porque simplifican el procedimiento restaurativo al reducir el número de capas de resina compuesta y, por lo tanto, el tiempo de curado. La cura más profunda en los compuestos de relleno a granel es posible gracias a ajustes en translucidez y fotoiniciadores, propios de esta resina.

En restauraciones de resina nanohíbrida, la sensibilidad postoperatoria es observada con frecuencia y comúnmente se asocia con la contracción de polimerización; por lo que, se han desarrollado diferentes técnicas incrementales para minimizar la contracción de polimerización y sus efectos clínicos, sin embargo, el estrés creado por este fenómeno depende de más factores; como por ejemplo de las propiedades mecánicas de la resina, las técnicas restaurativas, la intensidad de la luz de curado, el tiempo de fotoactivación, las propiedades mecánicas de la estructura del diente, la geometría y extensión de la cavidad, etc. (Rosatto et al., 2015 pp. 1521-1522)

Si bien es cierto, la resina bulk puede ser más fácil de manejar para el odontólogo, reduciendo a la mitad el tiempo de trabajo, en contraste con los compuestos convencionales; sus propiedades físicas no son superiores, comparándola con resinas de partículas de tamaño pequeño, además; estos materiales pueden tener el inconveniente clínico de un mayor desgaste y rugosidad de la superficie, similares a resinas convencionales de partículas grandes. (Cobb, Macgregor, Vargas, & Denehy, 2000)

La composición de la resina y la técnica de llenado se encuentran entre los principales enfoques para reducir la contracción volumétrica y el desarrollo del estrés por contracción, la colocación en incrementos también se considera ampliamente un factor de modificación de las tensiones de contracción. Aunque las técnicas de llenado incremental a menudo suponen que disminuyen las tensiones de contracción, análisis de elementos finitos demostraron que la colocación masiva puede producir menores tensiones de contracción. (Rosatto et al., 2015 pp. 1522)

El curado más profundo en los compuestos de relleno a granel es posible debido a su menor contracción posterior al gel y su alta reactividad a la polimerización ligera, como resultado de una mayor translucidez, mejorando la penetración de la luz y la profundidad del curado; dándole al clínico ventajas en comparación con los compuestos convencionales, como el control de la tensión de contracción polimérica, y una evidente reducción en la deflexión de las cúspides. (Lins et al., 2019 pp. 258-260)

Los fabricantes de las resinas bulk siguieron diferentes métodos para optimizar la polimerización y reducir el estrés de contracción volumétrico, así tenemos por ejemplo; la modulación de polimerización, o variaciones en el tamaño del relleno (VOCO); el contenido del relleno (Ivoclar Vivadent) y el cambio en la química de su matriz de resina por ejemplo; introducción de monómeros de baja contracción como el monómero de dimetacrilatos de bisfenol A etoxilado (EBPADMA) (Kerr y Heraeus Kulzer). (Salem, Hefnawy, & Nagi, 2019 pp. 466-467)

## **2.2. Resistencia compresiva.**

Si un cuerpo se coloca bajo una fuerza o carga que lo comprima (Fig. 4), produce una fuerza interna que se denomina resistencia compresiva. (Phillips; Gonzáles de Grandi, 2004 pp. 77). La capacidad que demuestra un cuerpo para resistir presiones en sentido vertical, es la denominada resistencia compresiva o resistencia a la compresión; constituyendo la presión máxima a la que puede

estar sometido un cuerpo. (Acurio-Benavente, Falcón-Cabrera, Casas-Apayco, & Montoya Caferatta, 2017 pp 71-74).

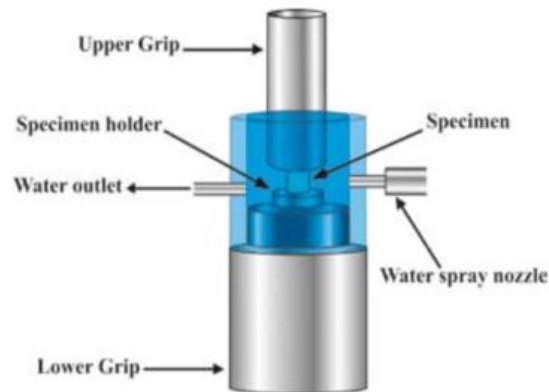


Figura 4. Esquema de test de compresión

Tomado de: Mohandesi, Rafiee, Barzegaran, & Shafiei (2007, pp. 828)

### 2.2.1. Cálculo de la Resistencia Compresiva.

Se debe primero calcular la superficie (área) del cuerpo en donde se, para esto se debe obtener el radio de la muestra elevado al cuadrado, y multiplicarlo por pi (3.1416); teniendo en cuenta que si un cilindro tiene 5 de diámetro (radio = 2.5mm), la superficie del cilindro será calculada bajo esta fórmula:

$$S = \pi \times r^2$$

Entonces, si se calcula la superficie de una de las probetas:

$$S = 3,1416 \times 6,25 = 19,64 \text{ mm}^2 = 0,20 \text{ cm}^2.$$

Si la fuerza teórica a la que el cuerpo de prueba se fractura es de 250 kg, se calcula su resistencia compresiva. (Khosravani, 2019 pp.153)

$$\text{Resistencia compresiva} = \frac{250 \text{ kg}}{0,20 \text{ cm}^2} = 1250 \text{ Kg/cm}^2 = 125,0 \text{ Mpa.}$$

O se puede omitir el paso del cálculo del área de la muestra y utilizar directamente la fórmula:

$$RC = 4P / \pi D^2$$

Donde RC denota la resistencia a la compresión en MPa, P denota la carga máxima registrada en N, y d denota el diámetro de la muestra cilíndrica en mm. elevada al cuadrado. (Pratap, Gupta, Bhardwaj, & Nag, 2020)

### **2.2.2. Caracterización Mecánica en Materiales Dentales.**

La caracterización mecánica de materiales dentales juega un papel importante en el desarrollo de estos, por lo tanto; las investigaciones sobre el comportamiento mecánico y las propiedades de materiales dentales constituyen un tema de investigación interesante. Existen varios desafíos con respecto a las propiedades de los materiales de restauración; en particular, las propiedades de un material restaurador ideal son: (a) propiedades mecánicas óptimas, (b) fácil aplicación, (c) biocompatibilidad y (d) estética. Sin embargo; el avance y la creación de nuevos materiales dentales restauradores dependen de la respuesta que presenten estos a las cargas estáticas y dinámicas a los que estén sometidos durante el proceso de la masticación.(Khosravani, 2019 pp. 152)

