

**RESISTENCIA FLEXURAL DE FIBRAS DE POLIETILENO VERSUS FIBRAS
DE VIDRIO. ESTUDIO IN VITRO.**

**FLEXURAL RESISTANCE OF POLYETHYLENE FIBERS VERSUS GLASS
FIBERS. IN VITRO STUDY.**

Barbosa-Duran Luis Felipe¹, Granados- Muñoz David Giovanni², Ruiz-Borja Jorge Rafael ³, Ibarra Eliana⁴, Unriza-Puin Sonia Rubiela⁵

1. Estudiante de Prostodoncia. Institución Universitaria Colegios de Colombia UNICOC.
Contacto: lbarbosa@unicoc.edu.co
• <https://orcid.org/0009-0004-2188-3487>
2. Estudiante de Prostodoncia. Institución Universitaria Colegios de Colombia UNICOC.
Contacto: dggranados@unicoc.edu.co
• <https://orcid.org/0009-0003-3643-7503>
3. Estudiante de Prostodoncia. Institución Universitaria Colegios de Colombia UNICOC.
Contacto: jruiz@unicoc.edu.co
• <https://orcid.org/0009-0006-6813-3944>
4. Especialista en Rehabilitación Oral. Universidad Nacional de Colombia.
Contacto: eibarra@unicoc.edu.co
• <https://orcid.org/0009-0006-4942-1836>
5. Magister en Ciencias Odontológicas. Universidad El Bosque.
Contacto: direccioncicobog@unicoc.edu.co
• <https://orcid.org/0000-0002-4207-0790>

RESISTENCIA FLEXURAL DE FIBRAS DE POLIETILENO VERSUS DE FIBRAS DE VIDRIO. ESTUDIO IN VITRO.

RESUMEN

Objetivo: Comparar la resistencia flexural de las fibras de polietileno trenzadas Ribbond® y las fibras de vidrio trenzadas Interlig®. **Métodos:** Estudio experimental *In-vitro*. Se elaboró una matriz molde para la elaboración de las láminas de resina reforzadas con fibras Ribbond® e Interlig® con medidas 25mm de longitud, 3 mm de ancho y 2mm de grosor. Las fibras fueron cortadas de 23 mm de longitud. En la matriz se colocó una capa de 1 mm de resina fluida Tetric N-Flow Bulk Fill®. Se posicionaron las fibras sobre la resina fluida, se cubrieron nuevamente con resina fluida de 1 mm de espesor en la matriz y se fotopolimerizó por 20 segundos. Se obtuvieron dos grupos (n=21): Grupo 1: Láminas de resina reforzadas con fibras Ribbond®; Grupo 2: Láminas de resina reforzadas con fibras Interlig®. Se realizaron pruebas de resistencia flexural mediante el dispositivo de prueba universal Shimadzu A-GIS 5kN®. Los datos fueron recolectados en tablas de Excel. Se realizó un análisis exploratorio de datos, prueba Shapiro Wilk y prueba t para evaluar diferencias estadísticamente significativas, bajo el software Real Statistics para Excel Versión 8,4. **Resultados:** El promedio de la resistencia flexural para el grupo de láminas reforzadas con fibras Ribbond® fue de 64.01Mpa y para el grupo láminas reforzadas con fibras Interlig® fue de 64.11Mpa. El promedio del porcentaje de deformación para el grupo de fibras Ribbond® fue de 4.64% y para el grupo de fibras Interlig® fue de 4.55%. El promedio del módulo elástico para el grupo de láminas de resina reforzadas con fibras Ribbond® correspondió a 1550.72 Mpa y para el grupo de fibras Interlig® fue de 1529.86 Mpa. No hubo diferencia

estadísticamente significativa en las 3 variables estudiadas, entre los dos grupos ($p>0.05$). **Conclusión:** Las fibras Ribbond® tienen un módulo elástico de 1550,72 MPa mayor que las de Interlig® las cuales presentaron un valor de 1529,86 MPa, el porcentaje de deformación fue mayor para las fibras Ribbond® que presentaron un valor de 4,64% respecto a las fibras Interlig® que presentaron un valor de 4,55%. Por otro lado, las fibras Interlig tienen una resistencia flexural de 64,11 Mpa mayor que las fibras Ribbond® con un valor de 63,01 MPa, sin embargo, los resultados no fueron estadísticamente significativos entre los grupos ($p>0.05$). Esto indica que los refuerzos de fibras Ribbond® e Interlig® presentan características similares.

Palabras clave: Ribbond, Interlig, resina, resistencia flexural

FLEXURAL RESISTANCE OF POLYETHYLENE FIBERS VERSUS GLASS FIBERS. IN VITRO STUDY.

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to Compare flexural strength of Ribbond® braided polyethylene fibers and Interlig® braided glass fibers. **Methods:** In-vitro experimental study. A matrix mold was created to produce resin sheets reinforced with Ribbond® and Interlig® fibers measuring 25mm in length, 3mm in width and 2mm thickness. The fibers were cut to 23 mm in length. A 1 mm layer of Tetric N-Flow Bulk Fill® fluid resin was placed in the matrix. The fibers were positioned on the fluid resin, covered again with 1 mm thick fluid resin in the matrix and photopolymerized for 20 seconds. Two groups were obtained (n=21): Group 1: Resin sheets reinforced with Ribbond® fibers; Group 2: Resin sheets reinforced with Interlig® fibers. Flexural strength testing was performed using the Shimadzu A-GIS 5kN® universal testing device. The data was collected in Excel tables. An exploratory data analysis, Shapiro Wilk test and t test were performed to evaluate statistically significant differences, under the Real Statistics software for Excel Version 8.4. **Results:** The average flexural resistance for the group of sheets reinforced with Ribbond® fibers was 64.01Mpa and for the group of sheets reinforced with Interlig® fibers it was 64.11Mpa. The average percentage of deformation for the Ribbond® fiber group was 4.64% and for the Interlig® fiber group it was 4.55%. The average elastic modulus for the group of resin sheets reinforced with Ribbond® fibers corresponded to 1550.72 Mpa and for the group of Interlig® fibers it was 1529.86 Mpa. There was no statistically significant difference in the 3 variables studied between the two groups ($p>0.05$).

