



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DEL ESMALTE DENTAL BOVINO CON TRATAMIENTOS DE ACLARAMIENTO CON Y SIN FOTOACTIVACIÓN

**Línea de investigación:
Salud pública**

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autora

Leon Malaga, Flavia Nicole

Asesor

Guardia Huamani, Seber Augusto

ORCID: 0000-0001-9336-6578

Jurado

Meneses Gomez, Nadia Carolina

Alayo Canales, Cecilia Magali

Perez Suasnabar, Hugo Joel

Lima - Perú

2026



EVALUACIÓN DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DEL ESMALTE DENTAL BOVINO CON TRATAMIENTOS DE ACLARAMIENTO CON Y SIN FOTOACTIVACIÓN

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	6%
2	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to usmp Trabajo del estudiante	1%
7	pesquisa.teste.bvsalud.org Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Peruana Los Andes Trabajo del estudiante	<1%
9	www.pnufid.org.pe Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1%



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DEL ESMALTE DENTAL
BOVINO CON TRATAMIENTOS DE ACLARAMIENTO CON Y SIN
FOTOACTIVACIÓN

Línea de investigación:

Salud Pública

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autora

Leon Malaga, Flavia Nicole

Asesor

Guardia Huamani, Seber Augusto

ORCID: 0000-0001-9336-6578

Jurado

Meneses Gomez, Nadia Carolina

Alayo Canales, Cecilia Magali

Perez Suasnabar, Hugo Joel

Lima-Perú

2026

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, cuyo ejemplo de esfuerzo, perseverancia y valores me han guiado a lo largo de mi formación académica.

A mi familia, por su constante apoyo moral y motivación en cada etapa de este proceso.

Y a quienes, con su orientación y confianza, contribuyeron de manera significativa a la culminación de este logro académico.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la fortaleza, la salud y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres, Nilton y Yarina, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional, que han sido el pilar fundamental en mi formación y en cada paso de este camino.

A mi familia, por su constante ánimo, paciencia y confianza, que me motivaron a seguir adelante aun en los momentos más difíciles.

A mi asesor de tesis, por su guía, dedicación y valiosas orientaciones y a todas aquellas personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este logro, mi más sincera gratitud.

INDICE

RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción y formulación del problema.....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	6
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	6
1.4. Justificación.....	6
1.4.1. <i>Social</i>	6
1.4.2. <i>Teórico</i>	7
1.4.3. <i>Clínico práctico</i>	7
1.5. Hipótesis.....	7
II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	8
2.1.1. <i>Esmalte dental</i>	8
2.1.2. <i>Composición y estructura del esmalte dental</i>	8
2.1.3. <i>Microdureza del esmalte</i>	10
2.1.4. <i>Descripción y estructura de dientes bovinos</i>	10
2.1.5. <i>Aclaramiento dental</i>	12
2.1.6. <i>Agentes aclarantes</i>	12
2.1.7. <i>Fotoactivación durante el aclaramiento dental</i>	14
III. MÉTODO.....	15
3.1. Tipo de investigación.....	15

3.2. Ámbito temporal y espacial.....	15
3.3. Variables.....	15
3.3.1. <i>Variable independiente</i>	15
3.3.2. <i>Variable dependiente</i>	15
3.3.3. <i>Operacionalización de variables</i>	15
3.4. Población y muestra.....	17
3.4.1. <i>Criterios de selección</i>	17
3.5. Instrumentos.....	18
3.6. Procedimientos.....	19
3.7. Análisis de datos.....	20
3.8. Consideraciones éticas.....	20
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	30
VI. CONCLUSIONES.....	33
VII. RECOMENDACIONES.....	35
VIII. REFERENCIAS.....	36
IX. ANEXOS.....	41
9.1. Anexo A.....	41
9.1.1. <i>Instrumento de recolección de datos</i>	41
9.2. Anexo B.....	42
9.2.1. <i>Matriz de consistencia</i>	42
9.3. Anexo C.....	45
9.3.1. <i>Evidencia fotográfica del proceso de experimentación</i>	45
9.4. Anexo D.....	48
9.4.1. <i>Autorización de ejecución</i>	48

9.5. Anexo E.....	49
9.5.1. <i>Resultados de medición certificado por el laboratorio</i>	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de la microdureza del grupo control.....	22
Tabla 2. Evaluación de la microdureza con la aplicación del Peróxido de Carbamida con y sin fotoactivación.....	23
Tabla 3. Comparación de la microdureza antes y después de la aplicación del Peróxido de Carbamida con y sin fotoactivación.....	24
Tabla 4. Evaluación de la microdureza con la aplicación del Peróxido de Hidrógeno con y sin fotoactivación.....	25
Tabla 5. Comparación de la microdureza antes y después de la aplicación del Peróxido de Hidrógeno con y sin fotoactivación.....	26
Tabla 6. Microdureza con la aplicación del Peróxido de Carbamida con y sin fotoactivación.....	27
Tabla 7. Microdureza con la aplicación del Peróxido de Hidrógeno con y sin fotoactivación.....	27
Tabla 8. Comparación de la microdureza con la aplicación del Peróxido de Carbamida y Peróxido de Hidrógeno sin fotoactivación.....	28
Tabla 9. Comparación de la microdureza con la aplicación del Peróxido de Carbamida y Peróxido de Hidrógeno con fotoactivación.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Microdureza del microdureza del grupo control.....	22
Figura 2. Microdureza con la aplicación del Peróxido de Carbamida con y sin fotoactivación.....	23
Figura 3. Comparación de la microdureza antes y después de la aplicación del Peróxido de Carbamida con y sin fotoactivación.....	24
Figura 4. Evaluación de la microdureza con la aplicación del Peróxido de Hidrógeno con y sin fotoactivación.....	25
Figura 5. Comparación de la microdureza antes y después de la aplicación del Peróxido de Hidrógeno con y sin fotoactivación.....	27
Figura 6. Comparación de la microdureza luego de la aplicación de los agentes blanqueadores.....	28

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto de la microdureza superficial del esmalte dental bovino con tratamientos de aclaramiento (Peróxido de Carbamida: Power Bleaching Office 37% y Peróxido de hidrógeno: Whiteness Hp Maxx 35%) con y sin fotoactivación. **Método:** experimental, prospectivo. Se realizó en 60 incisivos divididos en 4 grupos para la aplicación aleatoria de los agentes aclarantes que posteriormente fueron sometidos a mediciones con el microdurómetro de Vickers. Se aplicaron pruebas de Shapiro-Wilk, signo-rango de Wilcoxon y U de Mann Whitney. **Resultados:** evidenciaron que los agentes blanqueadores de alta concentración, tanto el peróxido de carbamida al 37% como el peróxido de hidrógeno al 35%, ocasionaron una disminución significativa en la microdureza superficial del esmalte bovino en comparación con el grupo control. Además, la fotoactivación no generó diferencias estadísticamente significativas respecto a los grupos sin activación, lo que sugiere que el efecto principal en la pérdida de microdureza está asociado al agente blanqueador y no al tipo de activación lumínica empleada. **Conclusiones:** el aclaramiento dental con agentes de alta concentración, como el peróxido de carbamida al 37% y el peróxido de hidrógeno al 35%, produce una reducción significativa en la microdureza del esmalte bovino, sin que la fotoactivación modifique de manera relevante este efecto, lo que evidencia la necesidad de protocolos más seguros que equilibren la estética con la preservación de la estructura dental.

Palabras clave: aclaramiento dental, agentes blanqueadores, microdureza dental, desgaste dental.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of surface microhardness of bovine dental enamel subjected to bleaching treatments (Carbamide Peroxide: Power Bleaching Office 37% and Hydrogen Peroxide: Whiteness HP Maxx 35%) with and without photoactivation. **Method:** Experimental, prospective. The study was carried out on 60 incisors, divided into four groups for the random application of bleaching agents, which were subsequently subjected to measurements using a Vickers microhardness tester. Statistical analysis included Shapiro–Wilk, Wilcoxon signed-rank, and Mann–Whitney U tests. **Results:** High-concentration bleaching agents, both 37% carbamide peroxide and 35% hydrogen peroxide, caused a significant reduction in the surface microhardness of bovine enamel compared with the control group. In addition, photoactivation did not produce statistically significant differences compared with the non-activated groups, suggesting that the main effect on microhardness loss is associated with the bleaching agent rather than the type of light activation used. **Conclusions:** Dental bleaching with high-concentration agents, such as 37% carbamide peroxide and 35% hydrogen peroxide, produces a significant reduction in bovine enamel microhardness, with photoactivation not substantially modifying this effect. These findings highlight the need for safer protocols that balance esthetic outcomes with the preservation of dental structure.

Keywords: dental bleaching, bleaching agents, dental microhardness, enamel wear.

I. INTRODUCCIÓN

La odontología estética ha ido evolucionando en los últimos años, siendo el aclaramiento dental un procedimiento odontológico más requerido por la población en general. (Marques, 2024). Según diversos estudios, existe un notable interés por parte de la población frente a la estética dental, específicamente en la apariencia de los dientes, tanto en color como en forma; esto debido a la influencia de las tendencias impuestas que influyen en las personas. (Shamel, 2019)

En ese contexto, el aclaramiento es un enfoque más conservador para tratar los dientes descoloridos que los procedimientos protésicos y restauradores; siendo este realizado tanto en consultorio y bajo control clínico (en casa). (Serin-Kalay, 2022). No obstante, estos productos no actúan solo sobre la capa superficial del esmalte dental, sino que también influye en su estructura desmineralizándolo. (Zamudio et al., 2022)

El esmalte dental constituye el tejido más resistente del organismo humano y está principalmente formado por hidroxiapatita, que es un mineral responsable de su dureza. A pesar de ello, puede verse afectado a procesos de desmineralización relacionados a factores como la dieta, variaciones del pH salival y potencialmente, por la aplicación de agentes aclarantes. (Canelo y Mendoza, 2021).

El aclaramiento dental generalmente incluye el uso directo de geles con contenido de peróxido de carbamida o hidrógeno sobre la superficie del esmalte dental a través de una amplia variedad de fórmulas y concentraciones, las cuales son las más usadas en la consulta dental. (Shamel, 2019)

Por lo tanto, esta investigación se centra en evaluar el efecto la microdureza superficial del esmalte dental bovino con tratamientos de aclaramiento con y sin fotoactivación, para determinar si existe diferencia de la microdureza superficial bovino luego del tratamiento con agentes aclarantes con y sin fotoactivación.

1.1. Descripción y formulación del problema

En las últimas décadas, los tratamientos de índole estética han experimentado un notable incremento en su demanda dentro del ámbito odontológico, lo cual se relaciona con la preocupación de los pacientes por mantener o mejorar su apariencia física. (Al Angari et al., 2021).

Ante ello, el aclaramiento dental se presenta como una opción terapéutica en odontología estética, ya que combina eficacia con seguridad. Se destaca por ser un procedimiento sencillo de aplicar y con un costo menor respecto a otros tratamientos estéticos. (Al-Angari et al., 2021). El aclaramiento dental puede definirse como un procedimiento farmacológico, de acción no invasiva, dosis-dependiente y de aplicación tópica, que puede ser realizado por el odontólogo o mediante su autoaplicación (aclaramiento casero); su objetivo principal es lograr un (Barrancos, 2015)

El esmalte dental bovino, es utilizado comúnmente como modelo por estudios in vitro ya que presenta una semejanza estructural con el esmalte dental humano, constituye una herramienta útil para analizar los efectos de agentes aclarantes en condiciones controladas. No obstante, la literatura aún presenta limitaciones respecto a las diferencias que se obtiene frente a la desmineralización. (Moradian, 2021)

Este estudio busca analizar críticamente el efecto de la microdureza superficial del esmalte bovino con tratamientos de aclaramiento, proporcionando información relevante para la comunidad odontológica y en el uso y desarrollo de estos agentes a los pacientes.

Este estudio pretende dar respuesta a la siguiente interrogante:

¿Existirá diferencia significativa en la microdureza superficial del esmalte dental bovino con tratamientos de aclaramiento con y sin fotoactivación?

