



Facultad Ciencias de la Salud

Tema:

**Impacto en la rugosidad de los alambres de ortodoncia posterior a la aplicación de diferentes enjuagues bucales. Estudio IN VITRO**

**Trabajo de titulación para la obtención del título de Especialista en ortodoncia**

**Presentada por:**

Od. Gabriela Mishel Salinas Sanchez

**Tutor:**

Dr. Stalin Tamami

**Quito, septiembre del 2025**

## Resumen

Los alambres de níquel-titanio (NiTi) empleados en ortodoncia pueden sufrir alteraciones superficiales por la acción de fluoruros y otros compuestos presentes en enjuagues bucales, generando corrosión y aumento de rugosidad. Estos cambios clínicamente incrementan la fricción durante el deslizamiento dentario y favorecen la adhesión bacteriana.

El objetivo de este estudio fue evaluar in vitro el efecto de dos enjuagues bucales sobre la rugosidad de alambres NiTi: Encident Brackets (con flúor y clorhexidina) y BambooSmile (natural, sin flúor ni clorhexidina). Se emplearon 30 segmentos de alambre rectangular (0,019" x 0,025", Orthometric), distribuidos en tres grupos: control, enjuague convencional y enjuague natural. Las muestras fueron sometidas a saliva artificial y posteriormente a inmersiones periódicas en los colutorios, simulando 30 días de uso clínico. La rugosidad promedio (Rz) se midió con rugosímetro antes y después de la exposición.

Los resultados mostraron que ambos enjuagues incrementaron significativamente la rugosidad superficial ( $p < 0,05$ ), sin diferencias estadísticas entre ellos ( $p > 0,05$ ). Se concluye que tanto los enjuagues convencionales como los naturales modifican la superficie del NiTi, lo que puede influir en la fricción y la retención de placa. Se recomienda realizar investigaciones adicionales a largo plazo para confirmar su seguridad y compatibilidad con los materiales ortodónticos.

**Palabras clave:** Corrosión, Níquel Titanio, Enjuague bucal, Encident Bracket, Bamboo Smile, Rugosímetro.

### **Declaración de Aceptación de Norma Ética y Derechos**

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Gabriela Mishell Salinas Sánchez

C.I. 1600440299

## **Dedicatoria**

A mis padres, por ser mi mayor inspiración y mi pilar más sólido. Su amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido fundamentales en cada etapa de mi vida. Gracias por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la perseverancia y la honestidad. Este logro es también suyo.

A mi esposo, por su paciencia, comprensión y aliento constante. Gracias por estar a mi lado en cada desafío, por creer en mí incluso en los momentos de duda y por ser mi compañero incondicional en este camino. Sin tu apoyo, este sueño no habría sido posible.

A ustedes, que con amor y dedicación han sido mi mayor fuente de fortaleza, les dedico este trabajo con gratitud infinita

## Índice

Declaración de Aceptación de Norma Ética y Derechos .....	3
Índice.....	5
Índice de Tablas .....	6
Índice de Figuras.....	7
Índice de Gráficos .....	8
Abstract.....	11
Introducción .....	12
Capítulo 1. Marco Referencial.....	14
Capítulo 2: Investigación .....	18
Resultados.....	24
Capítulo 3. Discusión De Los Datos.....	30
Conclusiones.....	33
Referencias.....	34
Anexos .....	38

## Índice de Tablas

Tabla 1. Materiales utilizados en el estudio .....	18
Tabla 2. Pruebas de normalidad .....	24
Tabla 3. Muestras iniciales.....	25
Tabla 4. Comparación de muestras iniciales y finales en cada uno de los grupos.....	26
Tabla 5. Comparación entre Encident Bracket y Bamboo smile .....	28

## Índice de Figuras

Figura 1. Rugosímetro .....	21
Figura 2. Prueba en saliva artificial .....	22
Figura 3. Prueba en enjuague bucal Bamboo Smile .....	23
Figura 4. Prueba en enjuague bucal Encident Bracket .....	23

## Índice de Gráficos

Gráfico 1. Comparación de muestras iniciales y finales en cada uno de los grupos. ....	27
Gráfico 2. Comparación entre Encident Bracket y Bamboo smile. ....	28

## **Impacto en la rugosidad de los alambres de ortodoncia posterior a la aplicación de diferentes enjuagues bucales. Estudio IN VITRO**

Gabriela Mishel Salinas Sánchez

Universidad Hemisferios

Gsalinas3040@gmail.com

### **RESUMEN**

Los alambres de níquel-titanio (NiTi) empleados en ortodoncia pueden sufrir alteraciones superficiales por la acción de fluoruros y otros compuestos presentes en enjuagues bucales, generando corrosión y aumento de rugosidad. Estos cambios clínicamente incrementan la fricción durante el deslizamiento dentario y favorecen la adhesión bacteriana.

El objetivo de este estudio fue evaluar in vitro el efecto de dos enjuagues bucales sobre la rugosidad de alambres NiTi: Encident Brackets (con flúor y clorhexidina) y BambooSmile (natural, sin flúor ni clorhexidina). Se emplearon 30 segmentos de alambre rectangular (0,019" x 0,025", Orthometric), distribuidos en tres grupos: control, enjuague convencional y enjuague natural. Las muestras fueron sometidas a saliva artificial y posteriormente a inmersiones periódicas en los colutorios, simulando 30 días de uso clínico. La rugosidad promedio (Rz) se midió con rugosímetro antes y después de la exposición.

Los resultados mostraron que ambos enjuagues incrementaron significativamente la rugosidad superficial ( $p < 0,05$ ), sin diferencias estadísticas entre ellos ( $p > 0,05$ ). Se concluye que tanto los enjuagues convencionales como los naturales modifican la superficie del NiTi, lo que puede influir en la fricción y la retención de placa. Se recomienda realizar investigaciones adicionales a largo plazo para confirmar su seguridad y compatibilidad con los materiales ortodónticos.

**Palabras clave:** Corrosión, Níquel Titanio, Enjuague bucal, Encident Bracket, Bamboo Smile, Rugosímetro.

## Abstract

Nickel-titanium (NiTi) orthodontic wires can undergo surface alterations due to the action of fluorides and other compounds present in mouthwashes, leading to corrosion and increased roughness. Clinically, these changes may raise friction during tooth movement and promote bacterial adhesion.