Los índices objetivos de las propiedades mecánicas de los compuestos de resina se pueden obtener mediante métodos estandarizados tales como pruebas de resistencia a la tracción, a la compresión, a la flexión y a la fractura. Los datos se pueden usar para realizar comparaciones entre materiales y para iluminar la relación entre los resultados de los métodos de prueba; además, estos resultados son útiles para predecir el comportamiento y la longevidad de los materiales en el entorno oral. (Imai et al., 2019 pp.75)

### **2.2.3. Estudios de Compresión en Resina Compuesta.**

Con la evolución constante de los materiales restauradores, la persistente evaluación de sus propiedades mecánicas sirve como un puente entre el material



y sus aplicaciones clínicas. Aunque los materiales dentales han experimentado mejoras significativas, los compuestos a base de metacrilato de hoy en día todavía tienen deficiencias que limitan sus aplicaciones. Durante la polimerización, la contracción puede estresar la restauración del diente colocada adhesivamente mientras funciona dentro del ambiente oral complejo a través de la masticación y las fluctuaciones de temperatura. Con el paso del tiempo, el desgaste, fatiga, tensión interna, y expansión térmica puede crear deformación plástica y fracturas marginales. (Lien & Vandewalle, 2010 pp. 338-340)



*Figura 5.* Máquina de Universal, para ensayos de compresión.

Tomado de: Acurio-Benavente et al. ( 2017 pp. 73)

Según Rosatto et al. (2015 pp. 5,9) la resina compuesta fluida tiene propiedades mecánicas más bajas que las convencionales. Los resultados obtenidos en su estudio, concluyeron que la resina compuesta nanohíbrida convencional Z350<sup>XT</sup> muestra resistencia compresiva y tensión de contracción menores, pero mayor resistencia a la fractura; en otra resina de la misma casa comercial 3M, la Filtek P60, los valores de prueba de compresión fueron de 331Mpa y mientras otro estudio realizado por (Yüzügüllü, Çiftçi, Saygılı, & Canay, 2008 pp. 103-104) al comparar esta resina de macromoléculas con otras resinas de similares características, concluyeron que la resina compuesta empacable Filtek P60, tiene valores de compresión y tensión diametral más altos que los otros materiales comparados.

### **3. Capítulo III: OBJETIVOS.**

#### **3.1. Objetivo General:**

Comparar la resistencia a la compresión entre una resina compuesta nanohíbrida convencional y una bulk.

#### **3.2. Objetivo Específico:**

- Determinar la resistencia compresiva de la resina FILTEK Z350 XT de 3M ESPE.
- Determinar la resistencia compresiva de la resina FILTEK BULK de 3M ESPE.

#### **3.3. Formulación De Hipótesis.**

La resina Nanohíbrida (Z350 XT) muestra mayor resistencia a la compresión en comparación con la Bulk Fill.

## 4. Capítulo IV: METODOLOGÍA.

### 4.1. Diseño Metodológico.

Es un estudio experimental, prospectivo y comparativo.

- Experimental in vitro, porque existe manipulación de las muestras de resina que elaboró la investigadora (grupo 1: 10 probetas resina nanohíbrida Z350<sup>XT</sup> y grupo 2: 10 probetas de resina Filtek<sup>TM</sup> Bulk Fill, de un mismo alto y diámetro 8mm x4mm).
- Prospectivo, porque los datos fueron obtenidos únicamente después de realizada la prueba de compresión.
- Comparativo, porque los grupos de la investigación son dos: resina Nanohíbrida (Z350<sup>XT</sup> 3M ESPE) y Filtek<sup>TM</sup> Bulk Fill (3M ESPE); se va a comparar sus semejanzas o diferencias, para poder responder la hipótesis planteada; que fue cuál de las dos tiene mayor resistencia compresiva.

### 4.2. Diseño Muestral

#### 4.2.1. Universo de la Muestra:

**Finito:** Estará conformado por 20 especímenes de resina compuesta, 10 cilindros de resina Nanohíbrida (Z350<sup>XT</sup>) y 10 cilindros de resina Filtek<sup>TM</sup> Bulk Fill.

#### 4.2.2. Muestra:

**Tipo de muestra:** No probabilística (por conveniencia).

**Tamaño de la muestra:** 20 especímenes de resina, cilindros con medias de 8mm de alto x 4mm de diámetro.

10 cilindros de resina "Z350<sup>XT</sup>"

10 cilindros de resina “Filtek™ Bulk Fill.”

### **4.3. Criterios de Inclusión y Exclusión:**

#### **4.3.1. Criterios de Inclusión:**

- Probetas de resina con medidas de 4mm. de diámetro y 8mm. de alto.
- Probetas de resina que hayan sido pulidas.
- Probetas de resina con sus superficies uniformes.
- Probetas de resina sin ningún tipo de fractura.

#### **4.3.2. Criterios de Exclusión:**

- Probetas de resina con fisuras o grietas.
- Probetas que no cumplan con las medidas establecidas (4mm de diámetro x 8mm de alto.)

### **4.4. Técnica de Recolección de Datos.**

Todos los valores conseguidos fueron anotados en una ficha elaborada para la recopilación de estos (Anexo 1). El ensayo se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Materiales de Mecánica de la Universidad Politécnica de las Fuerzas Armadas, para lo cual se solicitó una autorización de ingreso, mediante oficio al Director del Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Anexo 2).

Elaboración de los cuerpos de prueba:

1. Primero se procedió con la elaboración de 10 cuerpos de prueba de resina Filtek Z350<sup>XT</sup> (3M ESPE), y 10 de Filtek™ Bulk Fill (3M ESPE), cilindros de 4mm. de diámetro y 8 de mm. de alto, realizados en forma incremental; 4 capas oblicuas de 2mm. cada una, en de la resina convencional; y en el caso de la

resina bulk fueron 2 incrementos de 4mm; para esta preparación, se utilizó una matriz de acero ASTM A36 (American Society for Testing and Materials) torneada de forma cilíndrica de medidas 4mm. de diámetro y 8mm. de alto, la espátula para resina utilizada fue la TNPFIW3 (Hu-Friedy).

2. Para proseguir con la polimerización en cada muestra al final de cada incremento, se instaló una matriz de celuloide, colocando sobre esta una loseta de vidrio, evitando con esto la formación de alguna imperfección en las superficies. Todas las probetas fueron polimerizadas por 20s en cada incremento (según indica el fabricante) con la lámpara de fotocurado S.P.E.C. 3 (Coltene) (1600 mW/cm<sup>2</sup>); antes de la elaboración de cada probeta se comprobó que la intensidad de la luz sea la adecuada y se mantenga constante, para esto se utilizó un radiómetro FVE BTM-2000.