1.2. Antecedentes

Ferreira et al. (2021) realizaron un estudio en Brasil donde evaluaron el efecto del sistema LED sobre el esmalte durante el aclaramiento con peróxido de hidrógeno. El diseño del estudio fue experimental. Método: contaron con 70 muestras de esmalte bovino, estas fueron asignadas aleatoriamente en distintos grupos: G1: saliva artificial; G2: PH al 35%; G3: ácido fosfórico + PH al 35%; G4: PH al 35% + LED azul; G5: PH al 35% + LED verde; G6: PH al 35% + LED violeta; G7: LED Violeta. Resultados: se evidenció que G4 (36 kgf/mm²) presentó el mayor cambio en la microdureza, seguido de G3. En conclusión, se observó una baja significativa en G4 (35 % de HP activado con LED azul), ya que logró mayores cambios de disminución en la microdureza superficial del esmalte dental en comparación a los otros grupos.

Goyal et al. (2021) realizaron el estudio en la India, donde evaluaron los cambios en la microdureza y la rugosidad superficial del esmalte tratado con distintos agentes aclarantes, siendo una investigación experimental. Método: usaron 60 dientes humanos clasificados en grupos: Grupo A para la medición de la microdureza del esmalte y Grupo B para la medición de su rugosidad superficial). Estos grupos se subdividieron en tres subgrupos según el agente aclarante empleado: Dash. (A1 y B1), Pola Office (A2 y B2) y Opalescence Boost (A3 y B3), que en su composición contenían hidrógeno en concentraciones de 30%, 35% y 40%, respectivamente. Resultados: se evidenció que en los tres subgrupos disminuyeron su microdureza después de la aplicación de cada agente aclarante, siendo el Grupo A1, el que mostró una mayor disminución de la microdureza (2,58 %); el que le sigue es el Grupo A2 (1,23 %) y por último, el Grupo A3 (0,73 %). Sin embargo, al comparar los valores posteriores al tratamiento, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ni en la microdureza, ni en la rugosidad superficial entre los diferentes agentes evaluados. Se concluyó que existe una reducción significativa de la microdureza tras el blanqueamiento, en

comparación con los valores iniciales, independientemente de la concentración de peróxido utilizado, para reducir el efecto erosivo de la solución blanqueadora, se debe dar preferencia a las soluciones con un pH cercano a la neutralidad.

De Sousa Gomes et al. (2021) llevaron a cabo un estudio en Brasil cuyo objetivo fue el cambio de color y la microdureza de un protocolo con 6% de HP (peróxido de hidrógeno) fotoactivado por LED/láser en comparación con 35% de HP. Se aleatorizaron 20 incisivos bovinos en dos grupos: 6% HP + LED/láser y 35% HP (n=10). Método: Los dientes se sometieron a tinción con té oscuro. Se realizaron tres sesiones de aclaramiento según las instrucciones del fabricante. Se realizó la evaluación de la microdureza del esmalte (VHN) y del cambio de color (ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE_{00} [CIEDE2000] y WI_D) antes de las 24 horas y 7 días después de la última sesión de aclaramiento. Utilizaron ANOVA repetida de dos vías y post-test de Bonferroni ($\alpha = 0,05$). Resultados: no se observaron diferencias entre los grupos dentro del mismo periodo de evaluación ($p > 0,05$). Sin embargo, al analizar el mismo grupo a lo largo del tiempo, el 35 % de los pacientes con HP mostró una disminución en sus valores después de 7 días del protocolo de blanqueamiento en comparación con el valor inicial ($p \leq 0,027$). Por otro lado, no se observaron diferencias entre los periodos de evaluación para el grupo del 6 % de HP + LED/láser ($p > 0,05$). En conclusión, no se observaron diferencias en la microdureza del esmalte entre los protocolos de aclaramiento. Sin embargo, el 35 % de HP mostró una dureza reducida después de 7 días de aclaramiento en comparación con el valor inicial.

Kavoor et al. (2024) llevaron a cabo un estudio en la India cuyo objetivo fue evaluar la eficacia blanqueadora del gel blanqueador de peróxido de carbamida (CP) modificado con la incorporación de vidrio bioactivo (BG) e hidroxiapatita (AH), así como su efecto sobre la microdureza del esmalte. Método: se utilizaron 45 incisivos maxilares, los cuales fueron descoronados, teñidos artificialmente y montados en acrílico. Las muestras se dividieron en

tres grupos de 15 cada uno y se sometieron al siguiente protocolo de blanqueamiento durante 8 h/día a 37 °C durante dos semanas: Grupo 1: CP al 16 %, Grupo 2: CP modificado con BG y Grupo 3: CP modificado con hidroxiapatita (HA); se evaluó el color mediante espectrofotometría con el sistema CIE L*a*b* y la microdureza Vickers antes y después del blanqueamiento. Los datos se analizaron mediante la prueba t de Student para datos pareados y un ANOVA de una vía, seguido de un análisis post hoc de Tukey. Resultados: La microdureza del esmalte se redujo significativamente en G1 (-52.41 ± 16.36 kgf/mm²), mientras que aumentó en los grupos BG y HA tras el blanqueamiento. En conclusión, la adición de biomateriales puede ser una alternativa beneficiosa al blanqueo con CP solo, considerando el aumento de la microdureza sin obstaculizar la acción blanqueadora.

Ameli et al. (2020) realizaron un estudio en la Irán cuyo objetivo fue comparar la microdureza del esmalte antes del blanqueamiento y una y ocho semanas después de la aplicación de diferentes agentes blanqueadores. Método: Se usaron 40 premolares divididos aleatoriamente en 4 grupos y su superficie bucal se sometió a una prueba de microdureza Vickers antes y después del blanqueamiento; los grupos fueron: peróxido de hidrógeno (HP) al 40% agente blanqueador en el consultorio (n = 10), agente blanqueador HP al 15% en el hogar (n = 10), agente blanqueador de peróxido de carbamida (CP) al 15% en el hogar (n = 10) durante dos semanas y saliva artificial como grupo de control (n = 10). Resultados: el blanqueamiento con blanqueamiento con 40% de HP en consultorio (P = 0,005), blanqueamiento con 15% de HP en casa (P = 0,005) y blanqueamiento con 15% de CP en casa (P = 0,013) redujo significativamente la microdureza del esmalte. En conclusión, La microdureza del esmalte disminuyó temporalmente con el blanqueamiento en el consultorio. Sin embargo, la microdureza aumentó con el tiempo y volvió al valor basal. Aunque la microdureza del esmalte disminuyó inicialmente, aumentó ocho semanas después de la aplicación del agente blanqueador de CP al 15 % en casa.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la microdureza superficial del esmalte dental bovino con tratamientos de aclaramiento (Peróxido de Carbamida: Power Bleaching Office 37% y Peróxido de hidrógeno: Whiteness Hp Maxx 35%) con y sin fotoactivación.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la microdureza del esmalte de dientes bovinos sumergidos en agua destilada. (grupo control)

- Evaluar la microdureza del esmalte de dientes bovinos con la aplicación del Peróxido de Carbamida al 37%. (Power Bleaching Office 37%) con y sin fotoactivación.

- Evaluar la microdureza del esmalte de dientes bovinos con la aplicación del Peróxido de Hidrógeno al 35% (Whiteness Hp Maxx 35%) con y sin fotoactivación.

- Comparar la microdureza del esmalte de dientes bovino antes y después de la colocación del agente blanqueador.

- Comparar la microdureza del esmalte de dientes bovino con la aplicación del agente blanqueador con y sin activación.

1.4. Justificación

Evidenciar el impacto de los tratamientos con agentes aclarantes sobre la desmineralización del esmalte dental, con el fin de promover su aplicación adecuada en el campo clínico odontológico.

1.4.1. Social

Se pretende que, con estos resultados, se pueda proporcionar información relevante sobre los efectos de los agentes aclarantes en la estructura dental, lo que permitiría mejorar los protocolos de tratamiento y minimizar posibles daños al esmalte. Esto beneficiaría a la sociedad

al ofrecer tratamientos dentales más seguros y efectivos, promoviendo la salud bucal y la confianza en los procedimientos estéticos, que son cada vez más demandados.

1.4.2. Teórico

El esmalte dental, al ser altamente mineralizado, puede verse afectado por agentes aclarantes que, aunque mejoran la estética, también pueden inducir desmineralización. Por ello, es relevante evaluar el efecto del peróxido de hidrógeno y carbamida, siendo los más utilizados, con y sin fotoactivación sobre la microdureza del esmalte dental bovino aportando evidencia para optimizar protocolos clínicos seguros en odontología estética.

1.4.3. Clínico práctico

El uso inadecuado de agentes aclarantes puede incrementar la probabilidad de desmineralización del tejido dental, provocando sensibilidad en esta y mayor riesgo de caries. En ese sentido, la presente investigación busca proporcionar lineamientos a los profesionales del área odontológica frente a la elección de protocolos más seguros y en la correcta instrucción al paciente, contribuyendo así a preservar la integridad del esmalte durante los tratamientos estéticos.

1.5. Hipótesis

Existe diferencia de la microdureza superficial del esmalte dental bovino después del tratamiento de aclaramiento con y sin fotoactivación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Esmalte dental*

El esmalte dental constituye la superficie más externa y resistente de los dientes, caracterizada por su alto grado de mineralización. Su función esencial es resguardar las estructuras internas, como la dentina y la pulpa, frente a agresiones físicas, biológicas y químicas; además, gracias a su composición mineral, se considera el tejido de mayor dureza en el organismo humano. (Besic, 1975).

El esmalte dental es el tejido con mayor mineralización en la fisiología humana y se extiende sobre la superficie anatómica de la corona dental. Biológicamente, está constituido aproximadamente por un 96% de cristales de hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), organizados en prismas que se desarrolla desde la unión amelodentinaria hacia la superficie externa del órgano dentario (Desai, 2021)

2.1.2. *Composición y estructura del esmalte dental*

El esmalte no posee células vivas, vasos sanguíneos ni terminaciones nerviosas, lo que restringe su facultad de reparación. La porción orgánica del esmalte, que constituye entre el 1-2%, se compone por proteínas como amelogeninas, enamelinas y tuftelinas; estas son esenciales durante la amelogénesis, pero detectable en proporciones mínimas en el esmalte maduro. El 2-3% restante corresponde a agua que se encuentra en los espacios intercristalinos, la cual facilita el paso de iones que ocurre en los procesos de pérdida y recuperación mineral. (Baranova, 2020)

2.1.2.1. Mineralización. El esmalte dental compuesto por un 96% de material inorgánico, principalmente cristales de hidroxiapatita, que son de mayor tamaño y más densamente empaquetados que los presentes en la dentina. Esta elevada mineralización le

proporciona gran dureza, aunque lo hace vulnerable a procesos de desmineralización ácida. (Baranova, 2020)

2.1.2.2. Matriz Orgánica. A comparación de otros tejidos como el hueso y la dentina, el esmalte dental presenta una cantidad mínima de colágeno y contiene proteínas específicas como amelogenina y enamelina, que son fundamentales durante la etapa formativa. (Baranova, 2020)

2.1.2.3. Estructura Histológica. Desde el punto de vista histológico, el esmalte dental se estructura en prismas o varillas orientadas de forma perpendicular a la superficie del diente. Dichos prismas se encuentran delimitados por una sustancia interprismática, cuya organización influye de manera significativa en la resistencia mecánica de este tejido (Baranova, 2020)

2.1.2.4. Permeabilidad. A pesar de su elevada densidad, el esmalte presenta microestructuras como husos, penachos y laminillas, que facilitan la permeabilidad al permitir el paso de líquidos y partículas. Esta característica resulta relevante en la comprensión de procesos como la caries y la erosión dental. (Baranova, 2020)

2.1.2.5. Unión Amelodentinaria. La unión amelodentinaria, que conecta el esmalte con la dentina, constituye una región crítica donde confluyen tejidos con propiedades físicas y químicas distintas. Debido a su menor grado de mineralización, esta zona es resulta más susceptible a la acción de fuerzas mecánicas y a la exposición ácida, lo que puede favorecer la iniciación de procesos de desmineralización. Además, su estructura particular influye en la transmisión de cargas hacia la dentina subyacente protegiendo a los tejidos. (Baranova, 2020)

La resistencia y funcionalidad biomecánica del esmalte se encuentran determinadas por la configuración de los prismas de hidroxiapatita y la alineación de sus cristales, incluyendo su dureza la cual oscila entre 300 y 500 Vickers, así como su aptitud para disipar las cargas de fuerza hacia la dentina situada por debajo. No obstante, su elevada mineralización lo hace vulnerable a fracturas bajo cargas excesivas o a la acción prolongada de ácidos, que pueden

disolver los cristales de hidroxiapatita y desencadenar procesos de desmineralización que comprometen la integridad estructural del tejido (Desai, 2021).