Conclusion: The Ribbond® fibers have an elastic modulus of 1550.72 MPa greater than Interlig® fibers which presented a value of 1529.86 MPa, the percentage of deformation was greater for the Ribbond® fibers which presented a value of 4.64% compared to Interlig® fibers that presented a value of 4.55%. On the other hand, Interlig fibers have a flexural resistance of 64.11 Mpa greater than Ribbond® fibers with a value of 63.01 MPa, however, the results were not statistically significant between the groups ($p>0.05$). This indicates that Ribbond® and Interlig® fiber reinforcements have similar characteristics.

Keywords: Ribbond, Interlig, resin, flexural strength

INTRODUCCIÓN

Los materiales restauradores utilizados en odontología son capaces de devolver forma y función a los dientes que por diferentes factores han visto comprometida su integridad estructural (1). La resina compuesta es un material restaurador utilizado en Odontología que se emplea para reemplazar parte de la estructura dental perdida ya sea por caries, trauma o desgaste fisiológico. Su uso ha aumentado por la demanda estética de los pacientes y por la posibilidad de generar tratamientos mínimamente invasivos (2). Los complementos de resinas compuestas son clasificadas de acuerdo al tamaño de partículas en macropartículas, híbridos, microhíbridos, micropartículas, nanopartículas y nanohíbridos (3). Estas se consideran de uso universal y también están indicadas para la restauración de dientes posteriores (4, 5). Tienen la capacidad de adherirse a los tejidos dentales reforzando la estructura y formando una férula desde el interior del diente, recuperando así parte de su resistencia y fortaleciendo al remanente dental. Sin embargo, presentan cualidades limitadas para tolerar fuerzas compresivas (6), lo que lleva a una dureza insuficiente del material haciendo que las resinas compuestas no sea un material idóneo en cavidades extensas, como es el caso de las cavidades clase II. Las cavidades extensas llevan al aumento en la fragilidad del remanente dental, reduciendo hasta en un 54% la resistencia a la fractura, en comparación con un diente que no ha sido preparado. (1) Frente a esta problemática, diferentes marcas comerciales intentan mejorar las características físico-mecánicas de las resinas compuestas. Un ejemplo, es implementar las fibras de polietileno y de vidrio, como refuerzo para las resinas compuestas que han estado en el mercado por más de 20 años; estas fibras se insertan en el lecho de la preparación y se cubren

con resina fluida o resina compuesta. Tanto las fibras de vidrio como las de polietileno proporcionan un refuerzo en banda o cinta que absorbe tensiones, evitando la propagación de grietas y fisuras al tejido dental, feruliza internamente el diente y aumenta la resistencia a la fractura (7).

Las fibras de polietileno fueron introducidas al mercado en 1992 (7). Son fibras reforzadas adheribles con fibras de polietileno de resistencia ultra alta (8), y su uso se limita a la ferulización de dientes por la falta de estudios sobre sus propiedades físicas; por otro lado, las fibras de vidrio también están disponibles en el mercado desde los 60 en la odontología (9). Con el avance de la tecnología se descubrieron nuevas características de este tipo de fibras, aplicables en prostodoncia y operatoria.

Dentro de las marcas comerciales de fibras de polietileno, las más reconocidas son las fibras Ribbond, las cuales están compuestas de fibras de polietileno de ultra alto peso molecular (UHMW) preimpregnadas, silanizadas y trenzadas con plasma. El trenzado es un patrón especial donde las fibras se encuentran cruzadas y cosidas y los extremos no están paralelos sino rodeando otros nodos; esto aumenta la estabilidad y la resistencia al corte, incrementando su durabilidad y dándole un alto coeficiente de elasticidad, mayor resistencia a la deformación y a la distorsión, además de una alta resistencia a la tracción permitiendo que se adapten más fácilmente a las paredes de la cavidad o al remanente dental (10).

Los usos de las fibras Ribbond hoy en día están indicadas para la estabilización de dientes traumatizados, restaurar dientes fracturados y crear una prótesis parcial fija, para postes y núcleos de endodoncia de unión directa, retenedores linguales fijos de ortodoncia y mantenedores de espacio (11, 12).

Por otra parte, entre las fibras de vidrio más reconocidas se encuentran las fibras Interlig de la casa comercial Angelus. Estas fibras de vidrio también son trenzadas y están impregnadas con resina compuesta fotopolimerizable, motivo por el cual, no necesitan otro tipo de material para facilitar su manejo, mejorando así la unión con la resina compuesta (13).

Actualmente son pocas las investigaciones, a nivel nacional e internacional, que comparen directamente estos dos tipos de fibras en cuanto a su resistencia flexural. Por tanto, se hace necesario realizar un estudio que genere una comparación de estas fibras de polietileno y de vidrio, como aporte a la práctica clínica. La diversidad de materiales puede presentar incertidumbre a la hora de elegir un material de refuerzo para restauraciones extensas, que busquen prolongar la vida útil de estas mismas. Por lo tanto, la importancia de este estudio radica en conocer cuál de los dos refuerzos (fibras de vidrio y fibras de polietileno) brindan mayor resistencia flexural de los materiales de resina compuesta. El objetivo de este estudio es comparar la resistencia flexural de las fibras de polietileno trenzadas Ribbond y las fibras de vidrio trenzadas Interlig de Angelous, en láminas de resina fluida.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio: Se realizó un estudio experimental *In-vitro*.