3. Terminadas las probetas se las sometió a un proceso de pulido, con discos Sof-Lex (3M ESPE); desde grano grueso a superfino; siguiendo las instrucciones del fabricante, hasta obtener especímenes lisos, sin ninguna rugosidad.

4. Una vez pulidos los 20 especímenes se los colocó en agua destilada durante 24 horas en una tina de ultrasonido 50W BAKU-3550, a una temperatura constante de 37 grados centígrados, para que el proceso de polimerización de la resina termine.

5. Al pasar las 24 horas las muestras fueron llevadas a la máquina de ensayos universal MTS JJ MACHINE TYPE T5002 (Figura 4) de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, aplicando fuerza compresiva a una velocidad de cruceta de 1min/mm hasta que se fracture, los datos obtenidos de la máquina fueron la carga máxima soportada y la resistencia compresiva expresada en Newtons y MPa respectivamente, antes de someter cada probeta a la carga compresiva se verificó las medidas con un calibrador digital (Figura 5).



Figura 6. Máquina de Universal, MTS JJ MACHINE TYPE T5002.  
Tomado por la investigadora.



Figura 7. Muestras medidas con calibrador digital.  
Tomado por la investigadora.

#### 4.5. Diseño Experimental:

Se realizaron cuadros y tablas en el programa Microsoft Excel. Se utilizó el programa estadístico SPSS 23, para realizar un diseño completo al azar (DSA). Para probar la normalidad del grupo de estudio se empleó la prueba de Shapiro-Wilk, al ser probada la normalidad, se ejecutó la prueba paramétrica T de Student, que proporcionó la significancia que hay en los grupos de estudio.

#### 4.6. Variables: Definición Conceptual y Operacionalización.

##### 4.6.1. Tabla 1.

##### OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Variable	Definición Conceptual	Nivel de Medición	Escala	Indicador
Variable dependiente: Resistencia a la compresión.	Resistencia que presenta un material cuando es sometido a un esfuerzo de compresión	Cuantitativa	Continua	Mpa.
Variable independiente: Resina Compuesta.	Material dental que permite hacer restauraciones para corregir estos defectos dentales.	Cualitativa	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resina Compuesta de Nanopartículas Z350 (3M)</li> <li>• Resina Filtek™ Bulk Fill (3M)</li> </ul>

Realizado por la Investigadora.

## 5. CAPITULO V: RESULTADOS.

### 5.1. Análisis de Resultados.

Los datos obtenidos en las fichas de recolección, se registraron en una hoja de cálculo en Microsoft Excel, indicando un código para cada probeta, el grupo experimental al que pertenece, el diámetro y alto de cada una, la carga máxima registrada y su resistencia compresiva.

Estos datos fueron analizados con un proceso estadístico descriptivo de frecuencias, promedios y pruebas inferenciales: Shapiro Wilk y T de student, mediante el paquete estadísticos SPSS 23.

#### 5.1.1. Tabla 2.

#### PRUEBA DE NORMALIDAD

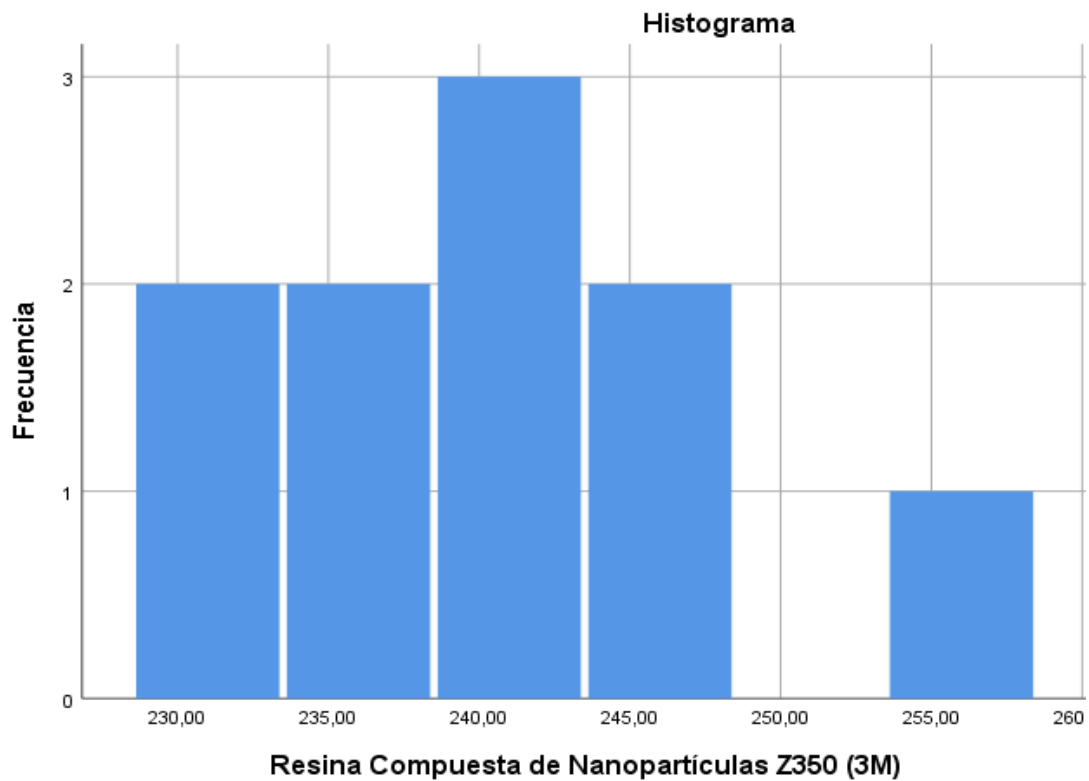
Resinas	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Compuesta de Nanopartículas Z350 <sup>XT</sup> (3M)	0,183	10	0,200	0,954	10	0,719
Filtek™ Bulk Fill (3M)	0,189	10	0,200	0,962	10	0,808

En la prueba de Shapiro-Wilk, los valores del nivel de significancia (Sig) son superiores a 0,05 (95% de confiabilidad), esto quiere decir que las muestras de resinas proceden de poblaciones con distribución normal; en este caso para poder comparar entre los dos grupos se aplicó la prueba paramétrica, T student.