2.1.3. Microdureza del esmalte

La dureza dental se refiere a la propiedad del esmalte para resistir un amplio rango de fuerzas. Según estudios, el esmalte puede soportar hasta 1000 N en áreas de contacto que varían entre 0,45 y 2,5 mm², lo que equivale aproximadamente a 102 kilogramos-fuerza (kgf) o 224,81 libras-fuerza (lbf). Estos valores en un esmalte intacto se sitúan en un rango de 300 y 350 kg/mm², motivo por el cual los estudios han desarrollado diversos métodos para evaluar su resistencia. (Chávez et al., 2017).

La microdureza superficial del esmalte se ha evaluado mediante técnicas de durometría, introducidas por primera vez por Featherstone en 1981, con el objetivo de comparar los cambios ocurridos durante los procesos de desmineralización y remineralización (Bhat et al., 2022).

Entre los métodos más utilizados se encuentran la dureza de Vickers y la de Knoop, ambos diseñados para valorar la dureza de un material en función de su resistencia a la penetración ejercida por un cuerpo más rígido. (Bhat et al., 2022)

2.1.4. Descripción y estructura de dientes bovinos

El diente bovino constituye estructuras anatómicas esenciales para la alimentación de estos, adaptándose a la fragmentación del material vegetal. En contraste a la dentición humana, estos dientes muestran variaciones notables en cuanto a su función y morfología. Están constituidos por tres tejidos principales: esmalte, dentina y cemento, y poseen una cavidad pulpar que alberga vasos sanguíneos y nervios. (Segovia, 2022)

2.1.4.1. Esmalte bovino. El esmalte es el tejido más externo del diente y el más duro del organismo bovino. Está compuesto principalmente de hidroxiapatita, un mineral cristalino compuesto esencialmente por fosfato de calcio, que aporta alrededor del 96 – 97% de su masa.

El esmalte bovino en similitud a la del humano, posee una matriz orgánica de 1-2% y una proporción de agua equivalente a 1-2%; además, presenta una estructura y resistencia que lo destacan como principal modelo para estudios in vitro, como la evaluación de los efectos de agentes aclarantes. (Posada, 2020)

2.1.4.2. Dentina bovina. Este representa al tejido que subyace al esmalte y se caracteriza por ser menos mineralizada, conformado por un 70% de hidroxiapatita, material orgánico en un 20% y agua en un 10%. Presenta una red de túbulos encargados de favorecer la comunicación entre el esmalte y la pulpa dental. Gracias a la conformación de su estructura, la dentina actúa como un amortiguador que absorbe impactos, contribuyendo a proteger al diente frente a posibles accidentes. (Posada, 2020).

2.1.4.3. Cemento bovino. Se encarga de proteger la raíz del diente y actúa como sitio de inserción de las fibras del ligamento periodontal. Su composición se compara con la de la dentina, aunque presenta un mayor contenido de material orgánico. Pese a que no está situado en la corona dental, desempeña un papel fundamental en el anclaje dentario en la cavidad alveolar (Segovia, 2022)

2.1.4.4. Cavidad pulpar. Esta cavidad alberga nervios, vasos sanguíneos y tejido conectivo laxo; a pesar de que no participa esencialmente en los estudios in vitro, su conservación es fundamental en investigaciones más amplias sobre la biología o histología dentinaria. (Posada, 2020)

2.1.4.5. Composición química del esmalte bovino. En cuanto a la composición química, está formado principalmente por cristales de hidroxiapatita, no obstante, también presenta trazas de iones como magnesio, sodio y fluoruro, que participan en el incremento de su resistencia química. Esta composición guarda similitud con la observada en el esmalte humano, lo que lo hace un modelo adecuado para estudios experimentales relacionados con procesos de desmineralización y remineralización. (Posada, 2020)

Aunque los dientes bovinos y humanos comparten similitudes en cuanto a su estructura y composición, presentan diferencias relevantes, como el espesor del esmalte, que en los bovinos es mayor que en los humanos, aspecto que puede modificar en la velocidad de los procesos de desmineralización. (Segovia,2022)

Asimismo, los dientes bovinos muestran una configuración prismática que resulta más homogénea en relación con la del esmalte humano, lo que ha favorecido su uso en estudios experimentales; debido a su disponibilidad, presenta una semejanza con el del esmalte humano y un manejo sencillo resultando útil en investigaciones sobre agentes aclarantes, permitiendo analizar los diversos efectos de distintas formulaciones y concentraciones en relación con la estabilidad estructural y composicional del esmalte en un entorno controlado. (Posada, 2020)

2.1.5. Aclaramiento dental

El aclaramiento dental es un procedimiento no invasivo ampliamente demandado en la odontología estética, cuyo objetivo principal es mejorar la apariencia dental mediante la eliminación de manchas y decoloraciones extrínsecas. Su relevancia en el ámbito estético radica en su eficacia y en su carácter conservador, factores que explican su creciente popularidad entre los pacientes. (Bersezio et al., 2020)

2.1.6. Agentes aclarantes

Los agentes blanqueadores son compuestos químicos empleados en los procedimientos de aclaramiento dental. De acuerdo con Fajardo et al. (2018), su mecanismo de acción consiste en penetrar a través del esmalte y descomponer las partículas cromógenas responsables de la decoloración, lo que permite obtener una sonrisa más clara y estética. La literatura reporta que, en bajas concentraciones, estos agentes no generan efectos adversos significativos sobre las estructuras dentales.

Sin embargo, se ha señalado que el uso de peróxido de hidrógeno en concentraciones elevadas (alrededor del 35%) puede producir alteraciones en el pH extrarradicular, lo que a su vez podría modificar la actividad del periodonto tisular (López, 2024)

2.1.6.1. Peróxido de hidrógeno. Es conocido mayormente como agua oxigenada, es uno de los agentes químicos más usado en los procedimientos de aclaramiento dental debido a su alta eficacia y a su versatilidad clínica. Según Barrancos (2006), el principio de acción radica en su capacidad como agente oxidante: ya que, al entrar en contacto con la superficie dental, se descompone liberando oxígeno activo. Este oxígeno difunde a través del esmalte y la dentina, alcanzando los pigmentos orgánicos responsables de la decoloración dental y fragmentándolos en moléculas más pequeñas, incoloras y menos complejas. De esta manera, se logra una modificación en el valor cromático del diente, traducándose en una apariencia más clara y estética.

Su eficacia y seguridad han sido ampliamente documentadas, lo que lo posiciona como uno de los agentes de elección en la práctica clínica del aclaramiento dental (Ramos et al., 2007). No obstante, su aplicación debe realizarse con precaución y siempre bajo la supervisión del odontólogo, a fin de minimizar posibles efectos adversos. A nivel clínico, su uso no está exento de posibles efectos secundarios; entre los más reportados están la sensibilidad transitoria, atribuida a la penetración de los radicales libres hacia la dentina y la pulpa.

2.1.6.2. Peróxido de carbamida. Es un agente aclarador que, al aplicarse sobre la superficie dental, se descompone en urea y peróxido de hidrógeno. El primero actúa como el agente activo, liberando oxígeno que se difunde por el esmalte y la dentina, facilitando la degradación de los pigmentos responsables de la decoloración. La urea, por su parte, eleva el pH local, lo que contribuye a disminuir el riesgo de desmineralización durante el procedimiento (Fajardo et al., 2018).

Este compuesto se emplea en concentraciones más bajas que el peróxido de hidrógeno (10%–22%), con una liberación gradual del agente activo, lo que prolonga el tiempo de acción y reduce la sensibilidad dental. Debido a estas características, es ampliamente utilizado en protocolos domiciliarios bajo supervisión profesional. Ambos peróxidos son efectivos para lograr cambios en la tonalidad dental; sin embargo, la eficacia depende de la concentración, el tiempo de aplicación y el color inicial del diente, mientras que la sensibilidad se asocia directamente con la potencia del agente empleado (García et al., 2021).

2.1.7. Fotoactivación durante el aclaramiento dental

La fotoactivación durante el aclaramiento dental es una técnica que utiliza fuentes de luz, como láseres o LEDs, para acelerar el proceso de aclaramiento diseñado al incremento de la efectividad de los resultados. Este método se basa en la activación de los agentes aclarantes, como el peróxido de hidrógeno, mediante la aplicación de luz, lo que aumenta la liberación de radicales libres y, por ende, la eficacia del tratamiento.

Un estudio reciente que aborda este tema es el de Kuri et al. (2020), evaluaron el efecto de la fotoactivación con LED en la variación de la microdureza del esmalte dental y en el color después del aclaramiento. Los resultados mostraron que la fotoactivación mejoró significativamente la eficacia del aclaramiento sin comprometer la integridad del esmalte.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Cuantitativo, debido a que se orienta a la cuantificación objetiva y al procesamiento de las muestras.

Experimental, ya que contempla la manipulación de variables para observar sus efectos.

Prospectivo, porque la recolección de datos se realizará conforme se presenten los acontecimientos.

Análítico, dado que se incluyen dos o más grupos con el propósito de comparar los efectos de las variables.

Longitudinal, ya que la variable fue evaluada en más de una ocasión. (Bonet, 2023)

3.2. Ámbito temporal y espacial

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio High Technology Laboratory Certificate (HTL), ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho - Lima, en el periodo de mayo del 2025, el cual presentaba con personal especializado en la norma (Norma ISO/IEC 17025) que fueron de apoyo para realizar las mediciones de la microdureza del esmalte antes y después del uso de agentes aclarantes.

3.3. Variables

3.3.1. *Variable independiente*

Agentes aclarantes

3.3.2. *Variable dependiente*

Microdureza del esmalte

3.3.3. *Variable interviniente*

Fotoactivación

3.3.4. *Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	VALOR
Variable independiente: Agentes aclarantes	Sustancia química descomponiéndose en radicales libres que rompen los pigmentos orgánicos responsables de las manchas en el esmalte y la dentina	dientes bovinos anteriores	no aplicación	Nominal	1: Peróxido de carbamida: Power Bleaching Office 37% 2: Peróxido de Hidrógeno: Whiteness Hp Maxx 35%
Variable dependiente: Microdureza del esmalte	Resistencia que ofrece la superficie del esmalte a ser rayada, penetrada o deformada	no aplica	Microdurómetro Vickers	Razón	kgf/mm ²
Variable interviniente: Fotoactivación	Proceso que acelera la liberación de radicales libres	dientes bovinos	Luz LED	Nominal	- Con fotoactivador - Sin fotoactivador

	usando fuentes de luz				
--	--------------------------	--	--	--	--

3.4. Población y muestra

La población y la muestra, de forma coincidente, estará conformada por 60 muestras de esmalte a partir de incisivos bovinos, se utilizará dicha muestra según las indicaciones el ISO 28399 – 2011 y de los antecedentes presentados (ISO, 2011); estos se dividirán en 4 grupos de 15 muestras cada uno, siendo los distintos grupos: G1: Power Bleaching Office 37% sin fotoactivación, G2: Power Bleaching Office 37% con fotoactivación, G3: Whiteness Hp Maxx 35% sin fotoactivación y G4: Whiteness Hp Maxx 35% con fotoactivación.

Agente blanqueador				Total
Grupo 1: (Power Bleaching Office 37% sin fotoactivación)	Grupo 2 (Power Bleaching Office 37% con fotoactivación)	Grupo 3 (Whiteness Hp Maxx 35% sin fotoactivación)	Grupo 4 (Whiteness Hp Maxx 35% con fotoactivación)	60
15	15	15	15	

3.4.1. Criterios de selección

3.4.1.1. Criterios de inclusión

En este presente trabajo de investigación se cotaron con los siguientes criterios de inclusión:

- A. Dientes bovinos recién extraídos
- B. Dientes de bovino joven (menor a los 6 meses)
- C. Dientes incisivos de bovinos

3.4.1.2. Criterios de exclusión

En este presente trabajo de investigación se cotaron con los siguientes criterios de inclusión:

- A. Dientes bovinos que presentan alteraciones en su estructura dental
- B. Dientes bovinos con anomalías en su número y forma

3.5. Instrumentos

Se diseñó un instrumento de recolección de datos.

El instrumento que se utilizó es el microdurómetro de Vickers, el cual fue utilizado para medir la dureza de los materiales mediante un método de indentación; evaluó a materiales en escala micro (10 g a 1000g), lo que lo hace ideal para aplicaciones en ciencia e ingeniería. (Zhang et al., 2021). Se recopilaron los datos provenientes de las muestras de esmalte bovino determinado de la siguiente forma: grupos correspondientes, valor de la microdureza superficial inicial, valor de la microdureza superficial final (luego de someterlos a los agentes aclarantes).

