INSTITUTO SUPERIOR

TECNOLÓGICO SAN ANTONIO

Escuela de Ciencias de la salud

Desarrollo de un manual sobre el proceso sostenible de gestión de desechos para yesos dentales en el laboratorio TESA de la ciudad de Quito en el año 2025.

Darwin Josué Vásconez Gavilánez

Aparatología Dental

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para la obtención del título de

Tecnólogo Superior en Aparatología dental.

Quito, 20 de mayo de 2025

INSTITUTO SUPERIOR

TECNOLÓGICO SAN ANTONIO

Escuela de Ciencias de la Salud

HOJA DE CALIFICACIÓN

DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

Título de trabajo de la materia final de carrera

Darwin Josue Vasconez Gavilanez

Miranda Valarezo José Luis

Tecnólogo Superior en Aparatología dental

Quito, 20 de mayo de 2025

DERECHO DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales del Instituto Superior Tecnológico San Antonio TESA, incluyendo la Política de propiedad Intelectual TESA, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a TESA para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Darwin Josue Vasconez Gavilanez

Código estudiante: 2118

Cédula de identidad: 1723707566

Lugar y fecha: Quito. Mayo, 2025

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, pese a estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en ttp://bit.ly/COPETheses.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Institute Superior Technologic San Antonio TESA institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around these publishing available on http://bit.ly/COPETheses.

DEDICATORIA

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia, cuyo amor incondicional, apoyo constante y palabras de aliento fueron la base que me sostuvo durante cada etapa de esta carrera. Gracias por creer en mí incluso en los momentos en que yo dudaba, por estar presentes en cada logro y también en cada tropiezo. Nada de esto habría sido posible sin ustedes.

También agradezco de corazón a todas las personas que me acompañaron en este camino: amistades, docentes, compañeros y mentores. Cada conversación, cada gesto de apoyo, cada enseñanza y cada momento compartido ha dejado una huella en mí y ha contribuido a que hoy pueda celebrar este logro.

Gracias por caminar a mi lado. Este logro también es suyo.

AGRADECIMIENTO

A mi madre, Damariz Gavilanez, por ser la raíz firme de mi vida, ejemplo de fortaleza silenciosa, amor sin medida y sabiduría que guía incluso en la oscuridad.

Recuerdo con especial ternura aquellas noches en que, tras jornadas largas, te acercabas en silencio a dejarme una taza caliente, como quien sin palabras sostiene el alma. En cada gesto tuyo aprendí el valor de la constancia.

A mi hermana, Isabel Escudero, mi compañera más joven, alegría fresca en medio de la rutina, que con tu risa sincera y preguntas curiosas me recordabas, sin saberlo, el porqué de mis esfuerzos. Aún guardo en la memoria aquellas tardes en que te sentabas a mi lado con tus cuadernos, imitando mi estudio, sin saber que me regalabas aliento.

A ambas, por ser hogar, impulso y abrigo, les ofrezco con inmenso amor y gratitud este trabajo, que también es fruto del cariño que me han dado.

RESUMEN

El siguiente proyecto tuvo como objetivo principal implementar una estrategia de reciclaje del yeso que se usa en prácticas clínicas y dentro los laboratorios dentales, con el fin de reducir el impacto ambiental y fomentar una cultura de reciclaje. Se evalúo la viabilidad de la reutilización del material reciclado en función a los entornos educativos y de laboratorio, manteniendo su funcionalidad. La metodología aplicada fue de tipo experimental y descriptiva. Se recolectó yeso usado, se clasificó y se sometió a procesos de trituración y reprocesamiento para evaluar su reutilización. Las pruebas se realizaron comparando la consistencia, el tiempo de fraguado y la resistencia del yeso reciclado. Los resultados mostraron que el yeso reciclado mantiene propiedades aceptables para usos secundarios como montaje en articuladores o antagonistas. Se logró reducir en más del 40% la cantidad de residuos generados, y los costos de material descendieron proporcionalmente. Se concluye que el reciclaje de yesos es técnica y sostenible, representando una alternativa efectiva para disminuir la generación de residuos en instituciones educativas o centros odontológicos, siempre que su uso se limite a aplicaciones no críticas como montaje en articuladores antagonistas o trabajos que no requieran un yeso con mucha resistencia. Además, el proyecto promueve la conciencia ecológica en la formación profesional.

Palabras clave: reciclaje, yeso, sostenibilidad, residuos, reutilización, medio ambiente.

ABSTRACT

The main objective of the following project was to implement a gypsum recycling strategy for the material used in clinical practices and dental laboratories, aiming to reduce environmental impact and promote a culture of recycling. The feasibility of reusing the recycled material was evaluated based on educational and laboratory settings while maintaining its functionality. The applied methodology was experimental and descriptive. Used gypsum was collected, classified, and subjected to crushing and reprocessing procedures to assess its reusability. Tests were conducted by comparing the consistency, setting time, and strength of the recycled gypsum. The results showed that the recycled gypsum retains acceptable properties for secondary uses such as mounting on articulators or for antagonists. The amount of waste generated was reduced by more than 40%, and material costs decreased proportionally. It is concluded that gypsum recycling is both technically feasible and sustainable, representing an effective alternative to reducing waste generation in educational institutions or dental centers, if its use is limited to non-critical applications such as antagonist articulator mounting or tasks that do not require high-strength gypsum. Additionally, the project promotes ecological awareness in professional training.