The aim of this study was to evaluate in vitro the effect of two mouthwashes on the surface roughness of NiTi wires: Encident Brackets (containing fluoride and chlorhexidine) and BambooSmile (natural, without fluoride or chlorhexidine). Thirty rectangular wire segments (0.019" x 0.025", Orthometric) were used and divided into three groups: control, conventional mouthwash, and natural mouthwash. The samples were immersed in artificial saliva and then subjected to periodic immersions in the mouthwashes, simulating 30 days of clinical use. Average roughness (Rz) was measured with a profilometer before and after exposure.

The results showed that both mouthwashes significantly increased surface roughness ( $p < 0.05$ ), with no statistical differences between them ( $p > 0.05$ ). It is concluded that both conventional and natural mouthwashes modify the surface of NiTi wires, which may influence friction and plaque retention. Further long-term studies are recommended to confirm their safety and compatibility with orthodontic materials.

**Keywords:** Corrosion, Nickel-Titanium, Mouthwash, Encident Brackets, BambooSmile, Profilometer.

## Introducción

El tratamiento de ortodoncia permite mejorar la posición dental y la función oclusal gracias a la utilización de una variedad de técnicas que usan materiales biocompatibles con el ser humano. (Gacitúa, et al .2020). El desafío consiste en que estos biomateriales mantengan la integridad durante su tiempo de uso, tomando en cuenta que existen factores que podrían influir en la superficie de los mismos. (Hernández, et al. 2021).

El medio bucal constituye un entorno dinámico y complejo, caracterizado por variaciones de pH, temperatura, actividad enzimática, presencia de microorganismos y exposición constante a agentes químicos como los fluoruros, que pueden comprometer la integridad de estos materiales (Mejía y Gutiérrez, 2020).

La corrosión, un proceso electroquímico que degrada las aleaciones metálicas al interactuar con su entorno, constituye una de las principales amenazas para los alambres ortodónticos. En las aleaciones de NiTi, si bien su estructura cristalina con memoria de forma les otorga propiedades mecánicas únicas, la exposición a fluoruros puede provocar la disolución de su capa protectora de óxido de titanio, incrementando la liberación de iones metálicos y generando superficies rugosas que aumentan la fricción entre el alambre y el bracket, disminuyendo la eficiencia del tratamiento e incluso favoreciendo fracturas prematuras (Eliades et al., 2004; Pérez et al., 2020).

En este contexto, los agentes profilácticos de uso cotidiano, como enjuagues o geles fluorados, y la propia saliva o su sustituto artificial en condiciones in vitro pueden acelerar la degradación superficial de los alambres ortodónticos. Este deterioro no solo impacta en la

mecánica del tratamiento, sino que también plantea riesgos biológicos derivados de la liberación de iones metálicos y de la mayor retención de placa bacteriana sobre superficies irregulares.

Frente a este panorama, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el nivel de rugosidad superficial que presentan los alambres de ortodoncia de níquel-titanio tras su exposición a diferentes enjuagues bucales en presencia de saliva artificial, medido mediante un rugosímetro?

Ante esta problemática, resulta necesario evaluar de manera comparativa el efecto de enjuagues convencionales y naturales sobre la superficie de los alambres ortodónticos. Esta investigación no solo busca identificar qué tipo de colutorio altera en mayor medida su integridad, sino también aportar evidencia científica que oriente a los profesionales en la selección de productos de higiene compatibles con materiales sensibles como el NiTi, favoreciendo una práctica ortodóntica más eficaz, segura, biocompatible y alineada con principios de salud y sostenibilidad.

El objetivo general del presente estudio fue determinar el nivel de rugosidad superficial del arco de nitinol (0,019” x 0,025”) marca Orthometric superelastico tras su exposición a soluciones fluoradas (Encident Bracket, Bamboo Smile) y saliva artificial, utilizando un rugosímetro.

En suma, esta investigación no solo busca determinar qué tipo de enjuague altera en mayor medida la superficie del alambre ortodóntico, sino también aportar evidencia que oriente la elección de productos de higiene compatibles con materiales sensibles como el NiTi, promoviendo una práctica ortodóntica más eficaz, biocompatible, basada en la evidencia y alineada con los principios de salud y sostenibilidad.

## Capítulo 1. Marco Referencial

La ortodoncia es la especialidad de la odontología dedicada al diagnóstico, prevención y corrección de las maloclusiones dentarias y esqueléticas, mediante el uso de dispositivos como brackets y arcos dentales. Entre los componentes fundamentales del tratamiento se encuentran los alambres ortodónticos, elaborados con diversas aleaciones metálicas como el Nitinol, cuya función es aplicar fuerzas para lograr una oclusión funcional, estética y estable (Gacitúa et al., 2020; Hernández, 2021).

Estos dispositivos deben conservar su integridad física, química y mecánica a lo largo del tratamiento, ya que están sometidos continuamente a las condiciones del medio bucal, como la humedad, los cambios de pH, los componentes salivales, las fluctuaciones térmicas y los productos de higiene oral.

El Nitinol, primera aleación comercial de níquel-titanio (NiTi) para ortodoncia, fue desarrollado en 1963 en el Naval Ordnance Laboratory y utilizado clínicamente desde 1972, destacando por su alta resiliencia y bajo módulo de elasticidad, aunque inicialmente sin memoria de forma ni superelasticidad. Posteriormente, se introdujeron aleaciones superelásticas (1978) y termodinámicas activadas por calor (década de 1990), capaces de mantener fuerzas constantes y recuperar su forma original, optimizando la eficiencia clínica (Gravina et al., 2014).