Asimismo, se usó lámpara LED (SIGMA, D2BB-OD2) para realizar la fotoactivación de los agentes aclarantes, que son dispositivos que emiten luz acelerando la descomposición de los agentes aclarantes, liberando oxígeno que penetra en el esmalte y la dentina, eliminando moléculas pigmentadas aclarando el color de estos. (Alqahtani, 2020). En el estudio se realizó a una potencia de 300 mW/cm² para acelerar esa descomposición.

Se recolectó datos de las muestras de esmalte de bovino; así mismo, se recolectó datos de la siguiente manera de los agentes aclarantes: G1: Power Bleaching Office 37% sin fotoactivación, G2: Power Bleaching Office 37% con fotoactivación, G3: Whiteness Hp Maxx 35% sin fotoactivación y G4: Whiteness Hp Maxx 35% con fotoactivación.

3.6. Procedimientos

Para la elaboración de las muestras del esmalte, se utilizaron 60 incisivos bovinos que fueron extraídos y almacenados en formol al 0,1% para su conservación. Posteriormente, se separaron las coronas de las raíces empleando un equipo de corte Dremel 3000 incorporado con un disco de diamante de 24mm. Se eliminaron los tejidos residuales y se confeccionaron las probetas acrílicas empleando tubos de plástico de 2cm de diámetro por 1 cm de altura. Cada diente se volvió a cortar con la máquina de corte con tal de obtener la cara vestibular en tamaños de 5 x 5 cm, estos fueron posicionados sobre una platina de vidrio y fijados con el acrílico autocurable (Vitacryl). Finalmente, las superficies de esmalte dental se pulieron con escobillas profilácticas y sometidas a limpiezas de 5 minutos con agua destilada.

Una vez listas, las probetas fueron distribuidas de manera aleatoria en los diferentes grupos experimentales según el tratamiento asignado: G1: Peróxido de carbamida al 37%, G2: Peróxido de carbamida al 37% + lámpara LED, G3: Peróxido de hidrógeno al 35%, G4: Peróxido de hidrógeno al 35% + lámpara LED.

Para la aplicación del agente blanqueador, se utilizarán 2 tipos:

- Peróxido de carbamida: Power Bleaching Office 37%, aplicación directa de la jeringa. Tiempo de aplicación: 45 minutos.

- Peróxido de hidrógeno al 35%: Whiteness HP Maxx 35%, el cual según fabricante indica 3 gotas del agente con 1 gota del espesante; un tiempo de aplicación de 15 minutos realizando 3 intervalos.

Los grupos que experimentaron el uso de la fotoactivación, fue mediante una lámpara LED (SIGMA, D2BB-OD2) a 300 mW/cm², luego de eso se retiró todo residuo de gel con agua destilada 10 segundos, para retirar los restos de los agentes aclarantes.

La microdureza del esmalte se evaluó antes de aplicar cada agente, estos en contacto con agua destilada fueron medidos como grupo control y después de aplicarse cada agente

aclarante mediante el análisis de Vickers realizado por el microdurómetro (Microdurómetro Vickers KMHV1000Z), el cual se cumplió según las indicaciones del ISO 6507-1:2018 y ASTM E384.

El microdurómetro es empleado mediante un indentador con de forma piramidal con base cuadrangular; formando un ángulo entre sus caras de 136° a una carga de 0.10 kgf sobre la punta del diamante en forma de pirámide durante 10 segundos (ISO, 2018). El valor de la microdureza se obtiene relacionando la fuerza aplicada con el área de penetración, pero en el caso microdurómetro utilizado dio la medición automática.

3.7. Análisis de datos

El análisis descriptivo de los datos se realizó a través de medidas de tendencia central, como la media y la mediana, así como mediante indicadores de dispersión, incluyendo la desviación estándar, el rango intercuartílico y los valores máximos y mínimos.

Se evaluó normalidad con la prueba de Shapiro Wilk. La evaluación de los valores iniciales y finales se llevó a cabo mediante la prueba de signo-rango de Wilcoxon por no presentar distribución normal en dos grupos. La comparación entre grupos se realizó a través de la prueba no paramétrica de suma de rangos de Wilcoxon- U de Mann Whitney. Se utilizó un nivel de significancia de 5%.

Los resultados se presentaron en tablas y figuras, correspondientemente.

3.8. Consideraciones éticas

Al tratarse de un estudio de carácter experimental, no fue necesaria la participación de seres humanos, si no el uso de dientes bovinos como material biológico. Se garantizó un manejo responsable de dichas muchas, asegurando que procedieran de fuentes legales y éticamente aceptadas, específicamente de mataderos que cumplen con la normativa sanitaria vigente y necesaria por la legislación peruana, evitando generar perjuicio adicional sobre los animales.

El procesamiento de las muestras se llevó a cabo en el laboratorio High Technology Laboratory Certificate (HTL), cumpliendo con los requerimientos y procedimientos del laboratorio, que además operaba con personal entrenado; además de su certificación según la Norma ISO/IEC 17025, la cual garantiza la exactitud de las mediciones.

Los resultados obtenidos fueron reportados de manera íntegra y transparente, sin alteraciones ni manipulación de datos, garantizando así su veracidad. Asimismo, se establecieron límites claros en el alcance del estudio con el propósito de evitar interpretaciones o conclusiones que pudieran resultar erróneas.

Se evaluaron las posibles repercusiones de los hallazgos tanto en el campo de la salud dental como en la industria de los agentes aclarantes, fomentando la utilización de productos que garantice eficacia sin comprometer la integridad y bienestar de los tejidos dentales.

IV. RESULTADOS

El procesamiento de las muestras se realizó en el laboratorio High Technology Laboratory Certificate (HTL), ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho-Lima, en el periodo de abril del 2025; se analizaron las 60 muestras de dientes bovinos clasificados en los 4 grupos evaluados que cumplieron estrictamente los criterios de inclusión y exclusión.

Tabla 1

Descripción de la microdureza del grupo control

Variable	Nº	Media	DS.	Mediana	RIQ	Mínimo	Máximo
Control	60	322.81	22.77	322.90	24.95	230.40	376.50

Nota. Se realizó la evaluación del efecto de la microdureza superficial del esmalte dental bovino de 60 dientes sumergidos en agua destilada, como grupo control, el cual se le hizo la medición respectiva para poder comparar posteriormente. La microdureza presentan un promedio de 322.81 kgf/mm², siendo encontrados en un rango de 230.40 y 376.50 kgf/mm².

Figura 1

Microdureza del microdureza del grupo control

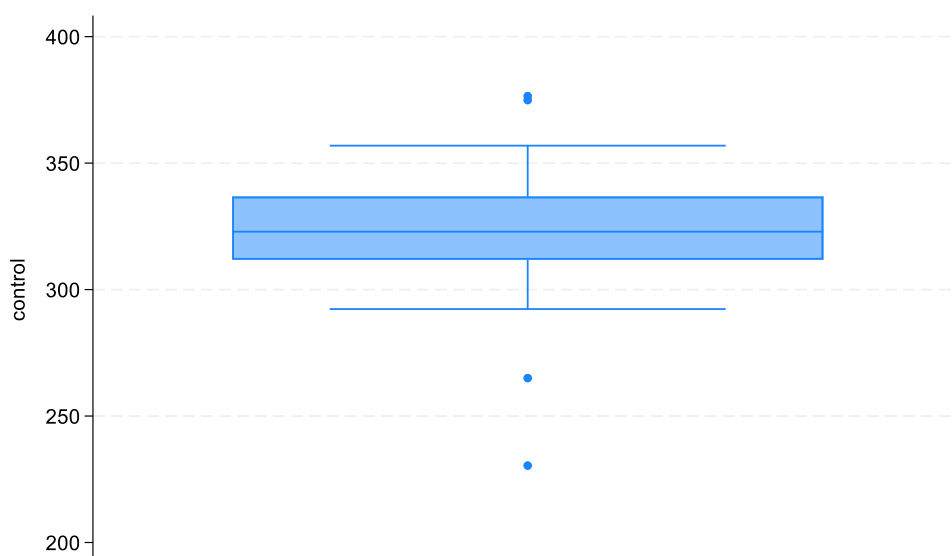


Tabla 2

Evaluación de la microdureza con la aplicación del Peróxido de Carbamida con y sin fotoactivación

Variable	N°	Media	DS.	Mediana	RIQ	Mínimo	Máximo
G1	15	306.9667	21.70368	302.1	19.3	274.9	356.4
G2	15	306.2667	21.18786	306.2	36.9	276.2	351.2

Nota. Se realizó las mediciones a las muestras de esmalte dental bovino con los agentes aclarante; siendo el primer agente, el peróxido de carbamida al 37% (Power Bleaching Office 37%) con y sin fotoactivación. Se observa que G1 presenta un promedio de 306.97 kgf/mm², siendo así que el 50% de los dientes tienen una microdureza menor de 302.1 kgf/mm²; el rango de los valores estuvo entre 274.90 kgf/mm² y 356.40 kgf/mm², presentando valores similares a G2 cuyo promedio es de 306.27 kgf/mm²; se puede describir también que el 50% de los dientes tienen una microdureza menor de 306.2 kgf/mm². El rango de los valores estuvo entre 276.20 kgf/mm² y 351.20 kgf/mm².

Figura 2

Microdureza con la aplicación del Peróxido de Carbamida con y sin fotoactivación

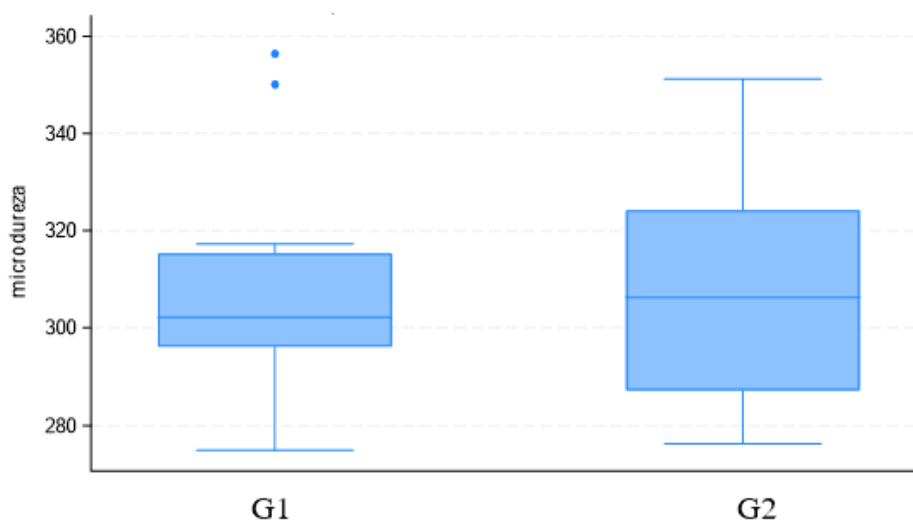


Tabla 3

Comparación de la microdureza antes y después de la aplicación del Peróxido de Carbamida con y sin fotoactivación

Sin fotoactivación (G1)				
Grupo	Mediana	RIQ	Zw*	P
Control	325.40	18.20	3.408	0.0007
Final	302.10	19.30		
Con fotoactivación (G2)				
Control	316.00	28.50	3.408	0.0007
Final	306.20	36.90		

Nota. Al comparar usando la prueba de signo-rango de Wilconxon ya que no se presenta distribución normal en ambos grupos; G1 muestra una diferencia de 23.30 kgf/mm², siendo el grupo control el que posee una mayor microdureza superficial en el esmalte. Por otro lado, G2 obtuvo un valor final de 306.20 kgf/mm², con una diferencia de 9.8 km/mm² con respecto al grupo control. Tanto G1 y G2 se observan diferencias significativas, la microdureza inicial antes de la aplicación del Peróxido de Carbamida al 37% es mayor que después de la aplicación, esta diferencia es estadísticamente significativa, $P < 0.05$.