### 5.1.2. Gráfico 1.

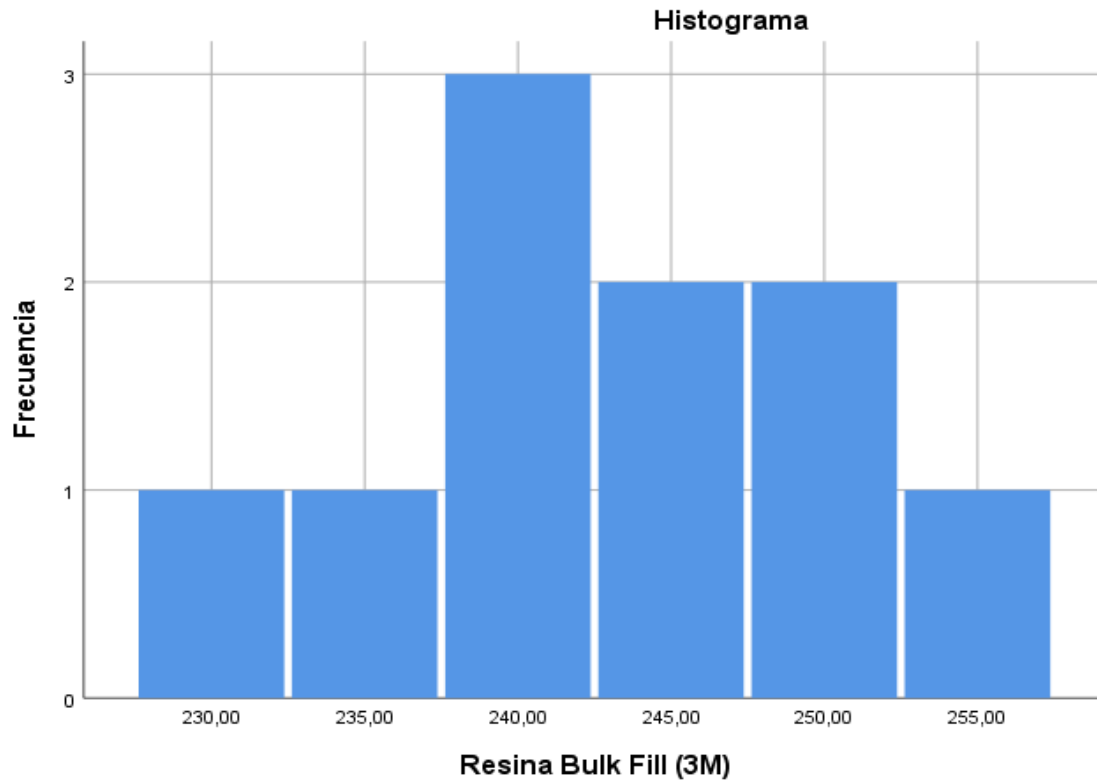
#### HISTOGRAMA FRECUENCIA RESINA DE NANOPARTÍCULA.



En la gráfica se describe la frecuencia de la resistencia compresiva de cada una de las muestras evaluadas; obteniéndose en los grupos de 230Mpa, 235Mpa y 245MPa una frecuencia de 2 muestras para cada grupo, la mayor frecuencia (3 probetas) fue para el grupo de 240MPa; el último grupo fue el de resistencia compresiva de 255MPa con una sola muestra que presentó estos valores, entre los 10 cuerpos de prueba no existe diferencia estadísticamente significativa.

### 5.1.3. Gráfico 2.

#### HISTOGRAMA FRECUENCIA RESINA BULK.



Observamos que los valores de 230MPa, 235MPa y 255MPa no mostraron frecuencia alguna, es decir, una única muestra mostró cada uno de estos valores; la resistencia compresiva del grupo de 240MPa, presentó la misma frecuencia (3 probetas) entre la resina Z350XT y la Bulk Fill, y por último los valores de 245Mpa y 250MPa presentan una frecuencia 2 probetas, cada uno.

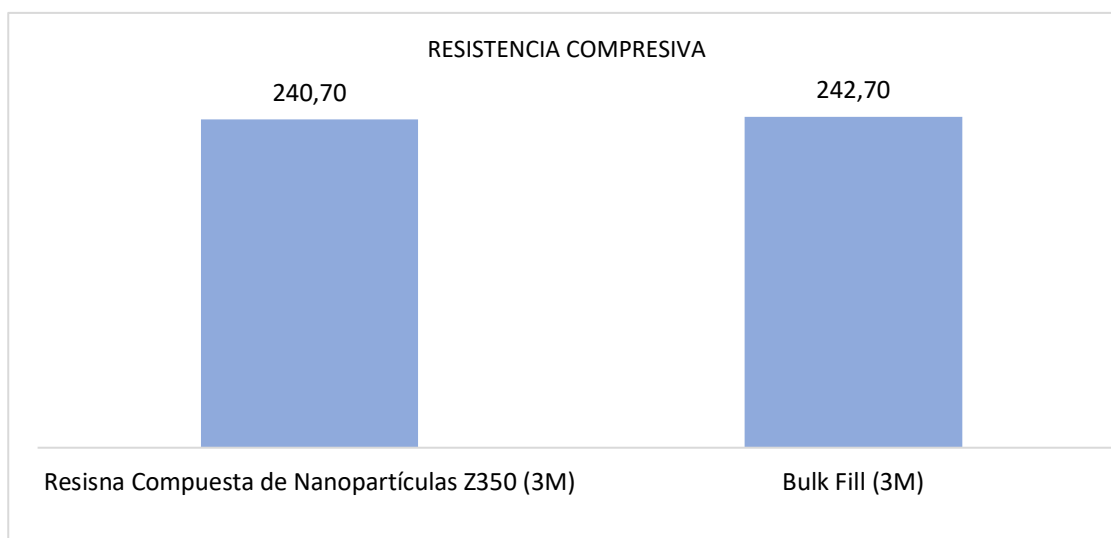
## 5.1.4. Tabla 3.

**COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA.**

Resistencia Compresiva (Mpa)								T student (Sig. (bilateral) (p=)
RESINAS	N	Media	Desviación Estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	
				Límite inferior	Límite superior			
Resina Compuesta Nanopartícula Z350 (3M)	10	240,70	6,95	235,73	245,67	231	254	0,544
Bulk Fill (3M)	10	242,70	7,51	237,33	248,08	230	255	

De la Prueba T student, el valor del nivel de significación (Sig. bilateral)  $p= 0,544$  es superior a 0,05 (95% de confiabilidad). Por lo tanto, al tener medidas similares, no existe diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de estudio.

## 5.1.5. Gráfico 3.

**COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA**

Resina Compuesta de Nanopartículas Z350<sup>XT</sup> (3M): La muestra de 10 datos tienen una media de 240,70 MPa, con una desviación estándar de 6,95 MPa.

Bulk Fill (3M): La muestra de 10 datos tienen una media de 242,70 MPa, con una desviación estándar de 7,51 MPa.