Objeto de estudio: Resistencia flexural del refuerzo de fibras de polietileno y fibras de vidrio largas en composites.

Material objeto de estudio: Fibras Ribbond® y Fibras Interlig®, en láminas de resina fluida.

Unidad de observación: Fibras Ribbond® y Fibras Interlig®, en láminas de resina fluida

Variables:

- Dependientes: Resistencia flexural, porcentaje de deformación y módulo elástico
- Independientes: Fibras Ribbond® y Fibras Interlig®

Características de la muestra

Muestra: Láminas de resina reforzada con medidas 2,5cm de longitud, 3 mm de ancho y 2mm de grosor, según la norma ISO 4049 de 2019 (14).

Se obtuvieron dos grupos:

- Grupo 1 (n=21): Láminas de resina reforzadas con fibras Ribbond®
- Grupo 2 (n=21): Láminas de resina reforzadas con fibras Interlig®

Procedimiento

Elaboración de la matriz molde

Se elaboró un prototipo plástico con medidas 2,5cm de longitud, 3 mm de ancho y 2mm de grosor, de acuerdo con la norma ISO 4049 de 2019. El material utilizado fue silicona de adición marca Elite HD+, Zhermack®. Se tomaron porciones iguales de ambos componentes base y activador y se mezclaron. La silicona se ubicó sobre un portaobjetos transparente y se imprimió el prototipo plástico para copiar sus medidas. Se posicionó un nuevo porta objetos sobre la silicona y el prototipo plástico generando presión. Se cumplió el tiempo de polimerización recomendada por los fabricantes para la silicona de adición y de

esta manera se obtuvo el molde guía para la fabricación de la muestra (figura no. 1)

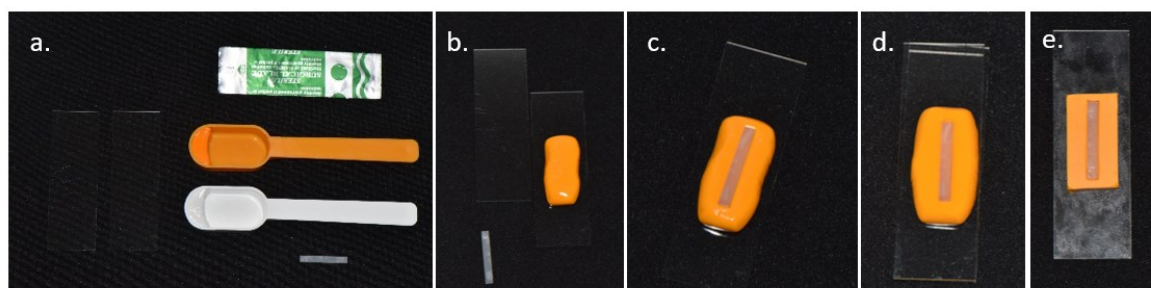


Figura no. 1. Proceso de elaboración de la matriz molde: a. Materiales empleados (silicona de adición Elite HD+, Zhermack ® en proporciones iguales, porta muestras, prototipo plástico y hoja de bisturí. b. Silicona mezclada y posicionada en porta muestras. c. Posicionamiento de prototipo en silicona. d. Colocación de portamuestras sobre silicona y prototipo. e. Matriz molde final con bordes definidos

Elaboración de la muestra

Para este estudio, se estableció un protocolo para la estandarización de la elaboración de las láminas de resina reforzadas con las fibras Ribbond® e Interlig®. Las fibras de polietileno (Ribbond) y vidrio (Interlig de Angelous) fueron cortadas con la medida 23 mm de largo. Para el corte, se utilizaron tijeras del fabricante Ribbond para ambos tipos de fibra. Las fibras Ribbond se humectaron con PermaSeal® por 60 segundos contenido en una caja de protección para inhibir su fotopolimerización. Utilizando el molde de silicona se colocó una capa de 1 mm de grosor de resina fluida Tetric N-Flow Bulk Fill® de la casa comercial Ivoclar Vivadent. Se posicionaron las fibras sobre la resina fluida superficialmente sin ser sumergidas y sobre la fibra nuevamente se colocó resina fluida hasta llenar completamente la matriz molde. Se situó un portaobjetos sobre el molde y se fotopolimerizó a través del vidrio por 20 segundos ubicando en el centro de la muestra la luz de la lámpara de fotocurado a 90°, lo más cerca posible del material (Figura no. 2). Se retiró la muestra del molde.

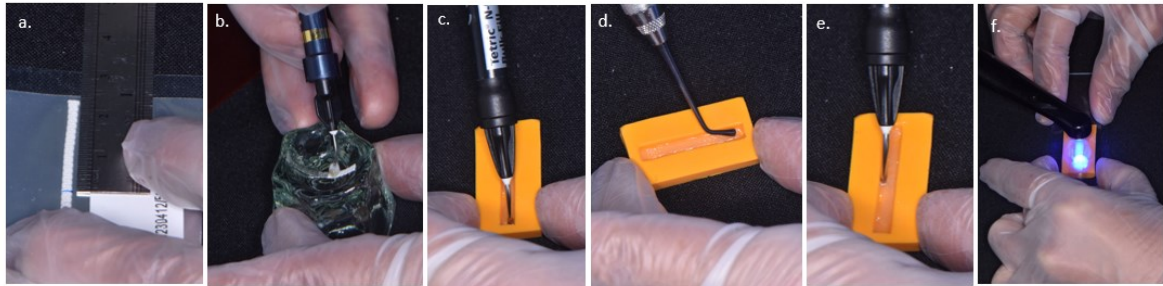


Figura no. 2. Proceso de elaboración de láminas de resina fluida con las fibras. a. Medición de las fibras para corte. b. Impregnación de las fibras Ribbond en PermaSeal. c. Capa inicial 1mm grosor con resina fluida, en el molde. d. Posicionamiento de fibras Ribbond e Interlig. e. Colocación de resina sobre fibras y llenado de la matriz molde. f. Colocación de portaobjetos y fotopolimerización por 20 segundos.