Figura 3

Comparación de la microdureza antes y después de la aplicación del Peróxido de Carbamida con y sin fotoactivación

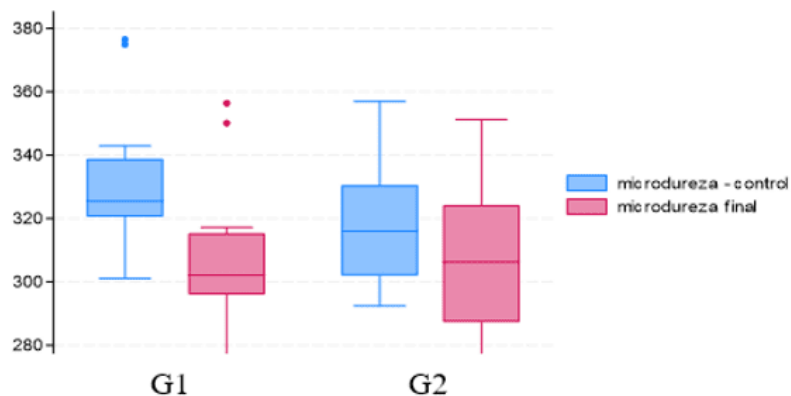


Tabla 4

Evaluación de la microdureza con la aplicación del Peróxido de Hidrógeno con y sin fotoactivación

Variable	N°	Media	DS.	Mediana	RIQ	Mínimo	Máximo
G3 (sin fotoactivación)	15	288.96	27.43	297.40	28.60	220.60	318.10
G4 (con fotoactivación)	15	296.77	15.66	299.80	30.20	265.20	314.60

Nota. Se realizó la evaluación de las muestras con Peróxido de Hidrógeno al 35% (Whiteness Hp Maxx 35%), se evidenció que G3 presenta un promedio \pm desviación estándar de 288.96 ± 27.43 kgf/mm²; en comparación a G4 que presentaron un promedio \pm desviación estándar de 296.77 ± 15.66 kgf/mm².

Figura 4

Evaluación de la microdureza con la aplicación del Peróxido de Hidrógeno con y sin fotoactivación

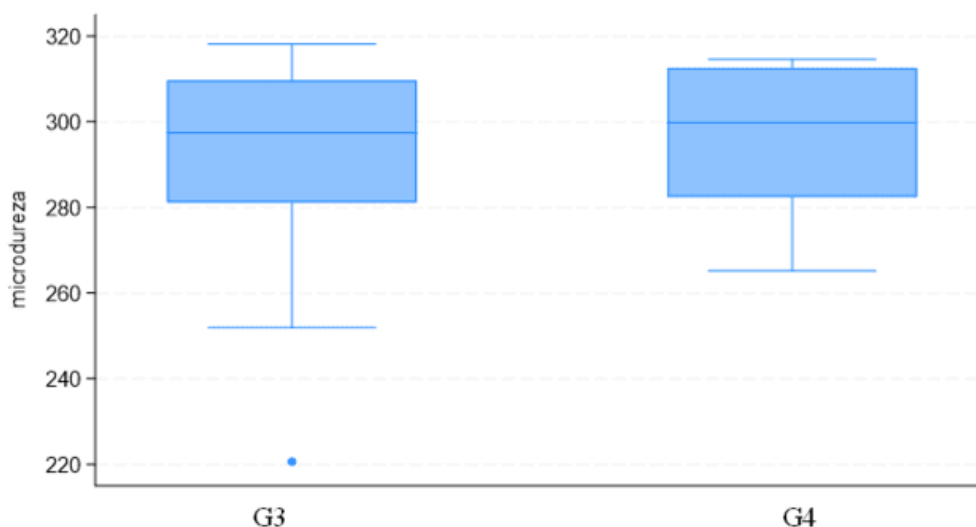


Tabla 5

Comparación de la microdureza antes y después de la aplicación del Peróxido de Hidrógeno con y sin fotoactivación

Sin fotoactivación (G3)				
Grupo	Mediana	RIQ	Zw*	P
Control	319.40	23.60	3.408	0.0007
Final	297.40	28.60		
Con fotoactivación (G4)				
Control	330.90	28.60	3.408	0.0007
Final	299.80	30.20		

Nota. En la comparación usando la prueba de signo-rango de Wilcoxon, G3 disminuyó luego del uso del agente blanqueador en 22 kgf/mm² al igual que el G4, con 31.10 kgf/mm², esta diferencia es estadísticamente significativa en ambos grupos, P < 0.05.

Figura 5

Comparación de la microdureza antes y después de la aplicación del Peróxido de Hidrógeno con y sin fotoactivación

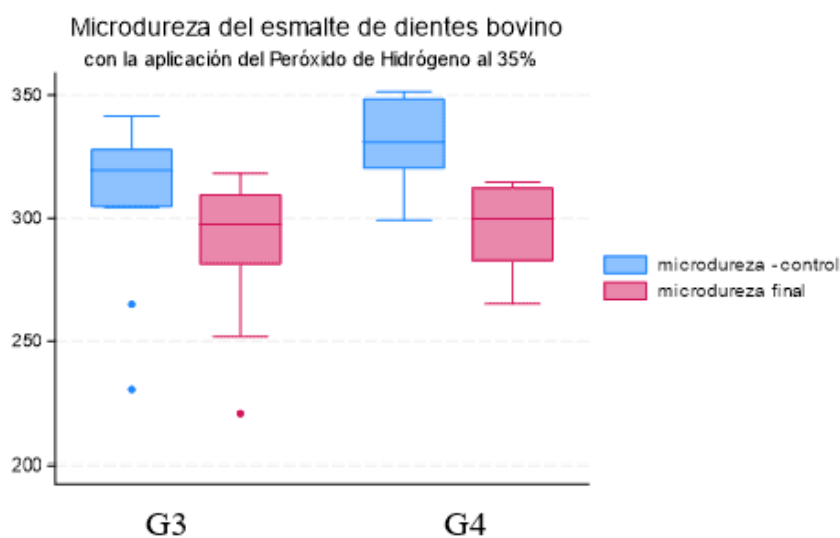


Tabla 6

Microdureza con la aplicación del Peróxido de Carbamida con y sin fotoactivación

Variable	Nº	Media	DS.	Mediana	RIQ	Zw*	P
G1	15	306.9667	21.7037	302.1	19.3	-0.021	0.9835
G2	15	306.2667	21.1879	306.2	36.9		

Nota. La microdureza del esmalte de dientes bovino con la aplicación del Peróxido de Carbamida al 37% (Power Bleaching Office 37%) en promedio son similares en G1 y G2 (306.96 y 306.26 kgf/mm², respectivamente); sin embargo, en las medianas es ligeramente mayor G2, pero al comparar las medianas entre los dos grupos, esas diferencias no son estadísticamente significativas, $P > 0.05$.

Tabla 7

Microdureza con la aplicación del Peróxido de Hidrógeno con y sin fotoactivación

Variable	N°	Media	DS.	Mediana	RIQ	Zw*	P
G3	15	288.96	27.43	297.40	28.60	-0.560	0.58
G4	15	296.77	15.66	299.80	30.20		

Nota. La comparación final entre ambos agentes blanqueadores dio como resultado que la microdureza del esmalte de dientes bovino con la aplicación del Peróxido de Hidrógeno al 35% (Whiteness Hp Maxx 35%) es ligeramente mayor en G4 (296.77 kgf/mm²), pero al comparar con G3 (288.96 kgf/mm²), esas diferencias no son estadísticamente significativas, $P > 0.05$.

Figura 6

Comparación de la microdureza luego de la aplicación de los agentes blanqueadores

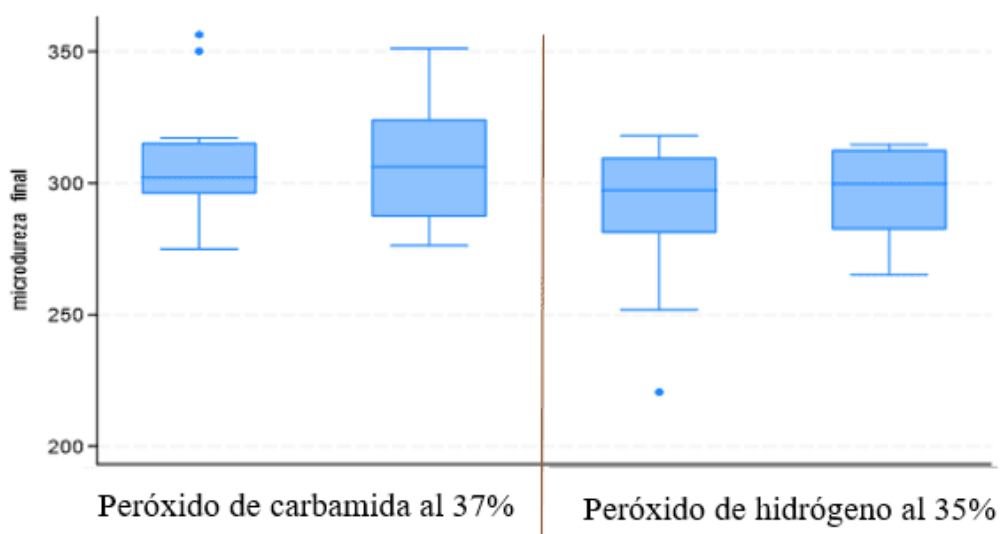


Tabla 8

Comparación de la microdureza con la aplicación del Peróxido de Carbamida y Peróxido de Hidrógeno sin fotoactivación

Peróxido de	N°	Media	DS.	Mediana	RIQ	Zw*	P
Carbamida al							
37% (G1)	15	306.9667	21.7037	302.1	19.3	1.307	0.1914
Hidrógeno al							
35% (G3)	15	288.96	27.43	297.40	28.60		

Nota. A la comparación entre los grupos de ambos agentes blanqueadores sin fotoactivación (G1 y G3), G1 presenta un mayor promedio en comparación con G3 (306.96 y 288.96 kgf/mm², respectivamente), indicando que no hay diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 9

Comparación de la microdureza con la aplicación del Peróxido de Carbamida y Peróxido de Hidrógeno con fotoactivación

Peróxido	N°	Media	DS.	Mediana	RIQ	Zw*	P
Carbamida al							
37% (G2)	15	306.2667	21.188	306.2	36.9	1.141	0.2540
Hidrógeno al							
35% (G4)	15	296.7733	15.657	299.8	30.2		

Nota. La comparación entre los grupos de ambos agentes blanqueadores con fotoactivación (G2 y G4), G2 presenta un mayor promedio en comparación con G4 (306.26 y 296.77 kgf/mm², respectivamente), indicando que no hay diferencia estadísticamente significativa.

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La evaluación del impacto en los tratamientos de aclaramiento dental sobre las estructuras como el esmalte, sigue siendo un tema de interés en odontología conservadora, debido al creciente uso de estas técnicas en la práctica clínica. El blanqueamiento dental se ha consolidado en la última década como uno de los procedimientos estéticos más demandados en odontología, y su popularidad responde al creciente interés de la población por una sonrisa más blanca, aunque distintos estudios advierten que estos tratamientos pueden alterar las propiedades estructurales del esmalte.

En este estudio se analizó la microdureza superficial del esmalte dental bovino sometido a tratamientos de aclaramiento dental con y sin fotoactivación, con el objetivo de determinar si existe diferencia significativa en la microdureza superficial del esmalte dental bovino después del tratamiento de aclaramiento con y sin fotoactivación.

Los resultados del estudio evidenciaron una disminución en la microdureza superficial del esmalte dental bovino en todos los grupos tratados con los agentes blanqueadores, en comparación con el grupo control. Estos resultados concuerdan con Ferreira et al. (2021) confirmando la capacidad del agente blanqueador de comprometer la resistencia mecánica del esmalte dental, evidenciada en la disminución significativa de los valores de microdureza posterior al tratamiento. Sin embargo, ellos reportaron que la disminución de la microdureza fue más acentuada en los grupos sometidos a la fotoactivación con ciertas fuentes de luz, evidenciando un efecto potenciador por el lado del daño estructural; en contraste con el presente estudio, aunque se evidenció una reducción de la microdureza tras la aplicación del agente aclarante, la diferencia entre los grupos con y sin fotoactivación no fue significativa.

Del mismo modo, Goyal et al. (2021) exploraron un aspecto complementario: la influencia de distintas concentraciones de agentes blanqueadores, demostraron que la concentración del agente aclarante guarda una relación directa con la magnitud del daño, que

en este caso se refleja con mayor relevancia en la disminución de la microdureza de esmalte dental; indican que, a mayor concentración, mayor la pérdida de la microdureza y aumento de la rugosidad superficial. Este resultado coincide con los resultados del presente estudio, donde el uso del agente aclarante de alta concentración, peróxido de hidrógeno al 35% y peróxido de carbamida al 37%, produce una disminución en la microdureza, reforzando la idea de que la concentración constituye un factor determinante en el impacto del tratamiento indicando que tanto el peróxido de carbamida al 37% como el peróxido de hidrógeno al 35%, independientemente del uso de la fotoactivación, se genera un efecto desmineralizante sobre el esmalte dental bovino.