En la práctica ortodóntica, los alambres de níquel-titanio (NiTi), están compuestos por una aleación de níquel (55 %) y titanio (45 %), lo que les confiere memoria de forma y superelasticidad. Estos alambres, fabricados mediante procesos avanzados como fusión en arco bajo vacío (VAR) o por inducción (VIM) y tratamientos térmicos controlados, pueden degradarse debido a la interacción de factores mecánicos y ambientales, incluyendo estrés, fricción,

abrasión, cambios de pH, temperatura, bacterias y agentes como el flúor. Esta degradación puede alterar la morfología de la superficie, favorecer la liberación de níquel, aumentar la corrosión y disminuir la durabilidad del alambre, aunque su diseño y fabricación permiten ejercer fuerzas constantes y suaves durante el tratamiento, optimizando la eficacia y comodidad clínica (Markovic et al., 2024)

En este contexto, la higiene bucal cobra especial relevancia, ya que los aparatos ortodónticos fijos dificultan la remoción de placa bacteriana, incrementan el riesgo de caries, gingivitis y descalcificación, y hacen necesario el uso de auxiliares como los enjuagues bucales para reforzar el control químico del biofilm. Sin embargo, el uso frecuente de colutorios con fluoruro ha sido asociado a efectos adversos sobre los alambres ortodónticos, particularmente aquellos fabricados con aleaciones como el níquel-titanio (NiTi), que si bien poseen una capa pasiva de óxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) que los protege frente a la corrosión, esta puede deteriorarse en presencia de fluoruros, pH ácidos o iones cloruro, dando paso a corrosión localizada, pérdida de la integridad mecánica y liberación de iones metálicos (Eliades et al., 2004; Eraydın & Nalbantgil, 2024; Mejía & Gutiérrez, 2020).

La corrosión es un fenómeno electroquímico que, además de comprometer la biocompatibilidad del material, genera alteraciones en la rugosidad superficial, lo cual tiene repercusiones clínicas directas: una superficie más rugosa incrementa la fricción entre bracket y alambre, dificulta el movimiento dentario, prolonga el tiempo del tratamiento y aumenta la retención de placa bacteriana (Pérez et al., 2020; Fariborz & Farhadi, 2023).

Investigaciones como las de Barrett, Bishara y Quinn (1996) han demostrado que los iones fluoruro son capaces de romper la capa de óxido protectora del NiTi, favoreciendo la formación de fisuras y picaduras.

En este estudio se comparan dos tipos de colutorios: Encident Brackets, un enjuague convencional que contiene fluoruro sódico (NaF), clorhexidina digluconato (antibacteriano), xilitol (anticaries) y extracto de manzanilla (antiinflamatorio), libre de alcohol pero potencialmente corrosivo para materiales metálicos; y BambooSmile, una alternativa natural sin flúor ni clorhexidina, formulada con bicarbonato de sodio (regulador de pH), aceites esenciales de árbol de té, romero, tomillo, limón y extractos vegetales con propiedades antisépticas y calmantes (Fair Zero Waste, 2024; Mothe et al., 2020; Bakkali et al., 2008).

Desde un enfoque clínico, el incremento de la rugosidad puede traducirse en mayor fricción entre bracket y alambre, dificultando el movimiento dentario, prolongando el tiempo de tratamiento y aumentando la retención de placa bacteriana, lo que compromete la salud periodontal. Si bien Encident Brackets está diseñado para pacientes con ortodoncia, su contenido de fluoruro y clorhexidina requiere ser usado con criterio, especialmente en tratamientos prolongados. Por otro lado, BambooSmile, aunque formulado sin compuestos agresivos, no resulta completamente inocuo, ya que también mostró alteraciones significativas.

Estudios recientes como los de Al-Harbi et al. (2022) y Yildirim et al. (2024) han evidenciado que los enjuagues con flúor y alcohol generan mayor deterioro morfológico, incremento de rugosidad y mayor desprendimiento iónico que aquellos de formulación natural. Para evaluar este efecto bajo condiciones controladas, se emplea saliva artificial como medio de simulación del pH oral, la cual contiene electrolitos, xilitol y carboximetilcelulosa (Lamosan, 2018), mientras que la medición con rugosímetro permite cuantificar de forma precisa el parámetro Ra (rugosidad promedio), siendo este un indicador clave de la estabilidad superficial del material.

Un rugosímetro es un instrumento que mide la rugosidad o irregularidad microscópica de una superficie. Se utiliza para evaluar la textura superficial de materiales, detectando cambios que pueden afectar su desempeño mecánico o estético.

Persson (2023) analiza los parámetros de rugosidad que indican el nivel de aspereza o irregularidad de una superficie. Se utilizan para evaluar la calidad del acabado superficial.

Algunos parámetros comunes:

- $R_t$ : Máxima distancia pico-valle en una longitud básica.
- $R_y$ : Mayor pico-valle de todas las longitudes básicas.
- $R_z$ : Promedio de máximas alturas pico-valle en varias secciones.
- $R_{pm}$ : Promedio de las distancias desde los picos más altos hasta la línea media.
- $R_a$ : Promedio aritmético de desviaciones desde la línea media (muy usado).
- $R_q$ : Promedio cuadrático de desviaciones desde la línea media.

El agua bidestilada es utilizada como medio de lavado y desinfección. Esta agua, obtenida mediante doble destilación, se caracteriza por su alta pureza y baja conductividad eléctrica. Nayak et al. (2014) destacan que el agua bidestilada también se emplea como medio de irrigación y limpieza de conductos dentales por sus propiedades.

## Capítulo 2: Investigación

### Metodología

Se llevará a cabo un estudio experimental comparativo in vitro, con el objetivo de analizar el efecto de dos tipos de enjuagues bucales comerciales (Encident Bracket y Bamboo smile) que se ajustan a los criterios de la ADA Specification No. 116: Oral Rinses (ISO 16408:2004, MOD, sobre la superficie de alambres de ortodoncia rectangular (0.019 x 0.025 pulgadas) de 2 cm de longitud, marca Orthometric superelastico los cuales cumplen con los requerimientos establecidos en la ADA Standard No. 32: Orthodontic Wires (ISO 15841:2014, MOD). En la fase preliminar, se efectuó una prueba piloto con 10 segmentos de alambre de ortodoncia con las características ya mencionadas. Las muestras fueron previamente inmersas en saliva artificial y, posteriormente, expuestas a los enjuagues bucales Encident Bracket y Bamboo Smile. El análisis preliminar evidenció un incremento en los valores de rugosidad superficial, lo que fundamentó la realización del estudio experimental in vitro.

En el presente estudio se utilizarán 30 segmentos de alambre rectangular de Nitinol de 2 cm de longitud de la marca Orthométric con medidas 0.019 x 0.025 pulgadas. Los materiales se describirán en la tabla 1.

### Tabla 1.

*Materiales utilizados en el estudio*

<b>Material</b>	<b>Descripción</b>
<b>Alambres NiTi 0.019 x 0.025” (Orthometric)</b>	Segmentos de 2 cm de longitud, nuevos, lisos y sellados. Aleación de níquel-titanio (NiTi), comúnmente utilizada en ortodoncia por sus propiedades superelásticas y de memoria de forma.