Criterios de selección:

Criterios de inclusión:

Se incluyeron las láminas de resina en buenas condiciones reforzadas con fibras Ribbond e Interlig que cumplieran con las medidas 25mm de longitud, 3 mm de ancho y 2mm de grosor.

Criterios de exclusión:

Se excluyeron las láminas de resina con presencia de burbujas, fisuras o imperfecciones.

Pruebas mecánicas:

Los dos grupos fueron sometidos a pruebas de resistencia flexural. Estas pruebas miden la fuerza por unidad de área en el instante de la fractura en un espécimen de prueba sujeto a la carga de flexión. La resistencia a la flexión es la resistencia que ofrece un material al ser flejado, cuando se aplica esta fuerza al centro del material y este se flexiona hasta fracturarse. Se utilizó el dispositivo de ensayo Instron que consta de dos bases con 15 mm de distancia entre sí y con una punta de aplicación de la carga con medida de 2 mm de diámetro de la curvatura de la punta. Esta punta se colocó centrada entre las bases y ubicada

sobre y en el centro la muestra, de modo que los tres puntos de apoyo constituyen la prueba de flexión a tres puntos (figura no. 3).

La carga se aplicó a una velocidad de cruceta de 0.75 mm/min en la máquina de prueba universal Shimadzu A-GIS 5kN® Shimadzu, Tokio, Japón (figura no. 3).

La resistencia flexural se expresó en MPa y los resultados se registraron y analizaron utilizando el software Trapezium2 (Microsoft Corp., Redmond, WA, EE. UU.).

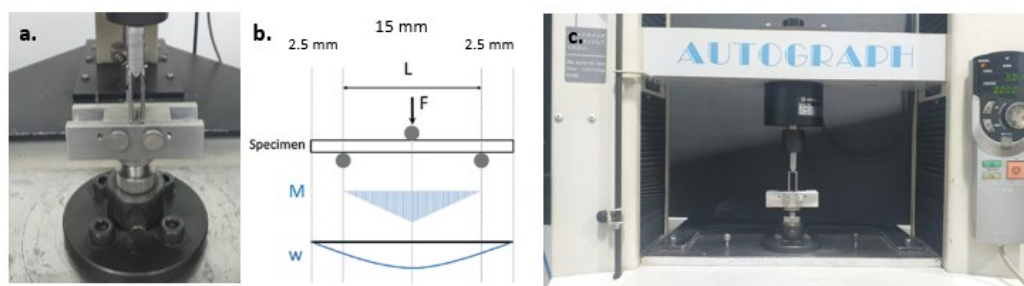


Figura no. 3. Dispositivos de ensayo. a. Máquina de ensayo Instron. b. Aplicación de la carga sobre la muestra para la prueba de flexión en 3 puntos. Separación de 15 mm entre las dos bases de acero inoxidable del aditamento de prueba que soportan la muestra 2.5 mm de la barra de resina lado y lado de las bases para soportarse sobre el aditamento. c. Máquina de prueba universal (Shimadzu A-GIS 5kN® Shimadzu, Tokio, Japón)

Almacenamiento de datos y análisis estadístico

Todos los datos fueron recolectados y almacenados en una base de datos de Excel, registrando el valor de resistencia flexural, porcentaje de deformación y módulo elástico para las 21 muestras, de los dos grupos estudiados; y se analizaron utilizando el software Real Statistics para Excel Versión 8,4. Se realizó un análisis exploratorio de datos para describir la muestra. Posteriormente se realizó la prueba Shapiro Wilk con la cual se evaluó la distribución de los datos obtenidos ($p=0.05$). Se aplicó una prueba t para comprobar los promedios, evaluar si los datos tenían una distribución normal y evaluar diferencias estadísticamente significativas o no normal.

RESULTADOS

Se evaluó la resistencia flexural, el porcentaje de deformación y el módulo elástico para los dos grupos estudiados: Láminas de resina reforzada con fibras Ribbond y láminas de resina reforzadas con fibras Interlig. Los datos obtenidos respecto a la resistencia flexural y el módulo elástico se expresaron en megapascuales (Mpa)

Tabla no. 1. Resistencia flexural, deformación y modulo elástico para cada muestra, de los dos grupos estudiados.

Ribbond				Interlig			
n	Resistencia flexural (Mpa)	Deformación (%)	Módulo elástico (Mpa)	n	Resistencia flexural (Mpa)	Deformación (%)	Módulo elástico (Mpa)
1	70,0716	6,03	1363,56	1	53,0404	4,212	1397,96
2	66,1719	5,796	1319,66	2	50,0586	3,42	1580,67
3	71,6016	5,274	1492,55	3	74,5964	4,968	1701,86
4	63,9714	4,608	1554,86	4	69,6354	4,896	1514,45
5	61,5625	4,59	1539,03	5	65,3646	5,094	1328,26
6	65,1172	5,742	1344,37	6	57,2721	3,888	1519,55
7	60,4883	3,852	1695,94	7	52,7018	3,312	1647,55
8	59,9609	4,014	1653,97	8	55,6055	4,896	1105,07
9	50,2865	3,726	1403,88	9	70,0911	5,058	1466,22
10	62,1419	4,626	1621,57	10	53,6849	3,42	1657,33
11	43,7044	3,276	1419,43	11	69,9284	4,968	1558,16
12	70,0977	5,04	1551,77	12	77,168	5,616	1673,29
13	71,2826	5,148	1596,5	13	49,1406	3,204	1638,42
14	55,5599	3,708	1608,78	14	79,0234	4,95	1756,8
15	53,7174	3,582	1707,94	15	68,8281	5,076	1469,56
16	69,707	4,212	1742,23	16	82,2656	5,31	1749,63
17	57,0703	3,51	1729,9	17	76,4258	5,418	1598,96
18	62,207	4,302	1510,74	18	61,5495	4,554	1401,56
19	72,5846	5,04	1653,86	19	59,1927	3,852	1649,58
20	79,401	5,364	1596,16	20	74,5313	4,932	1550,6
21	77,5911	5,922	1458,52	21	46,3086	4,428	1161,55
Promedio	64,0141	4,63629	1550,72	Promedio	64,1149	4,54629	1529,86
DS	8,90286	0,86328	128,816	DS	11,1049	0,7465	175,127