Por otro lado, De Souza et al. (2021), evaluaron bajas concentraciones de peróxido de hidrógeno fotoactivado con sistemas LED en esmalte bovino, observando que, si bien producían cambios microestructurales en el esmalte, estos eran menos severos a comparación de las altas concentraciones (peróxido de hidrógeno al 35%). Este antecedente permite interpretar que, el uso de concentraciones altas, como en el presente estudio, intensifica las alteraciones en la microdureza, lo cual podría mitigarse con protocolos de menor concentración o con el apoyo de tecnologías complementarias.

En contraste, Kavour et al. (2024) plantearon una estrategia innovadora: la incorporación de biomateriales remineralizantes a los agentes blanqueadores. Los autores demostraron que esta combinación no solo mantenía la eficacia estética del aclaramiento, sino que también reducía significativamente la pérdida de microdureza en el esmalte dental. Estos biomateriales, vidrio bioactivo e hidroxiapatita, en conjunto al peróxido de carbamida; demostraron resultados interesantes.

En el presente estudio, al no emplear biomateriales, la disminución de la microdureza fue evidente, lo que subraya la importancia de explorar alternativas que mitiguen los efectos adversos del aclaramiento dental.

Este antecedente cobra relevancia clínica, ya que se alinea con la tendencia actual de desarrollar tratamientos estéticos menos invasivos y con menor impacto en la estructura dental.

Pese a que en el estudio de Goyal et al. (2021), usaron biomateriales, el grupo medido solo usando peróxido de carbamida, no mostró una gran diferencia en la disminución de la microdureza dental, en contraste con este estudio que sí se mostró una diferencia significativa.

Por parte de Ameli et al. (2020) , quienes compararon la microdureza del esmalte antes del blanqueamiento y ocho semanas después de la aplicación de diferentes agentes blanqueadores, encontraron una disminución significativa de la microdureza del esmalte dental tratados con agentes blanqueadores a base de peróxido de hidrógeno al 40% (aplicación en consultorio dental) ya que mostró una mayor pérdida de microdureza con una reducción promedio de 60.5 kgf/mm², coincidiendo con la disminución observada en G4 de la presente investigación. Asimismo, una diferencia entre ambos estudios radica en el tipo de sustrato dentario utilizado; mientras que Ameli et al. evaluaron esmalte humano, este estudio se centró en usar esmalte bovino, si bien es un modelo común en investigaciones in vitro por la disponibilidad y características estructurales similares, presenta diferencias en composición mineral y porosidad, que, a pesar de haber minimizado las diferencias, esto servirá para siguientes investigaciones. Otro punto para considerar de este estudio es el uso de peróxido de carbamida, que tuvo un menor impacto negativo sobre el esmalte a comparación del peróxido de hidrógeno, al igual que el presente estudio.

VI. CONCLUSIONES

6.1. El presente estudio permitió evidenciar que la aplicación de agentes blanqueadores de alta concentración, tanto peróxido de carbamida al 37% (Power Bleaching Office) como peróxido de hidrógeno al 35% (Whiteness HP Maxx), produjo una disminución significativa de la microdureza superficial del esmalte dental bovino, en comparación con el grupo control.

6.2. El grupo control demostró que, en ausencia de agentes químicos, el esmalte bovino mantiene su microdureza, confirmando que los cambios observados en los grupos experimentales se deben exclusivamente a la acción de los agentes blanqueadores.

6.3. La aplicación de peróxido de carbamida al 37%, con y sin fotoactivación, mostró una reducción de la microdureza, lo que indica que este agente, aun sin ser activado, puede afectar la microdureza del esmalte dental.

6.4. La aplicación de peróxido de hidrógeno al 35%, con y sin fotoactivación, también generó una disminución de la microdureza, evidenciando un efecto similar al peróxido de carbamida, lo que confirma que ambos agentes presentan un potencial desmineralizante sobre el esmalte.

6.5. La comparación de la microdureza antes y después del blanqueamiento reveló que, independientemente del agente empleado, existe una pérdida significativa de la resistencia del esmalte, corroborando que los procedimientos de aclaramiento no son inocuos para la estructura dental.

6.6. En cuanto a la influencia de la fotoactivación, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con y sin fotoactivación. Esto sugiere que, bajo las condiciones de este estudio, la exposición a la luz no potencia de manera relevante la reducción de la microdureza causada por los agentes blanqueadores.

6.7. En conjunto, los hallazgos de esta investigación confirman que los tratamientos de blanqueamiento dental, aunque efectivos desde el punto de vista estético, conllevan un riesgo

de deterioro en las propiedades mecánicas del esmalte, lo que subraya la importancia de evaluar protocolos clínicos más seguros y complementarlos con medidas remineralizantes.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Considerar el uso de agentes blanqueadores de menor concentración y protocolos menos agresivos, a fin de reducir el impacto negativo sobre la microdureza del esmalte.

7.2. Extender la línea de investigación al uso de agentes remineralizantes (como flúor, caseína fosfopeptídica-fosfato de calcio amorfo [CPP-ACP] u otros biomateriales) de manera complementaria al blanqueamiento, para contrarrestar los efectos desmineralizantes observados.

7.3. Limitar la frecuencia y duración de los tratamientos blanqueadores en consultorio, evitando la sobreexposición del esmalte a peróxidos de alta concentración.

7.4. Realizar investigaciones adicionales que incluyan períodos de seguimiento a mediano y largo plazo, para evaluar la recuperación espontánea o inducida de la microdureza del esmalte tras la aplicación de agentes blanqueadores.

7.5 Ampliar futuras investigaciones con el uso de esmalte humano, a fin de obtener resultados clínicamente más representativos y extrapolables a la práctica odontológica.

7.6. Informar a los pacientes sobre los posibles riesgos y efectos secundarios del blanqueamiento, enfatizando la importancia de un control profesional y la contraindicación de productos de uso casero sin supervisión.

VIII. REFERENCIAS

- Al-Angari, S., Eckert, G., & Sabrah, A. (2021). Color stability, roughness, and microhardness of enamel and composites submitted to staining/bleaching cycles. *The Saudi dental journal*, 33(4), 215–221. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2020.08.003>
- Alqahtani, M. Q. (2020). Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. *The Saudi Dental Journal*, 32(3), 149-156. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2019.09.006>
- Ameli, N., Kianvash, N., Nikpour, F., & Ghorbani, R. (2020). Effect of short- and long-term use of home and in-office bleaching with carbamide peroxide and hydrogen peroxide on enamel microhardness. *Journal of Dentistry Indonesia*, 27(2), 50-55. <https://doi.org/10.14693/jdi.v27i2.1118>
- Baranova, J., Büchner, D., Götz, W., Schulze, M., & Tobiasch, E. (2020). Tooth formation: are the hardest tissues of human body hard to regenerate?. *International journal of molecular sciences*, 21(11), 4031. <https://doi.org/10.3390/ijms21114031>
- Barrancos J. (2015). *Operatoria dental. Avances clínicos, restauraciones y estética*. (5ª ed.). Médica Panamericana.
- Bersezio, C., Martín, J., Angel, P., Bottner, J., Godoy, I., Avalos, F., & Fernández, E. (2019). Teeth whitening with 6% hydrogen peroxide and its impact on quality of life: 2 years of followup. *Odontology*, 107, 118-125. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10266-018-0372-3>
- Besic, F., Bayard, M., Wiemann, M. & Burrell, K. (1975). Composition and structure of dental enamel: Elemental composition and crystalline structure of dental enamel as they relate to its solubility. *The Journal of the American Dental Association*. 91(2), 594-601. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1975.0416>

- Bhat, D., Awchat, K., Singh, P., Jha, M., Arora, K. & Mitra, M. (2022). Evaluation of remineralizing potential of CPP-ACP, CPP-ACP + F and β TCP + F and their effect on microhardness of enamel using vickers microhardness test: an in vitro study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 15(Suppl 2), S221-S225. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2161>
- Bonet, O., Mazot, A., Casanova, M., & Cruz, N. (2023). Proyecto de investigación y tesis. Guía para su elaboración. *MediSur*, 21(1), 274-288. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2023000100274&lng=es&tlng=es
- Canelo, A., & Mendoza, R. (2021). *Evaluación in vitro del potencial de hidrógeno y grado abrasivo de las pastas dentales post-aclaramiento* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/658451>
- Chávez, B. & Almeida-Queiroz, R. (2017). Evaluación de la dureza del esmalte en dientes deciduos. *Revista KIRU*, 34(1), 19-27. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/1798>
- De Sousa Gomes, J., Besegato, J. F., & Kuga, M. C. (2021). Bleaching and microstructural effects of low concentration hydrogen peroxide photoactivated with LED/laser system on bovine enamel. *Photodiagnosis and photodynamic therapy*, 35, 102352. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2021.102352>
- Desai, H., Stewart, C. A., & Finer, Y. (2021). Minimally invasive therapies for the management of dental caries: A literature review. *Dentistry Journal*, 9(12), 147. <https://doi.org/10.3390/dj9120147>

- Fajardo, S., Godoy, R., Mejía, D. & Rodríguez, C. (2018). Efecto de agentes aclarantes libres de peróxido sobre el color dental. *Revisión sistemática. Universitas Odontológica*, 37(79).
- Ferreira, A. C., Batista, A. L., Neto, J. A., Simões, T. M., da Silva, M. G., de Barros, D. D., Catão, J. S., de Oliveira, T. A., & Catão, M. V. (2021). Evaluation of dental enamel microproperties after bleaching with 35% hydrogen peroxide and different light sources: An *in vitro* study. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 13(10), e969–e974. <https://doi.org/10.4317/jced.58440>
- García, L., Chimbo, E. & Astudillo, I. (2021). Comparación de la eficacia del color y sensibilidad entre el Peróxido de Hidrógeno y Peróxido de Carbamida: Revisión de la literatura. *Research, Society and Development*, 10(5), <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15110>
- Goyal, K., Saha, S. G., Bhardwaj, A., Saha, M. K., Bhapkar, K., & Paradkar, S. (2021). A comparative evaluation of the effect of three different concentrations of in-office bleaching agents on microhardness and surface roughness of enamel - An *in vitro* study. *Dental research journal*, 18, 49.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 6705-1:2018: Building construction machinery and equipment — Concrete mixers — Part 1: Vocabulary and commercial specifications*. <https://www.iso.org/standard/6705.html>
- International Organization for Standardization. (2011). *ISO 28399:2011 Dentistry — Products for external tooth bleaching*. <https://www.iso.org/standard/45713.html>
- International Organization for Standardization & International Electrotechnical Commission. (2017). *ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. <https://www.iso.org/ISO-IEC-17025-testing-and-calibration-laboratories.html>

- Kumar, S., Singh, R., & Kumar, P. (2020). *Advanced materials characterization techniques*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-52200-1>
- Kavoor, S., Ranjini, M. A., Aziz, N. A., Ashok, H. K., & Nadig, R. R. (2024). In vitro evaluation of the effect of addition of biomaterials to carbamide peroxide on the bleaching efficacy and microhardness of enamel. *Journal of conservative dentistry and endodontics*, 27(3), 310–314. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_310_23
- López, A., Mateo, F., Neves, L. & Pinto, L. (2021). Resultados de las técnicas blanqueadoras mixta e inmediata para el aclaramiento de dientes tratados endodóticamente-reportes de casos. *Odontoestomatología*, 23(37). http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1688-93392021000101402&script=sci_arttext
- Marqués P., Santos, K., de Oliveira, F., & Borges, B. (2024). Can carbamide peroxide be as effective as hydrogen peroxide for in-office tooth bleaching and cause less sensitivity? A systematic review. *Restorative dentistry & endodontics*, 49(2), e14. <https://doi.org/10.5395/rde.2024.49.e14>
- Moradian-Oldak, J., & George, A. (2021). Biomineralization of enamel and dentin mediated by matrix proteins. *Journal of dental research*, 100(10), 1020–1029. <https://doi.org/10.1177/00220345211018405>
- Posada, M., Sánchez, C, & Gallego, G. (2020). Evaluación de las características histológicas del esmalte y la dentina en dientes bovinos: una aproximación experimental. *Revista de Investigación Odontológica*, 12(3), 142–150.
- Ramos, L., Fentanes, E., Montiel, R., Kanán, A. & Esquivel, B. (2007). Tipos y técnicas de aclaramiento dental. *Oral*, 8(25), 392-395. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=25998>