<b>Enjuague bucal Encident Brackets</b>	Colutorio formulado para pacientes con aparatos fijos. Contiene clorhexidina (antibacteriano), xilitol (anticaries), extracto de manzanilla (antiinflamatorio), libre de alcohol y con sabor a menta. Ayuda al control de placa y salud gingival (Encident, 2024).
<b>Enjuague bucal BambooSmile</b>	Enjuague natural comercializado por Fair Zero Waste. Contiene bicarbonato de sodio, xilitol, manzanilla, árbol de té, romero, tomillo, aceite de limón, glicerol y sorbitol. No contiene alcohol ni clorhexidina (Fair Zero Waste, 2024).
<b>Saliva artificial (Lamosan Laboratorios)</b>	Compuesto de electrolitos Na, K, Mg, Ca, P, Xylitol, Complejo nipagin-nipasol. Simula condiciones orales al hidratar y lubricar (Lamosan, 2018).
<b>Agua bidestilada (Sanderson)</b>	Agua obtenida por doble destilación, libre de contaminantes y sales minerales.

Previo a cualquier tratamiento, se realizará una medición basal (día 0) de la rugosidad superficial (Rz) en las 30 muestras utilizando un rugosímetro, estableciendo así la línea base para evaluar los efectos posteriores de los tratamientos. Posteriormente, todas las muestras serán sumergidas en saliva artificial Saliv by Denture (Laboratorios Lamosan) durante 24 horas, manteniéndose a temperatura ambiente controlada, con el objetivo de simular el contacto previo con el medio bucal.

Las muestras serán divididas en 3 grupos experimentales:

- N1 (n=30): Muestra control

- N2 (n=10): Exposición de alambre de nitinol marca Orthometric de 0.019 x 0.025” de 2cm de longitud al enjuague bucal Encident Brackets.
- N3 (n=10): Exposición de alambre de nitinol marca Orthometric de 0.019 x 0.025” de 2cm de longitud al enjuague bucal Bamboo Smile.

Para la presente investigación, se establecieron criterios de inclusión y exclusión con el objetivo de garantizar la homogeneidad y confiabilidad de las muestras analizadas.

#### Criterios de inclusión

- Arcos ortodónticos de nitinol superelásticos marca Orthometric.
- Dimensiones: 0.019 x 0.025 pulgadas.
- Sellados de fábrica.
- Sin alteraciones visibles en la superficie.
- Frascos de enjuague bucal y saliva artificial sellados, sin contaminación previa.

#### Criterios de exclusión

- Arcos fabricados con aleaciones distintas al nitinol.
- Arcos con irregularidades, deformaciones, picaduras o uso previo.
- Arcos con un diámetro diferente al especificado.
- Enjuagues bucales de marcas comerciales distintas a las seleccionadas para el estudio.

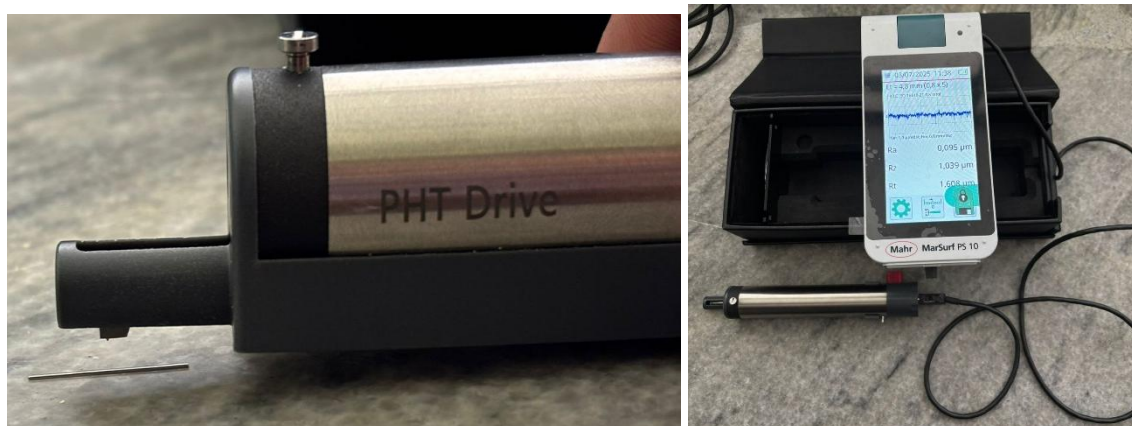
Con el objetivo de reproducir el uso clínico de enjuagues bucales (3 veces al día durante 1 minuto (Phillips et al., 2020) por 30 días), se establece un tiempo total de exposición acumulado de 90 minutos (1.5 horas) por muestra.

Para fines prácticos y estandarización del ensayo, se realizará una única inmersión continua de 1.5 horas en 10 ml del enjuague correspondiente por muestra. Se debe tener en cuenta que la solución debe ser cambiada cada 10 minutos. (Valencia et al, 2012) para garantizar su eficacia, lo que implica un total de 9 cambios durante el período de 1.5 horas.

### **Toma de muestra**

Se seleccionaron 30 segmentos de alambre ortodóntico de níquel-titanio (NiTi) marca Orthometric superelástico a conveniencia, con dimensiones de 0.019 x 0.025 pulgadas y longitud de 2 cm, totalmente sellados. Cada muestra fue medida inicialmente con un calibrador de vernier modelo 252.301 de la marca Scala para verificar su longitud exacta. Previó al ensayo, las 30 muestras se colocaron sobre una superficie plana en el Laboratorio de Metrología de la ESPE según se muestra en la Figura 1, bajo la supervisión del Ing. Jhon Luna, y se realizó la medición inicial o “cero” de rugosidad superficial utilizando un rugosímetro Marsurf modelo PS 10 con punta de diamante, desplazándose a 0,05 mm/s y registrando hasta 9600 puntos para captar irregularidades de la superficie como se observa en la Figura 1.

**Figura 1.** *Rugosímetro*



Una vez obtenidas las mediciones iniciales, cada muestra se sumergió individualmente en 5 ml de saliva artificial Saliv (Laboratorios Lamosan) durante 24 horas como se evidencia en la figura 2, simulando las condiciones del pH oral. El volumen se midió con un vaso dosificador Biomed Instruments.