## 6. Capítulo VI: DISCUSIÓN.

Boaro et al. (2019 pp. 250-251), obtuvo resultados similares a los de la presente investigación; al no observar diferencias estadísticamente significativas entre resinas de relleno a granel y materiales convencionales; el objetivo de su investigación fue realizar una revisión sistemática de estudios que evalúan el rendimiento in vitro de resinas bulk en comparación con las resinas convencionales en ensayos clínicos aleatorios, que examinan sus propiedades mecánicas; entonces se puede concluir que primero; los compuestos restauradores llamados de relleno masivo son seguros para el uso clínico; segundo estudios de laboratorio muestran un rendimiento similar de los de relleno a granel en comparación con las resinas compuestas tradicionales.

La alta resistencia a la compresión en un material dental es ventajosa debido a las fuerzas ejercidas por la masticación; según las indicaciones de la ADA en la patente aprobada en los Estados Unidos para las resinas nanohíbridas de la casa comercial 3M ESPE, cuando el material restaurador está polimerizado, debe tener una resistencia a la compresión de cómo mínimo 35MPa, preferiblemente 200MPa, y como valor ideal se menciona 350MPa (Wu, N.Holmes, Brant U.Kolb, SumitaB. Mitra, & S, Wendy s 'L.Thompson, 2003 pp.18); en este estudio se obtuvo como media 240,70 MPa en la resina Z350 (3M ESPE) y para la resina Filtek Bulk Fill (3M) una media de 242,70 MPa, con una desviación estándar de 6,95 MPa. y 7,51 MPa respectivamente, cumpliendo con los valores que indica la casa comercial.

Rossato et al. en (2015 pp. 1522) evalúan propiedades mecánicas de compuestos de relleno a granel y técnica de relleno incremental, comparando la resistencia a la compresión de 7 resinas diferentes entre ellas la Nanohíbrida Z350XT y la Bulk<sup>TM</sup> Fill ambas de la casa comercial 3M ESPE, utilizando una técnica incremental (Filtek Z350<sup>XT</sup>) y una técnica de relleno a granel (Filtek Bulk Fill) según instrucciones del fabricante; obteniendo como resultado, una resistencia compresiva de la resina Z350 de 257MPa y 245.1MPa para la Bulk;

de igual forma Jayanthi & Vinod, (2013 pp.284) obtienen como resultado de su estudio la resistencia compresiva de la Z350 en 273.71MPa, observamos que son valores sin diferencia significativa, similares a los obtenidos en esta tesis.

Como se mencionó, los datos recopilados en esta investigación sobre la resistencia a la compresión de la resina Z350<sup>XT</sup> (3M ESPE) fue una media de 240,70 MPa y para la resina Filtek<sup>TM</sup> Bulk Fill (3M ESPE) una media de 242,70 MPa, datos que no concuerdan con un estudio similar realizado en 2019 en la provincia de Tungurahua, en el que los resultados obtenidos de la resistencia compresiva de la Filtek Z350 arrojan una media de 177,05 MPa y la resina Filtek Bulk Fill una media de 172,305 MPa (Peñañiel Rodríguez, Quisiguiña Guevara, Alban Hurtado, & Robalino Campos, 2019 pp.588-594); sin embargo a pesar de no mostrar cifras similares, el resultado en cuanto a la comparación de ambos grupos es igual; no presenta diferencia estadísticamente significativa, y cumple con los valores de resistencia compresiva establecidos por la ADA.

Khosravani (2019 pp.156-157), compara la resistencia a la compresión de las resinas Filtek<sup>XT</sup> Z350, Filtek<sup>TM</sup> Z250 y QuiXfil; obteniendo como resultados un valor promedio de la resistencia compresiva de la Filtek<sup>TM</sup> Z350  $432 \pm 11$ MPa; el de la Filtek<sup>TM</sup> Z250  $418 \pm 16$  MPa y de la QuiXfil de  $283 \pm 12$  MPa; por lo tanto, el autor concluye que la resina Z350<sup>XT</sup> se daña frente una carga compresiva mayor que las otras resinas; resultado diferente al obtenido en esta investigación, en el que la resistencia compresiva de la Filtek<sup>XT</sup> Z350 no presenta diferencia significativa, respecto a la otra evaluada.

Los resultados obtenidos en esta investigación también difieren con otro estudio realizado en 2014, donde se compara las propiedades mecánicas de varias resinas entre ellas la Filtek Z350<sup>XT</sup> mostrando como la resistencia compresiva de esta resina en 291.7MPa, los autores tuvieron como objetivo investigar las propiedades de compresión y flexión, que son indicadores importantes de la resistencia a fracturarse de los materiales restauradores; sus autores mencionan que en el rendimiento a largo plazo de estos compuestos dentales estuvo

determinado por sus propiedades físicas y mecánicas. (Abuelenain et al., 2014 pp. 1-3)

De Lacerda et al. (2019 pp. 214-216) mencionan a la resistencia de la resina Bulk fill regular en 332MPa, 90MPa más que lo obtenido en esta investigación; aunque concuerda con ésta en describirla como la más resistente, comparada con los otros grupos de estudio, por dos razones principales: primero, debido a que la técnica incremental tiende a incorporar burbujas de aire dentro de la restauración, creando espacios y defectos que pueden reducir la resistencia general; en segundo lugar, la resina bulk, puede actuar como agente absorbente de tensión, que da como resultado menos contracción de polimerización que los materiales convencionales durante la fotoactivación.

En contraste a los resultados obtenidos en la presente investigación, donde la resina Z350<sup>XT</sup> presenta una resistencia compresiva de 240MPa, Rafiee & Rafiee, (2009 pp. 1-2) en su estudio determinan la resistencia compresiva de la Filtek Z350 en un valor de 418MPa, mostrando diferencia estadística significativa con los otros grupos evaluados; los autores mencionan que esta alta resistencia a la compresión podría atribuirse a su matriz de polímero superior junto con una combinación favorable de relleno agregado de circonio/sílice en racimo y con mayor densidad.

Los estudios de laboratorio muestran un rendimiento similar o mejor de los materiales de relleno a granel, en comparación con las resinas compuestas tradicionales en términos de estrés de polimerización, deflexión cuspídea, espacio marginal, grado de conversión, resistencia a la flexión, a la compresión y a la fractura; la única excepción es la microdureza de los materiales convencionales con un grosor de menos de 2mm. y la de relleno a granel con 4 o 5mm; además, cabe señalar que en ensayos clínicos, (Boaro et al., 2019 pp. 259) mencionan que no se ha detectado diferencias significativas en el rendimiento del relleno a granel y materiales convencionales.