- Segovia, M., Lezcano, M. R., & Gili, M. A. (2022). Uso de dientes bovinos como elección para trabajos de investigación en odontología. *Revista Ateneo Argentino de Odontología*, 66(1), 48–51.
- Serin-Kalay, T., & Zaim, B. (2022). How a 16% carbamide peroxide home bleaching agent affects the surface properties of chairside CAD/CAM materials?. *Odovtos International Journal of Dental Sciences*, 24(2), 57-68. <https://dx.doi.org/10.15517/ijds.2021.47853>
- Shamel, M., Al-Ankily, M. M., & Bakr, M. M. (2019). Influence of different types of whitening tooth pastes on the tooth color, enamel surface roughness and enamel morphology of human teeth. *Research*, 8, 1764. <https://doi.org/10.12688/f1000research.20811.1>
- Zamudio, J., Ladera, M., Santander, F., López, C., Cornejo, A., Echavarría, A., Cervantes, L., & Cayo, C. (2022). Effect of 16% carbamide peroxide and activated-charcoal-based whitening toothpaste on enamel surface roughness in bovine teeth: an in vitro study. *Biomedicines*, 11(1), 22. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11010022>
- Zhang, Y., Liu, H., & Zhang, J. (2021). Micro and nanoindentation techniques for material characterization. *Materials Today: Proceedings*, 38(4), 1234-1240. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.123>

IX. ANEXOS

9.1. Anexo A

9.1.1. Instrumento de recolección de datos

	AGENTES ACLARANTES							
	G1		G2		G3		G4	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Nº1								
Nº2								
Nº3								
Nº4								
Nº5								
Nº6								
Nº7								
Nº8								
Nº9								
Nº10								
Nº11								
Nº12								
Nº13								
Nº14								
Nº15								

9.2. Anexo B

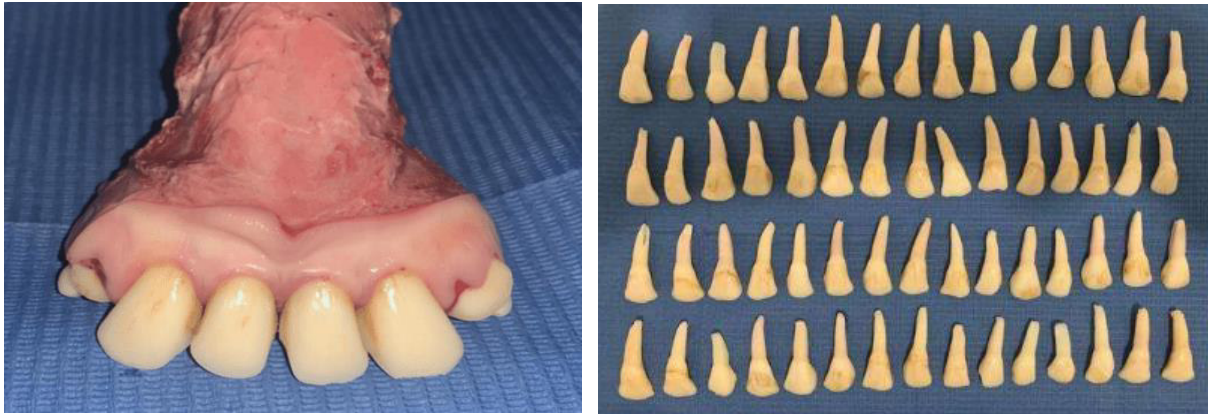
9.2.1. Matriz de consistencia

Matriz de consistencia					
Título: EVALUACIÓN DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DEL ESMALTE DENTAL BOVINO CON TRATAMIENTOS DE ACLARAMIENTO CON Y SIN FOTOACTIVACIÓN					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MATERIALES Y MÉTODOS	MÉTODO
¿Existirá diferencia significativa en la microdureza superficial del esmalte dental bovino con tratamientos de aclaramientos de aclaramiento con y sin fotoactivación?	<p>Objetivo General: Evaluar el efecto de la microdureza superficial del esmalte dental bovino con tratamientos de aclaramiento (Peróxido de Carbamida : Power Bleaching Office 37% y Peróxido de hidrógeno: Whiteness Hp Maxx 35%) con y sin fotoactivación.</p> <p>Objetivos específicos :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la microdureza del esmalte de dientes bovinos sumergidos en agua destilada. 	<p>Existe diferencia de la microdureza superficial del esmalte dental bovino después del tratamiento de aclaramiento con y sin fotoactivación.</p> <p>JUSTIFICACIÓN</p> <p>Proporcionar información valiosa sobre los efectos de los agentes aclarantes en la estructura dental, permitiendo mejorar los protocolos de tratamiento y minimizar posibles daños al esmalte.</p> <p>Teórico:</p> <p>El esmalte dental es una estructura altamente mineralizada que puede verse afectada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Variable independiente: Agentes aclarantes • Variable dependiente : Microdureza del esmalte • Variable interviniente: Fotoactivación <p>CRITERIOS DE SELECCIÓN</p> <p>Inclusión</p> <p>A. Dientes de bovino extraídos en el mismo día de haber sido sacrificado</p> <p>B. Dientes de bovinos etapa tierna (<6 meses)</p> <p>C. Dientes de bovinos incisivos</p> <p>Exclusión</p>	<p>Cuantitativo</p> <p>Experimental</p> <p>Prospectivo</p> <p>Longitudinal</p> <p>POBLACIÓN</p> <p>Conformada por 60 muestras de incisivos bovinos, de las cuales se dividieron en 4 grupos: G1: Power Bleaching Office 37% sin fotoactivación, G2: Power Bleaching Office 37% con fotoactivación, G3: Whiteness Hp Maxx 35% sin fotoactivación y G4: Whiteness Hp Maxx 35% con</p>	<p>Se procedió a evaluar colocar el agente aclarante en los diferentes grupos, para luego medirlos con el microdurómetro de Vickers. Hubo una medición antes y después de la colocación de los agentes aclarantes según el fabricante; asimismo, la colocación de la luz LED correspondiente a cada grupo.</p> <p>INTRUMENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Microdurómetro de Vickers - Cámara digital Canon eos rebel t6 - Ficha de recolección de datos

	<p>(grupo control) - Evaluar la microdureza del esmalte de dientes bovinos con la aplicación del Peróxido de Carbamida al 37%. (Power Bleaching Office 37%) con y sin fotoactivación. - Evaluar la microdureza del esmalte de dientes bovinos con la aplicación del Peróxido de Hidrógeno al 35% (Whiteness Hp Maxx 35%) con y sin fotoactivación. - Comparar la microdureza del esmalte de dientes bovino antes y después de</p>	<p>por factores externos, como el uso de agentes aclarantes Clínico-práctico: El mal uso podría aumentar el riesgo de desmineralización del esmalte, generando sensibilidad dental y predisposición a caries. Este estudio puede orientar a los profesionales de la salud bucal en la recomendación de agentes aclarantes seguros y en la educación del paciente sobre su uso adecuado para preservar la integridad del esmalte.</p>	<p>A. Dientes de bovino con alteraciones en su estructura dental B. Dientes de bovino con alteraciones de forma y número</p>	<p>fotoactivación. PLAN DE ANÁLISIS El análisis descriptivo de la información se llevó a cabo mediante medidas de tendencia central y dispersión. Se evaluó normalidad con la prueba de Shapiro Wilk, prueba de signo-rango de Wilcoxon y U de Mann Whitney.</p>	
--	---	--	---	--	--

	la colocación del agente blanqueador. - Comparar la microdureza del esmalte de dientes bovino con la aplicación del agente blanqueador con y sin activación.				
--	---	--	--	--	--