**Figura 2.** *Prueba en saliva artificial*



Posteriormente, las 30 muestras se dividieron en dos grupos de 15 segmentos: el Grupo N2 fue expuesto al enjuague bucal Encident Brackets y el Grupo N3 al enjuague Bamboo Smile (Fair Zero Waste, ecoamigable) conforme se ilustra en la Figura 3 y 4. Cada muestra se sumergió en 10 ml del enjuague correspondiente, simulando 1,5 horas de uso clínico, equivalente a 3 aplicaciones diarias de 1 minuto durante 30 días (Phillips et al., 2020). Durante el ensayo, cada muestra se trasladó a un nuevo vaso dosificador cada 10 minutos, completando 9 cambios.

**Figura 3.** *Prueba en enjuague bucal Bamboo Smile*



**Figura 4.** *Prueba en enjuague bucal Encident Bracket*



Al finalizar el ensayo, las muestras se lavaron con agua bidestilada Sanderson para eliminar impurezas. Posteriormente, se colocaron nuevamente sobre la superficie plana y se midieron con el rugosímetro Marsurf PS 10 bajo las mismas condiciones previas, registrando hasta 9600 puntos para evaluar las irregularidades tras la exposición. Se determinaron los valores de rugosidad media, expresados en micras; valores menores indican superficies más lisas y mayores, superficies más rugosas. También se evaluó el parámetro Rz, que representa el promedio de las máximas alturas pico-valle en varias secciones, según la recomendación del técnico responsable del rugosímetro.

## Resultados

### Prueba de Normalidad

Se aplicaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para verificar si los datos seguían una distribución normal, condición necesaria para aplicar pruebas paramétricas como el T de Student. Las pruebas de normalidad se describirán en la tabla 3

- En todos los casos, los valores de significación (p) fueron mayores a 0,05, lo que indica que las muestras provienen de poblaciones con distribución normal.
- Por tanto, se justifica el uso de pruebas paramétricas para comparar los grupos.

**Tabla 2.**

### *Pruebas de normalidad*

GRUPOS	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Inicial						
Encident Bracket	0,210	15	0,074	0,933	15	0,299
Bamboo Smile	0,146	15	0,200	0,895	15	0,080
Final						
Encident Bracket	0,168	15	0,200	0,913	15	0,150
Bamboo Smile	0,140	15	0,200	0,963	15	0,740

En la prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk (menor a 20 datos) los valores del nivel de significación (Sig) son superiores a 0,05 (95% de confiabilidad), por tanto, las muestras provienen de poblaciones con distribución Normal, entonces para la comparación de grupos se utiliza pruebas paramétricas, en este caso de la prueba t de Student.

Se tomaron 30 segmentos de alambre Niti de 0.019 x 0.025 pulgadas de la marca Orthometric, cada uno con 2 cm de longitud. El parámetro Rz, conocido como rugosidad máxima promedio, se utiliza ampliamente en metrología e ingeniería para describir con precisión

la calidad del acabado superficial de piezas mecanizadas. A diferencia de Ra, Rz es más sensible a irregularidades puntuales, lo cual lo hace útil en aplicaciones críticas donde defectos localizados pueden afectar el rendimiento funcional (Tribology Letters, 2023). Dichos valores se resumen en la tabla 4.

**Tabla 3.**

*Muestras iniciales*

<b>Muestra</b>	<b>Media inicial (Rz)</b>
1	0.779
2	1.026
3	0.776
4	0.727
5	0.748
6	0.513
7	1.006
8	0.517
9	0.625
10	0.931
11	0.770
12	1.072
13	0.942
14	0.757
15	0.775
16	0.687
17	1.019
18	0.812
19	0.846
20	0.829
21	0.742

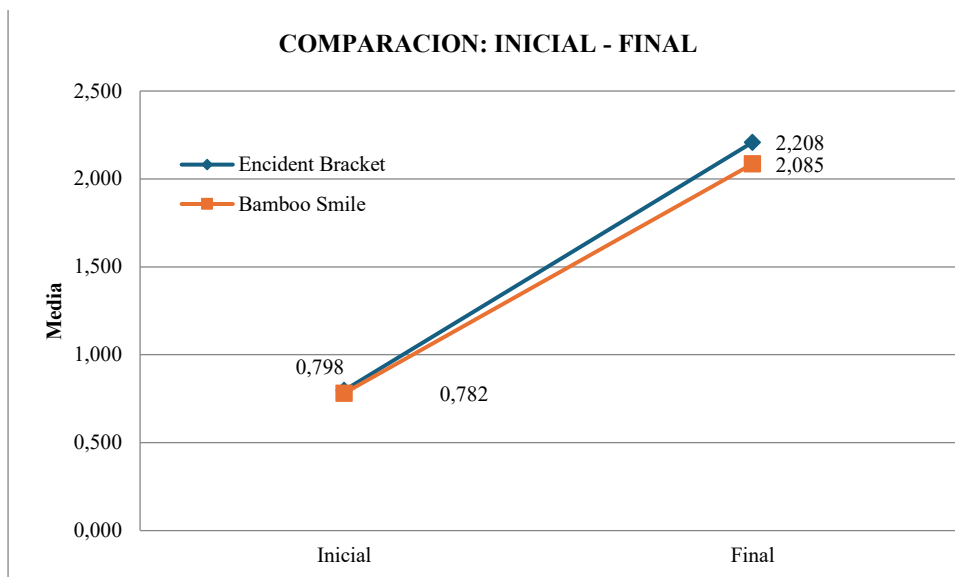
22	0.705
23	0.641
24	0.646
25	1.039
26	0.685
27	0.779
28	0.746
29	0.876
30	0.671

**Tabla 4.**

*Comparación de muestras iniciales y finales en cada uno de los grupos.*

<b>Descriptivos</b>					
<b>GRUPOS</b>		<b>N</b>	<b>Media (Rz)</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>T student (p=)</b>
Encident Bracket	Inicial	15	0,798	0,171	0,000
	Final	15	2,208	0,193	
	Total	30	0,790	0,147	
Bamboo Smile	Inicial	15	0,782	0,124	0,000
	Final	15	2,085	0,438	
	Total	30	2,147	0,338	

**Gráfico 1.** Comparación de muestras iniciales y finales en cada uno de los grupos.



**Encident Bracket:**

En la parte inicial, sin tratamiento se tiene una media de 0,798 Rz, con una desviación estándar de 0,171 Rz, al final del tratamiento se tiene una media de 2,208 Rz, con una desviación estándar de 0,193 Rz. De la prueba t de Student se tiene que el valor de significación ( $p=0,000$ ) es inferior a 0,05 (95% de confiabilidad), luego existen diferencias significativas entre Inicial y Final, el tratamiento si realizo cambios significativos en las medidas.