Tabla no. 2. Promedio de la resistencia flexural, deformación y modulo elástico de los dos grupos estudiados.

	Ribbond (n=21)	Interlig (n=21)	Valor p
Resistencia Flexural			
Promedio±DS	64,01±1,94	64,11±2,42	0,974
Mediana (min-max)	63,97 (43,7-79,4)	65,36 (46,31-82,27)	
Deformación (%)			
Promedio±DS	4,64±019	4,55±0,16	0,720
Mediana (min-max)	4,61 (3,28-6,03)	4,90 (3,20-5,62)	
Módulo Elástico (Mpa)			
Promedio±DS	1550,72±28,11	1529,86±38,22	0,663
Mediana (min-max)	1554,86 (1319,66-1742,23)	1558,16 (1105,07-1756,80)	

p<0.05 significativo por prueba t-test

Tabla no. 3. Prueba Shapiro Wilk

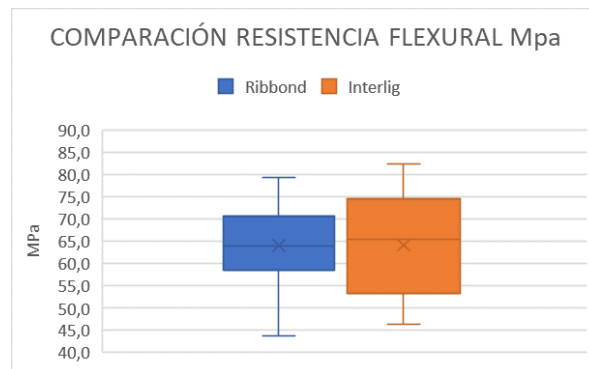
Variable	SW p-value
Resistencia flexural (Mpa)	0,697
	0,075
Deformación (%)	0,168
	0,223
Módulo elástico (Mpa)	0,404
	0,074

Resistencia Flexural

Para el grupo de láminas de resina reforzadas con fibras Ribbond, el promedio de la resistencia flexural correspondió a de 64.01Mpa (tabla no. 2) y para el grupo de láminas de resina reforzadas con fibras Interlig, el promedio de la resistencia flexural fue de 64.11Mpa (tabla no. 2). Comparando la resistencia flexural de los grupos estudiados, el grupo de láminas de resina reforzadas con fibras Interlig tuvo mayor resistencia flexural (64.11Mpa) que el grupo de láminas de resina reforzadas con fibras Ribbond (64.01Mpa) con una diferencia de 0.11Mpa, sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (p=0.97) (tabla

no.2). Los datos de la resistencia flexural tuvieron distribución normal según la prueba Shapiro Wilk (tabla no. 3)

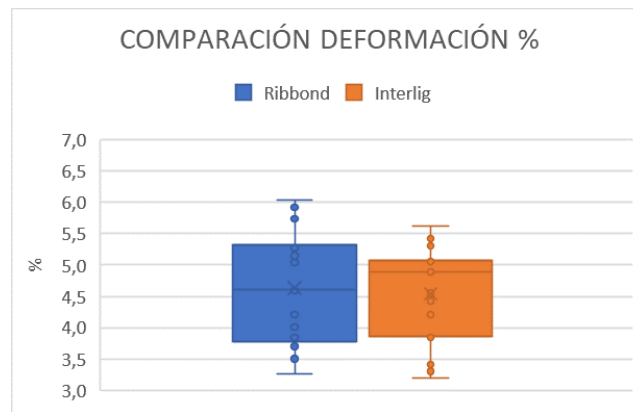
Gráfico 1. Comparación de la resistencia flexural de los dos grupos estudiados



Porcentaje de Deformación

Para el grupo de láminas de resina reforzada con fibras Ribbond, el promedio del porcentaje de deformación fue de 4.64% y para el grupo de láminas de resina reforzadas con fibras Interlig, el promedio del porcentaje de deformación correspondió a 4.55% (tabla no. 2). Comparando los porcentajes de deformación para los dos grupos estudiados, el grupo de láminas de resina reforzadas con fibras Ribbond tuvo mayor promedio de deformación respecto al grupo de láminas de resina reforzadas con fibras Ribbond con una diferencia leve de 0.09%, sin embargo, esta diferencia no tuvo significancia estadística ($p=0.72$) (tabla no. 1). Los datos del porcentaje de deformación tuvieron distribución normal según la prueba Shapiro Wilk (tabla no. 3).