9.3.1. Evidencia fotográfica del proceso de experimentación



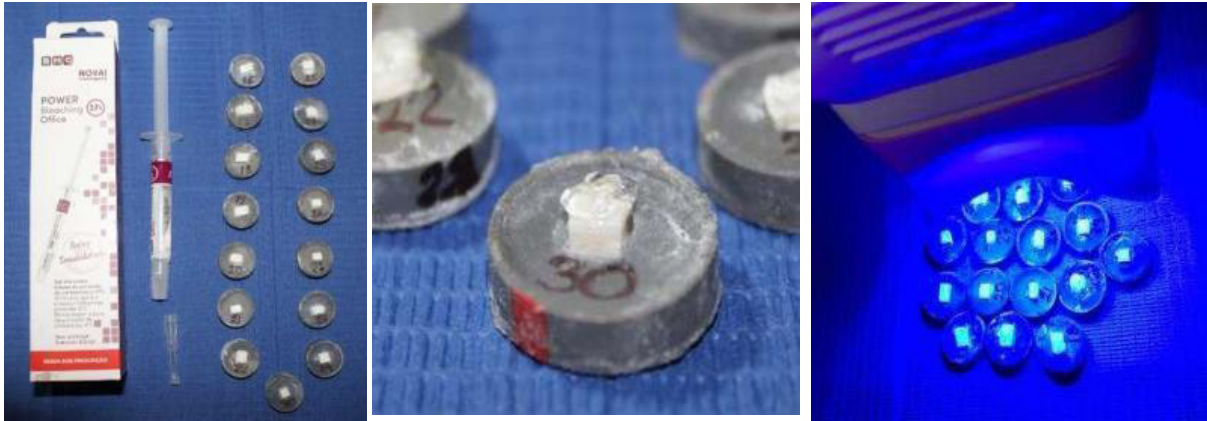
Recolección de muestras



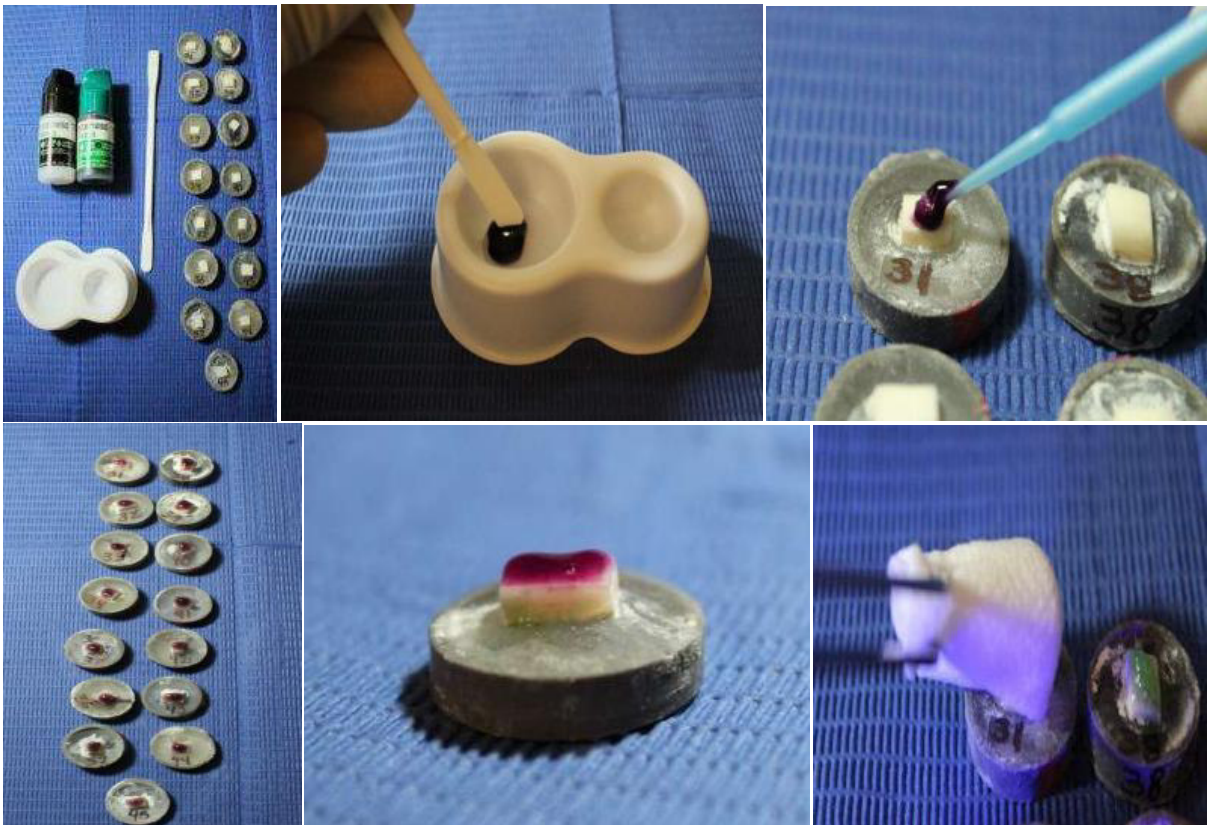
Preparación de muestras



G1: Power Bleaching Office 37% sin fotoactivación



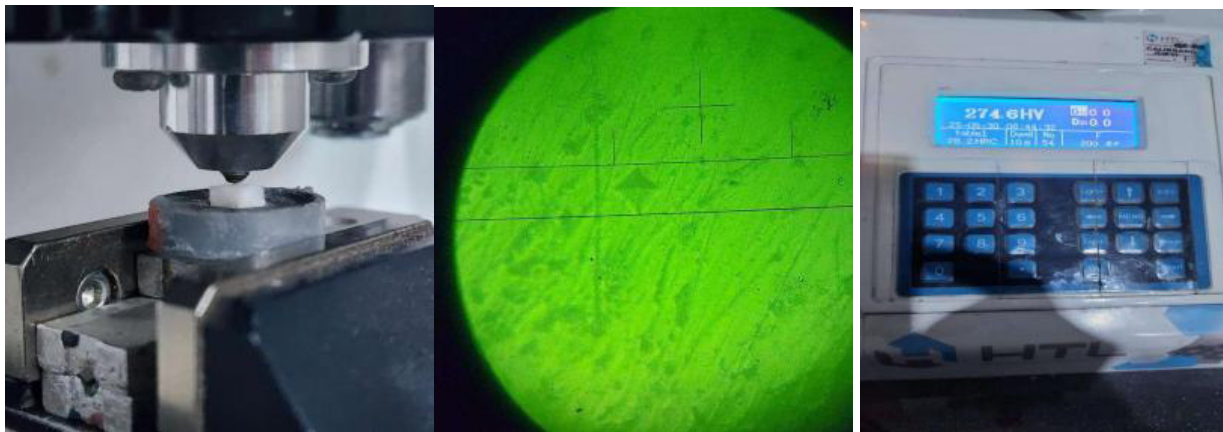
G2: Power Bleaching Office 37% con fotoactivación



G3: Whiteness Hp Maxx 35% sin fotoactivación



G4: Whitening Hp Maxx 35% con fotoactivación



Procesamiento de muestras

9.4. Anexo D

9.4.1. Autorización de ejecución



Universidad Nacional
Federico Villarreal

**FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA**

“Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana”

OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO

Pueblo Libre, 5 de mayo de 2025

**ING.
ROBERT EUSEBIO TEHERAN
JEFE DE LABORATORIO
HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC
Presente.-**

De mi especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de presentarle a la Bachiller en Odontología, Srta. Flavia Nicole Leon Malaga quien se encuentra realizando el Plan de Tesis titulado:

**«EVALUACIÓN DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DEL ESMALTE DENTAL
BOVINO CON TRATAMIENTOS DE ACLARAMIENTO CON Y SIN
FOTOACTIVACIÓN»**

En tal virtud, mucho agradeceré le brinde las facilidades del caso a la Srta. Leon quien realizará el siguiente trabajo:

- ✓ Recolectar datos de las evaluaciones de 60 dientes de bovino sometidos al Microdurómetro (Grupo control) antes y después del tratamiento de los dientes con aclarantes.

Estas actividades, le permitirán al bachiller, desarrollar su trabajo de investigación.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para renovarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente



035-2025
NT: 037317-2025

JEMM/Luz V.

Mg. JULIA ELBIA MEDINA y MENDOZA
JEFE
OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN
JEFE DE LABORATORIO

9.5. Anexo E

9.5.1. Resultados de medición certificado por el laboratorio



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 1 de 5

INFORME DE ENSAYO N°		IEO-075-2025	VERSION N° 01	Fecha de emisión:	01-06-2025
ENSAYO DE DUREZA MICROVICKERS EN ESMALTE DE DIENTES ODONTOLÓGICAS					
1. DATOS DEL SOLICITANTE					
Nombre de tesis	: 'EVALUACION DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DEL ESMALTE DENTAL BOVINO CON TRATAMIENTOS DE ACLARAMIENTO CON Y SIN FOTOACTIVACION'				
Nombres y Apellidos	: Flavia Nicole Leon Malaga				
D.N.I.	: 72115630				
Dirección	: Jr. Isaac Newton 7146-Urb. Sol de Oro - Los Olivos				
2. EQUIPOS UTILIZADOS					
Instrumento	Marca	Aproximación	Calibración	Los resultados del informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos únicamente para las muestras ensayadas.	
Microdureómetro Vickers Electrónico Vernier Digital	LG - HV-1000 Mitutoyo - 200 mm	1 µm - 40X 0.01mm	CC-061-2024 CL-143-2024		
3. IDENTIFICACION DE LA MUESTRA					
Muestras de esmalte de dientes	Cantidad	: Sesenta (60) muestras			
	Material	: Esmalte de dientes			
	Grupo 1	: Power Bleaching Office 37% sin fotoactivación			
	Grupo 2	: Power Bleaching Office 37% con fotoactivación			
	Grupo 3	: Whiteness Hp Maxx 35% sin fotoactivación			
	Grupo 4	: Whiteness Hp Maxx 35% con fotoactivación			
<i>*Información proporcionada por el solicitante.</i>					
4. DATOS DE ENSAYO					
Fecha de Recepción de muestras	16 de Mayo del 2025				
Analista asignado	RET				
Condiciones de la muestra	-				
Fecha de Ensayo	18 de Mayo del 2025 al 31 de Mayo del 2025				
Lugar de Ensayo	HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. Jr. Nepentás 364 Urb. San Silvestre, San Juan de Lurigancho, Lima.				
Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de calidad de la entidad que lo produce.					
5. CONDICIONES DE ENSAYO					
	Inicial	Final			
Temperatura	20.0 °C	19.0 °C			
Humedad Relativa	74.0 %HR.	75.0 %HR.			
El informe de ensayo sin firma y sello carece de validez.					
6. REFERENCIA DE PROCEDIMIENTO					
El ensayo se realizó bajo la siguiente Norma:					
NORMA	DESCRIPCION			CAPITULO/NUMERAL	
ASTME384-17	Método de prueba estándar para la dureza de materiales por microindentación.			---	

QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

📍 Jr. Nepentás 364 Urb. San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

☎ +51 987 123 584 // 949 059 602

✉ ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

🌐 www.ensayoshtl.pe

INFORME DE ENSAYO N°	IEO-075-2025	VERSION N° 01	Fecha de emisión:	01-06-2025	
7. RESULTADOS DE ENSAYOS DE MICRODUREZA VICKERS					
Grupo 1: Power Bleaching Office 37% sin fotoactivación (Inicial)					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm ²)	Punto 2 Hv (Kg/mm ²)	Punto 3 Hv (Kg/mm ²)	Promedio Hv (Kg/mm ²)
1	200 (1.9613)	294.3	301.5	307.1	301.0
2		362.2	375.1	392.2	376.5
3		348.4	339.0	325.6	337.7
4		347.0	345.6	336.1	342.9
5		316.8	324.3	324.3	321.8
6		340.5	332.9	330.4	334.6
7		320.8	325.0	316.1	320.6
8		335.4	324.8	316.1	325.4
9		308.0	310.3	328.0	315.4
10		330.4	323.9	316.1	323.5
11		345.8	340.1	330.4	338.8
12		343.1	329.3	325.2	331.9
13		312.7	319.5	314.3	315.5
14		311.6	320.0	332.9	321.5
15		351.1	381.3	392.2	374.9
Grupo 1: Power Bleaching Office 37% sin fotoactivación (Final)					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm ²)	Punto 2 Hv (Kg/mm ²)	Punto 3 Hv (Kg/mm ²)	Promedio Hv (Kg/mm ²)
1	200 (1.9613)	274.9	275.3	274.6	274.9
2		354.7	339.1	356.6	350.1
3		290.2	310.5	316.1	305.6
4		307.1	315.1	329.5	317.2
5		300.8	296.8	280.3	292.6
6		311.1	309.6	294.3	305.0
7		291.6	301.6	294.8	296.0
8		296.5	319.9	288.1	301.5
9		263.7	283.5	302.7	283.3
10		293.4	293.4	305.1	297.3
11		314.5	316.0	315.5	315.3
12		302.7	302.7	316.1	307.2
13		291.4	299.3	309.3	300.0
14		311.6	294.3	300.4	302.1
15		351.1	361.5	356.6	356.4



QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

@ Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

☎ +51 997 123 584 // 949 059 602

✉ ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

🌐 www.ensayoshtl.pe

INFORME DE ENSAYO N°	IEO-075-2025	VERSION N° 01	Fecha de emisión:	01-06-2025	
Grupo 3: Whiteness Hp Maxx 35% sin fotoactivación (Inicial)					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	200 (1.9613)	301.9	308.1	303.6	304.5
2		345.8	340.8	338.0	341.5
3		228.9	231.6	230.6	230.4
4		325.6	320.3	321.0	322.3
5		335.4	328.1	320.8	328.1
6		290.2	305.8	317.1	304.4
7		335.4	335.4	338.6	336.5
8		326.5	325.9	325.9	326.1
9		345.8	315.9	274.6	312.1
10		253.5	280.6	261.0	265.0
11		315.2	301.3	319.5	312.0
12		324.6	328.6	318.5	323.9
13		304.9	307.0	310.8	307.6
14		323.2	336.2	331.3	330.2
15		320.8	316.5	320.8	319.4
Grupo 3: Whiteness Hp Maxx 35% sin fotoactivación (Final)					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	200 (1.9613)	290.8	290.1	290.8	290.6
2		316.1	316.0	320.8	317.6
3		212.9	210.6	238.3	220.6
4		286.9	298.1	314.8	299.9
5		315.0	306.3	332.9	318.1
6		294.3	294.0	276.5	288.3
7		315.2	316.3	302.9	311.5
8		250.2	256.8	256.8	254.6
9		295.9	285.6	279.1	286.9
10		251.0	249.6	255.0	251.9
11		313.2	293.0	286.1	297.4
12		302.7	313.3	313.0	309.7
13		288.1	293.8	261.3	281.1
14		302.7	319.5	300.6	307.6
15		296.5	315.8	283.5	298.6



QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

Jr. Nepentás 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

+51 997 123 584 // 949 059 602




ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

www.ensayoshtl.pe



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página: 5 de 5

INFORME DE ENSAYO N°		IEO-075-2025	VERSION N° 01	Fecha de emisión:	01-06-2025
Grupo 4: Whiteness Hp Maxx 35% con fotoactivación (Inicial)					
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	200 (1.9613)	316.1	309.3	309.3	311.6
2		335.4	324.8	341.0	333.7
3		307.1	318.5	309.9	311.8
4		328.0	326.3	336.6	337.0
5		356.6	350.9	345.8	351.1
6		343.1	346.8	338.4	349.4
7		340.5	339.2	332.9	337.5
8		320.8	321.8	317.5	320.0
9		320.8	338.1	332.9	330.6
10		327.5	329.1	328.0	328.2
11		343.1	340.5	362.1	348.6
12		329.5	323.8	329.5	327.6
13		289.3	299.0	308.9	299.1
14		351.1	352.0	351.1	351.4
15		339.2	320.9	332.7	330.9
Grupo 4: Whiteness Hp Maxx 35% con fotoactivación (Final)					
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	200 (1.9613)	265.5	263.5	266.5	265.2
2		316.1	310.6	311.6	312.8
3		290.2	285.1	308.0	294.4
4		319.1	290.2	290.2	299.8
5		317.7	318.3	301.9	312.6
6		302.7	315.1	325.7	314.5
7		328.0	301.6	314.1	314.6
8		291.7	301.9	317.1	303.6
9		288.1	282.5	278.4	282.3
10		288.6	270.0	290.6	282.4
11		302.7	315.3	303.6	307.2
12		290.0	305.9	310.8	302.2
13		295.7	248.6	268.9	271.1
14		292.2	309.7	288.1	296.7
15		280.2	288.1	308.4	292.2
  ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN CIP: 193364 INGENIERO MECÁNICO Jefe de Laboratorio		 HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE			
El resultado es solo valido para las muestras proporcionadas por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe de ensayo.					
FOR DEL DOCUMENTO					

QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

Jr. Nepentax 364 Urb. San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

+51 997 123 584 // 949 059 602

ventas@ensayoshti.pe // ingenieria@ensayoshti.pe

www.ensayoshti.pe