**Bamboo Smile:**

En la parte inicial, sin tratamiento se tiene una media de 0,782 Rz, con una desviación estándar de 0,124 Rz, al final del tratamiento se tiene una media de 2,085 Rz, con una desviación estándar de 0,438 Rz. De la prueba t de Student se tiene que el valor de significación ( $p=0,000$ ) es inferior a 0,05 (95% de confiabilidad), luego existen diferencias significativas entre Inicial y Final, el tratamiento si realizo cambios significativos en las medidas.

Interpretación:

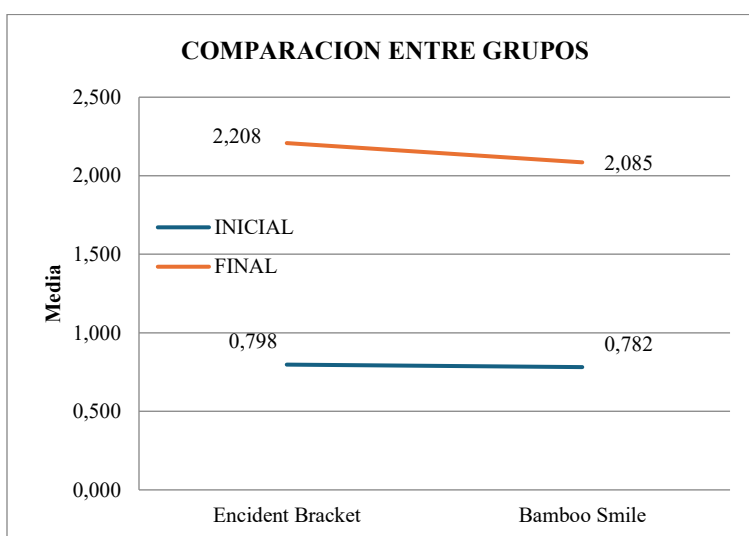
En ambos grupos, los valores de  $p < 0,05$ , lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores iniciales y finales. Esto demuestra que ambos enjuagues bucales provocaron un aumento significativo en la rugosidad superficial tras el tratamiento.

**Tabla 5.**

*Comparación entre Encident Bracket y Bamboo smile*

GRUPOS		N	Media (Rz)	Desviación Estándar	T student (p=)
Inicial	Encident Bracket	15	0,798	0,171	0,771
	Bamboo Smile	15	0,782	0,124	
	Total	30	0,790	0,147	
Final	Encident Bracket	15	2,208	0,193	0,329
	Bamboo Smile	15	2,085	0,438	
	Total	30	2,147	0,338	

**Gráfico 2.** *Comparación entre Encident Bracket y Bamboo smile.*



Inicial (sin tratamiento):

Encident Bracket tiene una media de 0,798 Rz, con una desviación estándar de 0,171 Rz, Bamboo Smile tiene una media de 0,782 Rz, con una desviación estándar de 0,124 Rz. De la prueba t de Student se tiene que el valor de significación ( $p=0,771$ ) es superior a 0,05 (95% de confiabilidad), luego NO existen diferencias significativas entre las medias de Encident Bracket y Bamboo Smile.

Final (tratamiento):

Encident Bracket tiene una media de 2,208 Rz, con una desviación estándar de 0,193 Rz, Bamboo Smile tiene una media de 2,085 Rz, con una desviación estándar de 0,438 Rz. De la prueba t de Student se tiene que el valor de significación ( $p=0,329$ ) es superior a 0,05 (95% de confiabilidad), luego NO existen diferencias significativas entre las medias de Encident Bracket y Bamboo Smile.

Interpretación:

En ambas fases, los valores de  $p > 0,05$ , lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos enjuagues bucales. Es decir, aunque ambos provocan un aumento en la rugosidad, su efecto es comparable.

### Capítulo 3. Discusión De Los Datos

La resistencia a la corrosión de los alambres ortodónticos, especialmente aquellos fabricados con aleación de níquel-titanio (NiTi), es fundamental para preservar tanto la integridad funcional del aparato como la seguridad clínica del tratamiento. En esta investigación, se evidenció un aumento estadísticamente significativo en la rugosidad superficial de los alambres de NiTi tras su exposición a los enjuagues bucales Encident Brackets y BambooSmile ( $p < 0,05$ ).

Estudios como los de Al-Harbi et al. (2022) han demostrado que los enjuagues que contienen fluoruro y alcohol generan un deterioro superficial más severo en los alambres de NiTi en comparación con soluciones libres de estos compuestos. Dicho deterioro incluye la pérdida de la capa protectora de óxido de titanio ( $TiO_2$ ), aparición de picaduras, fisuras, y un aumento marcado en la rugosidad superficial. Estas alteraciones favorecen la adhesión bacteriana y podrían comprometer el rendimiento clínico del aparato ortodóntico. Los hallazgos obtenidos en el presente estudio corroboran estas observaciones, ya que los alambres expuestos a distintos enjuagues bucales mostraron la formación de picaduras y variaciones en la rugosidad superficial, evidenciando que los distintos componentes químicos presentes en los enjuagues pueden influir en la integridad superficial de los alambres de NiTi.

De forma concordante, Barrett, Bishara y Quinn (1996) encontraron que la exposición a iones fluoruro puede romper la capa pasiva de óxido que recubre el NiTi, facilitando procesos corrosivos que no solo afectan la resistencia mecánica del alambre, sino que también elevan su rugosidad, un factor crítico para la fricción entre alambre y bracket y, por ende, la eficiencia del tratamiento ortodóntico. Además, esta degradación puede incrementar la liberación de iones

metálicos (especialmente níquel), lo que representa un riesgo biológico en pacientes con hipersensibilidad a los metales.

El presente estudio coincide con estos hallazgos, al mostrar un incremento del valor de Ra de 0,798  $\mu\text{m}$  a 2,208  $\mu\text{m}$  con Encident Brackets, y de 0,782  $\mu\text{m}$  a 2,085  $\mu\text{m}$  con BambooSmile. Aunque el primero mostró un efecto ligeramente mayor, las diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ), lo que sugiere un comportamiento superficial comparable entre ambos colutorios.