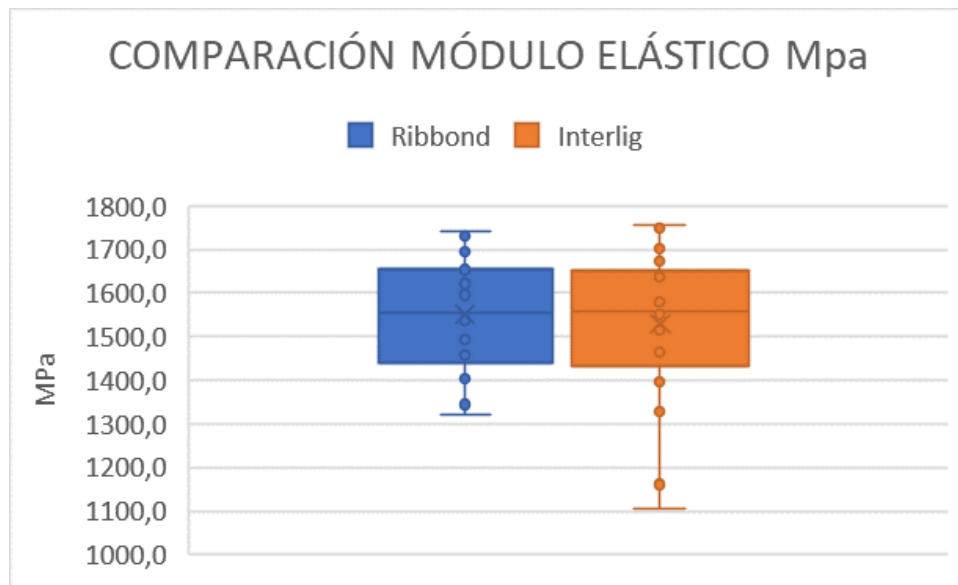
Gráfico 2. Comparación del porcentaje de deformación, de los dos grupos estudiados



Modulo Elástico

El promedio del módulo elástico correspondió a 1550.72 Mpa para el grupo de láminas de resina reforzadas con fibras Ribbond y para el grupo de láminas de resina reforzadas con fibras Interlig, fue de 1529.86 Mpa (tabla no. 2). El promedio del módulo elástico del grupo de láminas de resina reforzadas con fibras Ribbond fue 20.86 Mpa mayor respecto al grupo de láminas de resina reforzadas con fibras Interlig, sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p=0.66$) (tabla no. 2). Los datos del módulo elástico tuvieron distribución normal según la prueba Shapiro Wilk (tabla no. 3)

Gráfica 3. Comparación de la resistencia flexural, porcentaje de deformación y modulo elástico, de los dos grupos estudiados



DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue evaluar y comparar la resistencia flexural, deformación, y módulo elástico de dos grupos de fibras: fibras de polietileno trenzadas (Ribbond®) y fibras de vidrio trenzadas (Interlig®), en láminas de resina fluida con cada tipo de fibra interpuesta entre la resina fluida. El grupo de estudio encontró que, en cuanto a la resistencia flexural, el grupo Interlig (64,11 MPa) fue el que presentó el mayor promedio en comparación con el grupo Ribbond (64,01Mpa), sin observarse diferencias estadísticamente significativas ($p=0,974$). Estos datos concuerdan con el estudio de Medeiros R. realizado en 2012, en el que comparó composites reforzados con 1 y 2 capas de fibras de polietileno y vidrio (Ribbond® e Interlig®, respectivamente). El composite reforzado con 2 capas de fibras Interlig® tuvo una resistencia a la flexión mayor en comparación a las fibras Ribbond® con 1 o 2 capas. La resistencia a la flexión promedio del composite reforzado con dos capas de fibras Interlig® correspondió a 165.4 Mpa y el composite reforzado con dos capas de fibras Ribbond tuvo una

resistencia a la flexión de 126.2 Mpa (15). Por otra parte, existen estudios que afirman que las fibras de polietileno presentan mayor resistencia a la flexión frente a las fibras de vidrio. El estudio de Gaspar Junior et al. en 2009 comparó la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad de dos sistemas de fibras de refuerzo: fibras de refuerzo de vidrio (Interlig - Angelus®) y polietileno (Connect - KerrLab®); y encontró que las fibras de polietileno en doble capa tenían una mayor resistencia a la flexión en comparación con todas las demás combinaciones probadas (Interlig con una y dos capas, Connect con 2 capas) (16).

En el estudio actual, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,720$) al comparar el porcentaje de deformación entre los grupos, aunque se observó que el grupo de fibras Ribbond presentó el valor más alto comparado con el grupo de fibras Interlig (4,64% vs 4,55% respectivamente). Para los valores del módulo elástico se evidenció un mayor valor para el grupo de fibras Angelous (1529,86Mpa) en comparación con el grupo de Fibras Ribbond (1550,72Mpa), pero esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p=0,663$). Esto indica que las propiedades físico-mecánicas son similares para los dos tipos de fibras, y que las fibras de vidrio o de polietileno tendrían el mismo comportamiento mecánico como refuerzo para composites, según este estudio. Se podría discutir que los resultados sugieren que tanto las fibras Ribbond como las fibras Interling son adecuadas para su uso en aplicaciones de resistencia flexural. Además, se podría destacar que las fibras Ribbond tienen un módulo elástico mayor que las fibras Interlig, esto indica que las fibras Ribbond tienen una mayor capacidad de resistencia a la deformación, lo que podría ser una ventaja en dientes anteriores estructuralmente afectados, mientras que el grupo

de fibras Interlig® presentó una resistencia flexural mayor que las fibras Ribbond® lo que podría ser una ventaja en otras aplicaciones. La elección entre las fibras Ribbond® e Interlig® dependerá de las necesidades específicas de cada aplicación. No obstante, estos resultados comparativos son un acercamiento al comportamiento de las fibras Ribbond® y fibras Interlig® como refuerzo de resina, se hace necesario seguir evaluando este comportamiento con estudios *In-Vitro* en dientes naturales para dar resultados más precisos.