## 7. Capítulo VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 7.1. Conclusiones:

Se concluye que:

- No existe diferencia estadística significativa en relación a la resistencia compresiva entre la resina compuesta nanohíbrida convencional y bulk.
- La resistencia compresiva de la resina compuesta de Nanopartículas Z350<sup>XT</sup> (3M ESPE) presenta una media de 240,70 MPa, con una desviación estándar de 6,95 MPa.
- La resistencia compresiva de la resina Bulk Fill (3M ESPE) arroja una media de 242,70 MPa, con una desviación estándar de 7,51 MPa.
- Se rechaza la hipótesis de este estudio, ya que la resina Nanohíbrida (Z350<sup>XT</sup>) no muestra mayor resistencia a la compresión en comparación con la Bulk Fill.

## 7.2. Recomendaciones.

- Se recomienda la elaboración de estudios similares, es decir, se debe evaluar las propiedades físicas de las resinas, ya que actualmente, existen un gran número de compuestos dentales restauradores disponibles en el mercado global; por lo que es importante comprobar la veracidad de las características que nos ofrece el material.
- Se recomienda el uso de la resina bulk fill, ya que como se comprobó presenta igual resistencia compresiva, que una convencional, por lo tanto, el odontólogo puede elegir compuestos de relleno a granel para simplificar la técnica de restauración y el tiempo.
- El clínico debe ser muy cauteloso con las indicaciones del fabricante en cuanto a manipulación y protocolos de las resinas compuestas, el conocimiento de estas características ayuda a prolongar la longevidad de la restauración.



## REFERENCIAS.

- Abuelenain, D., Alzahrani, S. J., Elagouz, M. H., Magliah, A. F., Aldharrab, A., & Abou Neel, E. (2014). Mechanical Properties of Different Commercially Available Dental Composites. En *Austin Journal of Dentistry*. Recuperado de 29/11/2019  
[https://www.researchgate.net/publication/266808306\\_Mechanical\\_Properties\\_of\\_Different\\_Commercially\\_Available\\_Dental\\_Composites](https://www.researchgate.net/publication/266808306_Mechanical_Properties_of_Different_Commercially_Available_Dental_Composites)
- Acurio-Benavente, P., Falcón-Cabrera, G., Casas-Apayco, L., & Montoya Caferatta, P. (2017). Comparación de la resistencia compresiva de resinas convencionales vs resinas tipo Bulk fill. *Odontología Vital*, 27, 69–77. Recuperado de 14/12/2019  
[http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-07752017000200069&nrm=iso](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-07752017000200069&nrm=iso)
- Ajaj-ALKordy, N. M., & Alsaadi, M. H. (2014). Elastic modulus and flexural strength comparisons of high-impact and traditional denture base acrylic resins. *The Saudi Dental Journal*, 26(1), 15–18.  
<https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2013.12.005>
- Alshabib, A., Silikas, N., & Watts, D. C. (2019). Hardness and fracture toughness of resin-composite materials with and without fibers. *Dental Materials*, 35(8), 1194–1203. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.05.017>
- Andrade, A. K. M. [de, Duarte, R. M., e Silva, F. D. S. C. M., Batista, A. U. D., Lima, K. C., dos Anjos Pontual, M. L., & Montes, M. A. J. R. (2011). 30-Month randomised clinical trial to evaluate the clinical performance of a nanofill and a nanohybrid composite. *Journal of Dentistry*, 39(1), 8–15.  
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.09.005>
- Bilgili, D., Dündar, A., Barutçugil, Ç., Tayfun, D., & Özyurt, Ö. K. (2020). Surface properties and bacterial adhesion of bulk-fill composite resins. *Journal of Dentistry*, 103317. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103317>
- Boaro, L. C. C., Lopes, D. P., de Souza, A. S. C., Nakano, E. L., Perez, M. D. A., Pfeifer, C. S., & Gonçalves, F. (2019). Clinical performance and chemical-physical properties of bulk fill composites resin -a systematic review and

- meta-analysis. *Dental Materials*, 35(10), e249–e264. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.07.007>
- Braem, M., Finger, W., Doren, V. E. Van, Lambrechts, P., & Vanherle, G. (1989). Mechanical properties and filler fraction of dental composites. *Dental Materials*, 5(5), 346–349. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(89\)90128-0](https://doi.org/10.1016/0109-5641(89)90128-0)
- Cobb, D. S., Macgregor, K. M., Vargas, M. A., & Denehy, G. E. (2000). The physical properties of packable and conventional posterior resin-based composites: a comparison. *The Journal of the American Dental Association*, 131(11), 1610–1615. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2000.0091>
- Darvell, B. W. (2018). Chapter 6 - Resin Restorative Materials. In B. W. Darvell (Ed.), *Materials Science for Dentistry (Tenth Edition)* (Tenth Edit, pp. 143–191). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101035-8.50006-7>
- De Lacerda, L. R., Bossardi, M., Mitterhofer, W. J. S., de Carvalho, F. G., Carlo, H. L., Piva, E., & Münchow, E. A. (2019). New generation bulk-fill resin composites: Effects on mechanical strength and fracture reliability. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 96, 214–218. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.04.046>
- Elbishari, H., Silikas, N., & Satterthwaite, J. D. (2020). Is Deterioration of Surface Properties of Resin Composites Affected by Filler Size? *International Journal of Dentistry*, 1–7. <https://doi.org/10.0.4.131/2020/2875262>
- Fugolin, A. P., Costa, A. R., Kono, E., Quirk, E., Ferracane, J. L., & Pfeifer, C. S. (2020). Influence of the organic matrix composition on the polymerization behavior and bulk properties of resin composites containing thiourethane-functionalized fillers. *European Polymer Journal*, 130, 109664. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2020.109664>
- Gogna, R., Jagadis, S., & Shashikal, K. (2011). A comparative in vitro study of microleakage by a radioactive isotope and compressive strength of three nanofilled composite resin restorations. *Journal of Conservative Dentistry*, 14(2), 128–131. <https://doi.org/10.0.16.7/0972-0707.82609>
- Hayashi, J., Espigares, J., Takagaki, T., Shimada, Y., Tagami, J., Numata, T., ... Sadr, A. (2019). Real-time in-depth imaging of gap formation in bulk-fill resin