Es importante señalar que, aunque BambooSmile no contiene fluoruro ni clorhexidina, sus componentes naturales como el bicarbonato de sodio y los aceites esenciales también pueden generar modificaciones en la superficie del NiTi cuando la exposición es prolongada. Este hallazgo refuerza los resultados de Yildirim, Eraydin y Nalbantgil (2024), quienes demostraron que incluso los enjuagues sin flúor pueden incrementar la rugosidad superficial, aunque en menor magnitud. Nuestro estudio concuerda con estos hallazgos, ya que ambos enjuagues bucales, a pesar de sus diferencias en composición, provocaron un aumento en la corrosión de la superficie de los alambres de NiTi.

Por su parte, Valencia, Salcedo y Espinosa (2012) realizaron un estudio clínico con aplicación tópica de fluoruros, evidenciando que el contacto frecuente con estos compuestos induce alteraciones estructurales que promueven la corrosión y la liberación de iones metálicos. Esto se alinea con el presente trabajo, que simula una exposición acumulada de 90 minutos, equivalente a un uso clínico de 30 días, tal como propuesto por Phillips et al. (2020).

Aunque el presente estudio se desarrolló en condiciones in vitro, el modelo experimental utilizado incluyendo saliva artificial, rugosímetro y protocolos de inmersión estandarizados

proporciona una base sólida para interpretar los resultados. No obstante, se debe ser cauteloso al extrapolar estos hallazgos al entorno clínico, donde factores como flujo salival, temperatura, pH variable y la acción mecánica masticatoria pueden influir significativamente en el comportamiento del material. Asimismo, se recomienda que estudios futuros incluyan distintas aleaciones metálicas y marcas comerciales de alambres ortodónticos, con el fin de evaluar de manera más completa la interacción de los arcos, sus aleaciones y las soluciones bucales a las que son expuestos.

Finalmente, la literatura científica converge en que los alambres de NiTi son vulnerables a la acción corrosiva de diversos agentes orales, incluyendo aquellos presentes en productos convencionales y naturales. Esta susceptibilidad no solo impacta su desempeño mecánico, sino que puede representar un riesgo biológico. Por ello, se sugiere el desarrollo de nuevas formulaciones de colutorios diseñadas específicamente para pacientes ortodónticos.

## Conclusiones

Los alambres de ortodoncia de NiTi mostraron un aumento significativo en su rugosidad superficial tras la exposición a ambos enjuagues bucales, lo que evidencia que estos productos modifican físicamente la superficie del material. Este cambio fue estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ), confirmando que la interacción con los colutorios produce una alteración real en la textura del alambre.

Aunque uno de los enjuagues produjo un aumento ligeramente mayor en la rugosidad que el otro, esta diferencia no fue significativa desde el punto de vista estadístico ( $p > 0,05$ ). Por lo tanto, ambos enjuagues tuvieron un efecto similar sobre la superficie de los alambres.

Desde una perspectiva clínica, el aumento de la rugosidad en los alambres de níquel-titanio (NiTi) Orthometric, tras la exposición a enjuagues bucales como Encident Brackets y Bamboo Smile, puede generar mayor fricción entre el alambre y el bracket, dificultando el deslizamiento, prolongando la duración del tratamiento y favoreciendo la acumulación de placa bacteriana, lo que podría derivar en complicaciones periodontales y afectar la salud gingival.

## Referencias

- Al-Harbi, F., AlOmar, R. S., AlKahtani, A., Al-Mashhadani, S. A., & Al-Dosari, M. (2022). Effect of fluoride and alcohol-based mouthrinses on the surface characteristics and corrosion of NiTi orthodontic wires: An in vitro study. *Materials*, 15(22), 7922.
- American Dental Association. (2010). ANSI/ADA Specification No. 116: Oral Rinses (ISO 16408:2004, MOD). ADA Standards Committee on Dental Products.
- American Dental Association. (2017). ANSI/ADA Standard No. 32: Orthodontic Wires (ISO 15841:2014, MOD). ADA Standards Committee on Dental Products.
- Amini, F., Farhadi, S., Shahbeik, S., Mahvash Mohammadi, M., & Rakhshan, V. (2023). Efectos del tratamiento de ortodoncia fija con y sin enjuague bucal de clorhexidina sobre la vitalidad de las células de la mucosa oral reflejada por los índices nucleares celulares: un ensayo clínico preliminar de tres fases antes y después. *Ortodoncia Internacional*, 21(1), 100722. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2023.100722>
- Apiwantanakul, N., & Chantarawatit, P.-O. (2021). Cytotoxicity, genotoxicity, and cellular metal accumulation caused by professionally applied fluoride products in patients with fixed orthodontic appliances: A randomized clinical trial. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 10(3), 98–104. <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2021.06.001>
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils: A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- Barrett, R. D., Bishara, S. E., & Quinn, J. K. (1993). Biodegradación de los aparatos de ortodoncia. Parte I. Biodegradación del níquel y cromo in vitro. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 103(1), 8–14. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(93\)70098-9](https://doi.org/10.1016/0889-5406(93)70098-9)
- Carson, C. F., Hammer, K. A., & Riley, T. V. (2006). *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil: A review of antimicrobial and other medicinal properties. *Clinical Microbiology Reviews*, 19(1), 50–62. <https://doi.org/10.1128/CMR.19.1.50-62.2006>