Las restauraciones de resina compuesta que contienen refuerzos con fibras han sido introducidas en el campo odontológico con el fin de lograr un aumento y duración de las mismas, mejorar su rigidez y mejorar la distribución de las fuerzas a lo largo de las fibras (17). La resistencia a la flexión de la estructura dental tiene un importante aumento cuando se usan resinas compuestas reforzadas con fibras, esto ha hecho que se considere el uso de resina compuesta para cavidades extensas (17). La aplicación de fibras como refuerzo en restauraciones dentales aumenta considerablemente la resistencia a la fractura de los dientes posteriores cuya estructura se encuentra debilitada, tal como en cavidades clase II (18). Rashidan N et al. en 2009, afirman que la disposición “curvada” de la fibra mejora las características mecánicas (19). En especial, la fibra de polietileno Ribbond posee un módulo elástico alto, presenta alta resistencia por su integración de las fibras con la resina compuesta, llevando las restauraciones a una mayor longevidad clínica (20). Por otra parte, las fibras Interlig (Angelus) presentan al igual que las fibras Ribbond una disposición trenzada triaxial, siendo un tipo de tejido especial que le da a la fibra características de estabilidad y elasticidad, con la diferencia que estas vienen

preimpregnadas y húmedas con adhesivo de baja carga para su manipulación. La incorporación de fibra de vidrio disminuye y homogeniza el estrés ocasionado por la carga masticatoria (21). El estudio de Caceres M. en 2018, muestra que las fibras de vidrio Interlig de Ángelus como refuerzo para composites aumentan significativamente la resistencia compresiva frente a composites sin refuerzos y que comparando la resistencia compresiva de los grupos de estudio se ha demostrado que el refuerzo con fibra de vidrio mejoró la resistencia compresiva en un 82.83%, siendo esta diferencia estadísticamente significativa (21)

Existen estudios que coinciden con la implementación de distintos materiales como refuerzo para restauraciones dentales. La fibra de polietileno en comparación a la fibra de vidrio presenta mayores valores de resistencia a la fractura. Say et al. En 2019, en su estudio evaluaron el comportamiento a la fractura de restauraciones reforzadas con diversas técnicas. Compararon refuerzos de fibras de polietileno y fibras de vidrio en terceros molares mandibulares con preparaciones MOD realizadas *in-vitro*. Encontraron que, entre todos los grupos restaurados, la ferulización transcoronal con fibras de polietileno produjo la mejor resistencia a la fractura superando ligeramente los valores de los dientes intactos, sin existir diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos reforzados con fibras Ribbond. Por lo tanto, el uso de fibras de polietileno parece ser beneficioso, independientemente de su posición dentro de la cavidad o de la restauración (7).

Patnana et al. en 2018 en su estudio evaluó la resistencia a la fractura de composites reforzados con fibras de polietileno (Ribbond, Ribbond INC, Seattle, Washington, EE. UU) y de vidrio (Fiber-Splint, Polydentia SA, Suiza), para lo cual prepararon fracturas incisales y mesoincisaes de incisivos centrales maxilares y

realizaron las restauraciones reforzadas con las fibras ya descritas. Se aplicó una carga de fatiga por compresión con una punta de carga de 1 mm de diámetro de cruceta, a una velocidad de 1 mm por minuto en máquina de prueba Universal capacidad de 250 KN y marca Instron. Los composites reforzados con fibra de polietileno mostraron valores máximos medios de carga de falla máxima en comparación con los otros grupos experimentales (22).

El valor de la resistencia flexural establecido por la norma ISO 4049 de 2019 (14) para materiales de restauración a base de polímeros y materiales de fijación, cuyo fraguado requiere de la aplicación de energía de una fuente externa como la luz azul de manera intraoral (tipo 2, clase 2 – grupo 1, según la norma ISO 4049), el valor mínimo establecido para la resistencia flexural es de 50Mpa. Los dos grupos estudiados superan este valor mínimo en un 14.01 Mpa para el grupo de láminas de resina reforzadas con fibras Ribbond, y en un 14.11 Mpa para el grupo de láminas de resina reforzadas con fibras Interlig. Se hace necesario comparar la resistencia flexural de estos dos grupos frente a un grupo control que contenga únicamente resina fluida sin ningún tipo de refuerzo, para evaluar la mejora en la resistencia flexural con la presencia de refuerzos con fibras de polietileno y de vidrio.

Esta investigación presenta fortalezas y debilidades. Dentro de las debilidades se encuentra el hecho de que las mediciones de resistencia flexural, el porcentaje de deformación y el Módulo elástico se realizaron en láminas de resina fluida que, aunque cumplían con la norma ISO 4049 de 2019, no se asemeja a las características funcionales de los dientes naturales. Por esto, se hace necesario que estas propiedades mecánicas sean evaluadas en modelos anatómicos con similares características lo cual aportaría una información

relevante para la práctica clínica. A la fecha son pocos los estudios que comparan las fibras Ribbond y las fibras Interlig entre sí, lo que confiere al estudio una gran validez como punto de partida en esta línea de investigación.

CONCLUSIÓN

Las fibras Ribbond® tienen un módulo elástico y un porcentaje de deformación mayor que las fibras Interlig®, mientras que las fibras Interlig tienen una resistencia flexural mayor que las fibras Ribbond®. Sin embargo, los resultados del estudio muestran que no existe una diferencia estadísticamente significativa ($p>0.05$) entre la resistencia flexural, el porcentaje de deformación y el módulo elástico entre los dos grupos comparados (fibras Ribbond® e Interlig®).

En general, el estudio sugiere que tanto las fibras Ribbond® como Interlig® tienen un rendimiento similar en términos de resistencia a la flexión, deformación y módulo elástico; y que ambos tipos de fibras son adecuados para su uso en aplicaciones de resistencia flexural.