- composites. *Dental Materials*, 35(4), 585–596.  
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.01.020>
- Heintze, S. D., Ilie, N., Hickel, R., Reis, A., Loguercio, A., & Rousson, V. (2017). Laboratory mechanical parameters of composite resins and their relation to fractures and wear in clinical trials—A systematic review. *Dental Materials*, 33(3), e101–e114. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.11.013>
- Hervás García, A., Martínez Lozano, M. A., Cabanes, J., Barjau Escribano, A., & Fos Galve, P. (2006). Resinas compuestas: Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal (Internet)*, 11((2)), 215–220. Recuperado de 20/11/2019 [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1698-69462006000200023&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-69462006000200023&lng=es&tlng=es).
- Imai, A., Takamizawa, T., Sugimura, R., Tsujimoto, A., Ishii, R., Kawazu, M., ... Miyazaki, M. (2019). Interrelation among the handling, mechanical, and wear properties of the newly developed flowable resin composites. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 89, 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.09.019>
- Jayanthi, N., & Vinod, V. (2013). Comparative Evaluation of Compressive Strength and Flexural Strength of Conventional Core Materials with Nanohybrid Composite Resin Core Material an in Vitro Study. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 13(3), 281–289. <https://doi.org/10.1007/s13191-012-0236-4>
- Khosravani, M. R. (2019). Mechanical behavior of restorative dental composites under various loading conditions. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 93, 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.02.009>
- Kim, J. W., Kim, L. U., Kim, C. K., Cho, B. H., & Kim, O. Y. (2006). Characteristics of Novel Dental Composites Containing propane as a Base Resin, 7(1), 154–160. <https://doi.org/10.1021/bm050491l>
- Lerech, S. B., Tarón, S. F., Dunoyer, A. T., Arrieta, J. M. B., & Caballero, A. D. (2017). Compressive strength of glass ionomer and composite resin. In vitro study. *Revista Odontológica Mexicana*, 21(2), e107–e111.

- <https://doi.org/10.1016/j.rodex.2017.05.015>
- Lien, W., & Vandewalle, K. S. (2010). Physical properties of a new silorane-based restorative system. *Dental Materials*, 26(4), 337–344. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.12.004>
- Lins, R. B. E., Aristilde, S., Osório, J. H., Cordeiro, C. M. B., Yanikian, C. R. F., Bicalho, A. A., ... Martins, L. R. M. (2019). Biomechanical behaviour of bulk-fill resin composites in class II restorations. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 98, 255–261. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.06.032>
- Metalwala, Z., Khoshroo, K., Rasouljanboroujeni, M., Tahriri, M., Johnson, A., Baeten, J., ... Tayebi, L. (2018). Rheological properties of contemporary nanohybrid dental resin composites: The influence of preheating. *Polymer Testing*, 72, 157–163. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.10.013>
- Miletic, V. (2017). *Dental Composite Materials for Direct Restorations*. (Dental Net Resech Group, Ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/9783-3>
- Mitra, S. B., Wu, D., & Holmes, B. N. (2003). An application of nanotechnology in advanced dental materials. *The Journal of the American Dental Association*, 134(10), 1382–1390. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2003.0054>
- Moezzyzadeh, M. (2012). Evaluation of the compressive strength of hybrid and nanocomposites. *Shahid Beheshti University Dental Journal*, 30(1), 23–28. Recuperado de 19/11/2019 <https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=260874>
- Mohandesi, J. A., Rafiee, M. A., Barzegaran, V., & Shafiei, F. (2007). Compressive Fatigue Behavior of Dental Restorative Composites. *Dental Materials Journal*, 26(6), 827–837. <https://doi.org/10.4012/dmj.26.827>
- Musanje, L., & Darvell, B. W. (2006). Curing-light attenuation in filled-resin restorative materials. *Dental Materials*, 22(9), 804–817. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.11.009>
- Nascimento, A., Rodrigues, J., Torres, R., Santos, K., Fook, M., Albuquerque, M., ... Santos, J. (2019). Physicomechanical and thermal analysis of bulk-fill and conventional composites. *Brazilian Oral Research*, 33, 1–13.

- <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2019.vol33.0008>
- Nova, A. B., Edilma, Y., Rueda, F., Milena, S., Puerto, L., Pe, D. A., ... Guillermo, J. (2011). Comparación invitro de la resistencia a la fractura ante carga compresiva y la dureza de dos cerómeros y dos resinas empacables con y sin tratamiento térmico. *UstaSalud*, 10((1)), 36–42. <https://doi.org/10.15332/us.v10i1.1149>
- Nugroho, D. A., Widjijono, W., Nuryono, N., Asmara, W., Astuti, W. D., & Ardianata, D. (2017). Effects of filler volume of nanosisal in compressive strength of composite resin. *Dental Journal: Majalah Kedokteran Gigi*, 50(4), 183–187. <https://doi.org/10.0.79.249/j.djmkkg.v50.i4>.
- Park, J., Lee, G., Kim, J., Park, M., Ko, C., & Kim, H. (2014). Polymerization shrinkage , flexural and compression properties of low-shrinkage dental resin composites. *Dental materials journal*, 33(1), 104–110. <https://doi.org/10.4012/dmj.2013-126>
- Peñafiel Rodríguez, M. V., Quisiguiña Guevara, S. M., Alban Hurtado, C. A., & Robalino Campos, H. R. (2019). Comparación de la resistencia a la fuerza de compresión de las resinas híbrida, nanohíbrida y bulk fill. *Recimundo*, 3(3), 585–595. [https://doi.org/10.26820/recimundo/3.\(3\).septiembre.2019.585-595](https://doi.org/10.26820/recimundo/3.(3).septiembre.2019.585-595)
- Pereira, L., Nunes, M., Palma-Dibb, R., Powers, J., Roulet, J.-F., & Navarro, M. (2002). Mechanical properties and bond strength of glass-ionomer cements. *The journal of adhesive dentistry*, 4(1), 73–80. Recuperado de 29/11/2019 [https://www.researchgate.net/publication/11302452\\_Mechanical\\_properties\\_and\\_bond\\_strength\\_of\\_glass-ionomer\\_cements](https://www.researchgate.net/publication/11302452_Mechanical_properties_and_bond_strength_of_glass-ionomer_cements)
- Pérez-Mondragón, A. A., Cuevas-Suárez, C. E., González-López, J. A., Trejo-Carbajal, N., Meléndez-Rodríguez, M., & Herrera-González, A. M. (2020). Preparation and evaluation of a BisGMA-free dental composite resin based on a novel trimethacrylate monomer. *Dental Materials*, 36(4), 542–550. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.02.005>
- Phillips, R; Gonzáles de Grandi, M. (2004). CIENCIA DE LOS MATERIALES DENTALES.
- Pratap, B., Gupta, R. K., Bhardwaj, B., & Nag, M. (2020). Evaluation of