- Chantarawatit, P.-O., & Yanisarapan, T. (2021). Exposure to the oral environment enhances the corrosion of metal orthodontic appliances caused by fluoride-containing products: Cytotoxicity, metal ion release, and surface roughness. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 160(1), 101–112.  
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2020.03.035>
- Chitra, P., Prashantha, G. S., & Rao, A. (2019). Long-term evaluation of metal ion release in orthodontic patients using fluoridated oral hygiene agents: An in vivo study. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 8(3), 107–111.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2019.04.003>
- Fair Zero Waste. (2024). BambooSmile Enjuague Bucal Natural 250 ml – Frescura y Cuidado Ecológico. Fair Zero Waste. <https://www.fairzerowaste.com/products/enjuague-bucal-natural-250ml-ecuador>
- Gacitúa Cartes, P. J., Zárate Piffardi, M. J., Rojas Donaire, J. A., & Reveco Padilla, C. C. (2020). Main benefits of an orthodontic treatment in children. *Revista Científica de la Facultad de Odontología de la Universidad de Cuenca*, 11(3), 333–345.  
<https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/457/662>
- García Hernández, A. B., & Almanza Ávila, V. (2019). Comparación de Ti6Al4V y acero inoxidable 316 L mediante técnicas termoeléctricas para aplicaciones dentales. *Revista Mexicana de Medicina Forense*, 4(Supl. 1), 29–31.
- Gravina, M. A., Canavarro, C., Elias, C. N., Chaves, M. G. A. M., Brunharo, I. H. V. P., & Quintão, C. C. A. (2014). Propiedades mecánicas de los alambres de NiTi y CuNiTi utilizados en tratamientos de ortodoncia. Parte 2: Evaluación microscópica de la superficie y características metalúrgicas. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 19(1), 69–76. <https://doi.org/10.1590/2176-9451.19.1.069-076.oar>
- Lai, X., Hu, J., Ruan, T., Zhou, J., & Qu, J. (2021). Chitosan derivative corrosion inhibitor for aluminum alloy in sodium chloride solution: A green organic/inorganic hybrid. *Corrosion Science*, 118074. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118074>.

- Mäkinen, K. K. (2010). Sugar alcohols, caries incidence, and remineralization of caries lesions: A literature review. *International Journal of Dentistry*, 2010, 981072. <https://doi.org/10.1155/2010/981072>
- Markovic, E., Peric, T., Kojic, S., Stosic, M., Scepan, I., & Petrovic, B. (2024). Influence of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on the surface topography and composition of nickel-titanium archwires during orthodontic treatment with fixed appliances. *Journal of Oral Science*, 66(1), 60–65. <https://doi.org/10.2334/josnusd.23-0276>
- Mejía-Carrillo, C. R., & Gutiérrez-Rojo, J. F. (2020). Corrosión de los metales en ortodoncia. *Revista Tamé*, 9(25), 1037–1039.
- Messias, D. C. F., Serra, M. C., & Turssi, C. P. (2008). Potential effect of sodium bicarbonate-containing dentifrice in controlling enamel erosion in situ. *American Journal of Dentistry*, 21(5), 300–302. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19024255/>
- Nayak, G., Singh, I., Shetty, S., & Dahiya, S. (2014). Evaluation of apical extrusion of debris and irrigant using two new reciprocating and one continuous rotation single file systems. *Journal of Dentistry (Tehran)*, 11(3), 302–309. <https://doi.org/10.18869/acadpub.jdt.11.3.302>
- Pérez, R. J., Rubio Armendáriz, C., Gutiérrez Fernández, Á. J., Paz Montelongo, S., & Hardisson, A. (2020). Niveles de fluoruro en dentífricos y colutorios. *Journal of Negative and No Positive Results*, 5(5), 491–503. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.3326>
- Persson, B. N. J. (2023). On the use of surface roughness parameters. *Tribology Letters*, 71(29). <https://doi.org/10.1007/s11249-023-01700-z>
- Phillips, T. R., Fairley, C., Maddaford, K., Trumpour, S., Wigan, R., Bradshaw, C., Hocking, J. S., & Chow, E. P. F. (2020). Duration of gargling and rinsing among frequent mouthwash users: A cross-sectional study. *BMJ Open*, 10(9), e040754. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-040754>

- Saranraj, P., & Sivasakthi, S. (2014). Medicinal plants and their antimicrobial properties: A review. *Global Journal of Pharmacology*, 8(3), 316–327. <https://doi.org/10.5829/idosi.gjp.2014.8.3.83194>
- Valencia, R., Salcedo, R., & Espinosa, R. (2022). Corrosión en los alambres de ortodoncia posterior a la aplicación tópica de distintos tipos de fluoruro en un medio bucal. *RODYB*, 11(3), 1–12. <https://www.rodyb.com/wp-content/uploads/2022/09/4-corrosion.pdf>
- Yildirim, G., Eraydın, F., & Nalbantgil, D. (2024). Corrosion behavior of nickel-titanium arch wires following the use of different mouthwashes: An in vivo study. *Turkish Journal of Orthodontics*, 37(3), 168–173. <https://doi.org/10.4274/TurkJOrthod.2023.2022.182>

## Anexos

### Carta de solicitud

Quito,

09/06/2025

Señores

**Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**

Presente.-

De mis consideraciones:

Por medio de la presente, me dirijo a ustedes de manera atenta y respetuosa para solicitar autorización para el uso de las instalaciones de laboratorio de su prestigiosa institución, específicamente el equipo **rugosímetro**, con fines académicos y de investigación.

Esta solicitud está relacionada con el desarrollo del trabajo de tesis de la estudiante **Gabriela Mishell Salinas Sánchez**, con cédula de ciudadanía **1600440299**, cuyo tema de investigación es: **"Impacto en la rugosidad de los alambres de ortodoncia posterior a la aplicación de diferentes enjuagues bucales. Estudio in vitro"**. Desarrollada en la Universidad hemisferios.

El uso del rugosímetro es esencial para la correcta ejecución de las pruebas experimentales planteadas en este estudio. Garantizamos que todo procedimiento será realizado bajo las normas de bioseguridad y en estricto cumplimiento de los protocolos establecidos por la universidad. Asimismo, nos comprometemos a cuidar y respetar las instalaciones y equipos que se nos autoricen a utilizar.

Agradeciendo de antemano su gentil atención y apoyo a la investigación científica, quedamos atentos a una respuesta favorable a esta petición.

Sin otro particular, me suscribo con sentimientos de estima y consideración.

Atentamente



Od. Gabriela Salinas

## Certificado del ensayo

### Certificación

Por medio de la presente, certifico que la Srta. **Gabriela Mishell Salinas Sánchez**, con C.I. 160044029, realizó el **ensayo de rugosidad superficial** en un total de **30 muestras**, precedido de una **prueba piloto en 10 alambres**, como parte del proyecto de investigación titulado:

*“Impacto de la rugosidad en los alambres de ortodoncia posterior a la aplicación de diferentes enjuagues bucales. Estudio in vitro”.*

Para este propósito se empleó el equipo **Rugosímetro digital marca Mahr, modelo MarSurf PS 10**, durante el mes de junio del presente año, en el **Laboratorio de Materiales del Departamento de Mecánica – ESPE**.



---

Ing. Jhon Luna J.  
Analista de Laboratorio de Materiales