AGRADECIMIENTOS

A la Institución Universitaria Colegios de Colombia UNICOC por sus recursos físicos, servicios de biblioteca y adquisición de artículos, cursos, capacitaciones, materiales y el tiempo de jornada de trabajo de los docentes (director).

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses de tipo económico, personal o beneficio secundario. Los resultados no fueron influenciados por las empresas y casas comerciales de los materiales que van a ser utilizados durante la

investigación, cumpliendo así con lo exigido en la Resolución 0314 de 2018 (Política de bioética, ética de la investigación e integridad científica).

FINANCIACIÓN

El presente estudio fue financiado con los recursos propios de cada uno de los investigadores.

BIBLIOGRAFIA

1. Mergulhão VA, De Mendonça LS, De Albuquerque MS, Braz R. Fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars restored with different methods. Oper Dent. 2019;44(1): E1–11.
2. Riva YR, Rahman SF. Dental composite resin: A review, Padang, Indonesia: 2019, p. 020011. <https://doi.org/10.1063/1.5139331>
3. Velo MMDAC, Coelho LVBF, Basting RT, Amaral FLBD, França FMG. Longevity of restorations in direct composite resin: literature review. RGO, Rev Gaúch Odontol 2016;64:320–6. <https://doi.org/10.1590/1981-8637201600030000123109>.
4. Bompolaki D, Lubisich EB, Fugolin AP. Resin-Based Composites for Direct and Indirect Restorations. Dental Clinics of North America 2022;66:517–36. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2022.05.003>.
5. Thomaidis S, Kakaboura A, Mueller WD, Zinelis S. Mechanical properties of contemporary composite resins and their interrelations. Dental Materials2013;29:e132–41. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.04.025>.

6. Mangoush E, Garoushi S, Lassila L, Vallittu PK, Säilynoja E. Effect of fiber reinforcement type on the performance of large posterior restorations: A review of in vitro studies. *Polymers (Basel)*. 2021;13(21):1–12.
7. Sáry T, Garoushi S, Braunitzer G, Alleman D, Volom A, Fráter M. Fracture behaviour of MOD restorations reinforced by various fibre-reinforced techniques – An in vitro study. *J Mech Behav Biomed Mater [Internet]*. 2019;98(July):348–56. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.07.006>
8. M. Ganesh and Shobha Tandon. Versatility of Ribbond in Contemporary Dental Practice. *Trends Biomater. Artif. Organs*. 2006;20(1), 53-58.
9. Avcılar İH, Bakır Ş. Use of fiber-containing materials in restorative dentistry. *JDSE* 2023;1:49–54.
10. Belli S, Eskitascioglu GÜ. Biomechanical properties and clinical use of a polyethylene fibre post-core material. *International Dentistry South Africa*. 2006;8(3):20-6.
11. Ribbond. Ribbond cinta de refuerzo adhesiva (Internet). (Citado 10 Nov 23). Disponible en: <https://www.royal-dent.com/fotosup/infoAdicional/3908-ManualRibbond.pdf>
12. Tuloglu N, Bayrak S, Tunc ES. Different clinical applications of bondable reinforcement ribbond in pediatric dentistry. *Eur J Dent*. 2009 Oct;3(4):329-34. PMID: 19826607; PMCID: PMC2761166.
13. Angelus. Interlig fibra de refuerzo (Internet). Disponible en: <https://angelus.ind.br/assets/uploads/2020/09/Perfil-Tecnico-Cientifico-Interlig.pdf>

14. ISO 4049:2019. Dentistry — Polymer-based restorative materials.
Disponível em: <https://www.iso.org/standard/67596.html>
15. Medeiros RS. Resistência à flexão, sorção, solubilidade e estabilidade de cor de compósitos odontológicos reforçados por fibras. Mestrado em Materiais Dentários. Universidade de São Paulo, 2012.
<https://doi.org/10.11606/D.23.2012.tde-14012013-145358>
16. Gaspar Junior ADA, Lopes MWF, Gaspar GDS, Braz R. Comparative study of flexural strength and elasticity modulus in two types of direct fiber-reinforced systems. Braz Oral Res 2009;23:236–40.
<https://doi.org/10.1590/S1806-83242009000300003>.
17. Valizadeh S, Ranjbar Omrani L, Deliperi S, Sadeghi Mahounak F. Restoration of a Nonvital Tooth with Fiber Reinforce Composite (Wallpapering Technique). Case Reports in Dentistry 2020;2020:1–6.
<https://doi.org/10.1155/2020/9619787>.
18. Jakab A, Volom A, Sárý T, Vincze-Bandi E, Braunitzer G, Alleman D, et al. Mechanical Performance of Direct Restorative Techniques Utilizing Long Fibers for “Horizontal Splinting” to Reinforce Deep MOD Cavities—An Updated Literature Review. Polymers (Basel). 2022;14(7)
19. Rashidan N, Esmaeili V, Alikhasi M, Yasini S. Model system for measuring the effects of position and curvature of fiber reinforcement within a dental composite. J Prosthodont. 2010;19(4):274–8.
20. Hurtado Montero W. Aplicaciones de las fibras de polietileno en restauraciones dentales (tesis de pregrado). Guayaquil, Ecuador: 2021.

21. Caceres M. Estudio comparativo de la resistencia a la compresión entre resinas de laboratorio con y sin refuerzo de fibra de vidrio (Tesis de pregrado. Arequipa, Perú: 2018.
22. Patnana AK., Rao VVN, Chandrabhatla SK, Rajasekhar VR. Comparative Evaluation of the Fracture Resistance of Two Different Fiber-reinforced Composite Restorations with Particulate Filler Composite Restorations. International Journal of Clinical Pediatric Dentistry 2018;11:277–82.
<https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1526>