- compressive strength and void content of resin based dental composites. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.12.142>
- Rafiee, M. A., & Rafiee, J. (2009). Strength properties of light-cured dental restorative composites. *Bioengineering, Proceedings of the Northeast Conference, 1000*, 1–2. <https://doi.org/10.1109/NEBC.2009.4967816>
- Ravi, R. K., Alla, R. K., Shamma, M., & Devarhubli, A. (2013). Dental Composites - A Versatile Restorative Material: An Overview. *Indian Journal of Dental Sciences*, 5(5), 111–115. Recuperado de 17/11/2019 <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=94745283&lang=es&site=ehost-live>
- Rosatto, C. M. P., Bicalho, A. A., Veríssimo, C., Bragança, G. F., Rodrigues, M. P., Tantbirojn, D., ... Soares, C. J. (2015). Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. *Journal of Dentistry*, 43(12), 1519–1528. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.09.007>
- Salem, H. N., Hefnawy, S. M., & Nagi, S. M. (2019). Degree of Conversion and Polymerization Shrinkage of Low Shrinkage Bulk-Fill Resin Composites. *Contemporary Clinical Dentistry*, 10(3), 465–470. [https://doi.org/10.4103/ccd.ccd\\_756\\_18](https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_756_18)
- Santulli, C. (2019). Chapter 14 - Nanostructured Polymer Composites for Dental Fillings. En S. K. Swain & M. Jawaid (Eds.), *Nanostructured Polymer Composites for Biomedical Applications* (pp. 277–293). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816771-7.00014-4>
- Țălu, Ș., Stach, S., Lainović, T., Vilotić, M., Blažić, L., Alb, S. F., & Kakaš, D. (2015). Surface roughness and morphology of dental nanocomposites polished by four different procedures evaluated by a multifractal approach. *Applied Surface Science*, 330, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.12.120>
- Tsujimoto, A., Nagura, Y., Barkmeier, W. W., Watanabe, H., Johnson, W. W., Takamizawa, T., ... Miyazaki, M. (2018). Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials Simulated cuspal deflection and flexural properties of high viscosity bulk-fill and conventional resin composites. *Journal of the*

- Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 87(July), 111–118.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.07.013>
- Wang, R., Zhang, M., Liu, F., Bao, S., Wu, T., Jiang, X., ... Zhu, M. (2015). Investigation on the physical–mechanical properties of dental resin composites reinforced with novel bimodal silica nanostructures. *Materials Science and Engineering: C*, 50, 266–273.  
<https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.01.090>
- Wang, X., Zhou, J., Kang, D., Swain, M. V, Menčík, J., Jian, Y., & Zhao, K. (2020). The bulk compressive creep and recovery behavior of human dentine and resin-based dental materials. *Dental Materials*, 36(3), 366–376.  
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.01.003>
- Widiandini, A., Suprastiwi, E., & Usman, M. (2018). Effect of Glove, Blood, and Saliva Contamination on the Compressive Strength of Nanohybrid Composite Resin. *Journal of International Dental & Medical Research*, 11(1), 202–205. Recuperado de 02/12/2019  
<https://patents.google.com/patent/US6572693B1/en>
- Wu, D. W., N.Holmes, B. S. P., Brant U.Kolb, A., SumitaB. Mitra, W. P., & S, Wendy s 'L.Thompson, R. (2003). United States Patent US 6,572,693B1, 1(12). Recuperado de 02/12/2019  
<https://patents.google.com/patent/US6572693B1/en>
- Yüzügüllü, B., Çiftçi, Y., Saygılı, G., & Canay, Ş. (2008). Diametral Tensile and Compressive Strengths of Several Types of Core Materials. *Journal of Prosthodontics*, 17(2), 102–107. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2007.00269.x>

## **ANEXOS**



**ANEXO 1. Ficha de Recolección de Datos.**

<b>PROBETA</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Alto</b>	<b>Fuerza Máxima registrada</b>	<b>Resistencia Compresiva</b>
M1 R. Z350				
M2 R. Z350				
M3 R. Z350				
M4 R. Z350				
M5 R. Z350				
M6 R. Z350				
M7 R. Z350				
M8 R. Z350				
M9 R. Z350				
M10 R. Z350				
M1 R. Bulk				
M2 R. Bulk				
M3 R. Bulk				
M4 R. Bulk				
M5 R. Bulk				
M6 R. Bulk				
M7 R. Bulk				
M8 R. Bulk				
M9 R. Bulk				
M10 R. Bulk				

**ANEXO 2. Oficio al Director del Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.**



Quito, 26 de septiembre 2019

TCrnl. Fernando Naranjo.

**Director del Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.**

Presente.-

Yo Elizabeth Paulina Reinoso Toledo con número de cédula no 1722669668 solicito a usted muy comedidamente se me conceda permiso para ealizar un ensayo de resistencia a la compresión en el laboratorio correspondiente.

Por la atencion que se sirva dar a la presente, agradezco mis sinceros agradecimientos.

Atentamente.

---

Elizabeth Paulina Reinoso Toledo.  
Cl. 1722669668

**ANEXO 3. Certificado de realización de 20 ensayos de compresión en el Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.**



Sangolqui, 13 de febrero de 2020

Mediante el presente se CERTIFICO que la srta. ELIZABETH PAULINA REINOSO TOLEDO con CI. 1722669668 realizó 20 pruebas invitro de resistencia a la compresión de resina compuesta nanohíbrida convencional y bulk, en el Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Atentamente.

Ing. Francisco Navas  
Laboratorista Académico del LMM

## ANEXO 4. Prueba Piloto de ensayos de compresión realizados.



En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de carga a compresión de las muestras, de resina Z350 y Bulk Fill.

Tabla . Resultados obtenidos en el ensayo de carga a compresión.

	Fuerza Máxima registrada		Diámetro (mm)	Resistencia Compresiva (Mpa)
	(lbf)	(N)		
Muestra 1: Resina Z350	373,63	1662	4	132,01
Muestra 2: Resina Z350	301,01	1379	4	109,53
Muestra 3: Resina Z350	325,97	1450	4	115,17
Muestra 1: Resina Bulk Fill	328	1459	4	115,89
Muestra 2: Resina Bulk Fill	279,66	1244	4	98,81
Muestra 3: Resina Bulk Fill	304,62	1355	4	107,63

**Nota.-** Los resultados contenidos en el presente informe corresponden únicamente a las muestras ensayadas por el Laboratorio realizado en el taller de Mecánica de la Escuela Politécnica Superior del Ejército. 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.

REALIZADO POR:

Firma:

Nombre: Ing. Francisco Navas

Cargo: ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE MÉCANICA.