Keywords: recycling, gypsum, sustainability, waste, reuse, environment

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I 14

INTRODUCCIÓN 14

1.1 Planteamiento del problema 14

1.2 Justificación 16

1.3 Alcance 18

1.4 Objetivo General 18

1.4.1 Objetivos específicos 18

CAPÍTULO II 19

MARCO TEÓRICO 19

2.1 Introducción al yeso dental 19

2.1.1 Definición y características generales 19

2.1.2 Composición química y propiedades físicas 19

2.1.3 Usos y aplicaciones en odontología 20

2.1.4 Principales usos del yeso dental en odontología 21

2.2 Evolución y Contexto Histórico del Uso del Yeso en Odontología 22

2.2.1 Orígenes y primeros usos en la odontología 22

2.2.2 Avances tecnológicos del yeso dental. 22

2.2.3 Avances en la fabricación del yeso dental 23

2.2.4 Avances en manejo de yeso dental 23

2.2.5 Tendencias modernas en el uso del yeso 24

2.3 Impacto Ambiental del Desecho de Yeso Dental 25

2.3.1 Composición química y su interacción con el medio ambiente 25
2.3.2 Problemas ambientales derivados de la disposición inadecuada del yeso 26
2.3.3 Contaminación de agua y suelo 27
2.3.4 Generación de residuos en laboratorios dentales 27
2.4 Normativas y leyes aplicables 28
2.4.1 Leyes nacionales e internacionales sobre el manejo de residuos. 28
2.4.2 Normas de bioseguridad y protocolos de manejo 28
2.4.3 Responsabilidad legal y sanciones por incumplimiento 28
2.4.4 Métodos y Procesos Técnicos de Reciclaje del Yeso Dental 29
2.4.5 Métodos convencionales de eliminación 29
2.4.6 Técnicas de reciclaje aplicables en laboratorios dentales 29
2.4.7 Equipos y materiales necesarios para el reciclaje 31
2.4.8 Casos de éxito en la implementación de reciclaje de yeso dental 31
2.4.9 Beneficios y Limitaciones del Reciclaje del Yeso Dental 32
2.4.10 Beneficios ecológicos y sostenibilidad 32
2.4.11 Ventajas económicas para los laboratorios dentales 32
2.4.12 Consideraciones técnicas y limitaciones del reciclaje del yeso 32
2.4.13 Perspectivas futuras y nuevas tendencias en el reciclaje de yeso dental . 33
CAPITULO III 34
MARCO METODOLÓGICO 34
3.1 Tipo de Investigación 34
3.1.1 Según el propósito 34

3.1.2 Según la manipulación de las variables 34

3.1.3 Según el tiempo de desarrollo 35

3.2. Enfoque 35

3.3. Herramientas metodológicas 36

3.4. Técnicas 36

3.4.1. Revisión bibliográfica 36

3.5. Estudios Iniciales 38

3.5.1. Gráfico de variables 38

3.5.2. Matriz de operacionalización de Variables 39

3.5.3. Criterios de inclusión y exclusión 40

3.5.4. Muestreo no probabilístico por conveniencia y deliberado 40

3.5.5. Resultados encuesta inicial 41

3.6. Desarrollo de un manual sobre el proceso sostenible de gestión de desechos para yesos dentales en el laboratorio. 43

3.6.1. Introducción 43

3.6.2. Definición y características generales 43

3.6.3. Evolución e historia del yeso odontológico 45

3.6.4. Normativas y regulaciones en el manejo y reciclaje de los yesos dentales 49

3.6.5 Métodos y procesos técnicos del reciclaje del yeso dental 53

3.6.5. Equipos y materiales necesarios para el reciclaje 54

3.6.6. Diagrama de procesos 56

3.6.7. Técnicas de reciclaje aplicadas en el laboratorio 57

3.6.8. Reutilización del yeso reciclado en odontología 64

3.6.9. Beneficios y limitaciones del uso del yeso reciclado 66

3.6.10. Ventajas económicas para los laboratorios 67

3.6.11. Resultados y manejo del yeso reciclado 68

4.2. Análisis de resultados 72

4.2.1. Resultados encuesta de evaluación del manual 72

4.1.3. Matriz de comparación entre el método convencional de manejo de desechos frente al método de reciclajes 77

4.2. Interpretación de resultados y discusión de resultados 78

CONCLUSIONES 79

RECOMENDACIONES 80

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAs 81

TABLAS

Tabla 1. Desarrollo de la matriz de operacionalización de variables 39

Tabla 2. Desarrollo de la tabla de criterios de inclusión y exclusión 40

Tabla 3. Composición química del yeso 44

Tabla 4. Tabla comparativa de métodos de uso del yeso 53

Tabla 5. Tabla de minerales 58

Tabla 6. Métodos convencional y sostenible 67

Tabla 7. Método convencional y sostenible 67

Tabla 8. Matriz de comparación entre el método convencional de manejo de desechos frente al método de reciclajes 77

FIGURAS

Figura 1. Desarrollo del gráfico de variable 38

Figura 2. El yeso odontológico puede ser reciclado y reutilizado 41

Figura 3. Reducción de costos operativos 41

Figura 4. El reciclaje ayuda al medio ambiente 42

Figura 5. Beneficios del yeso reciclado 42

Figura 6. Vibrador de yeso 46

Figura 7. Mezcladora al vacío 46

Figura 8. Dosificador automático 47

Figura 9. Recortador de modelos 47

Figura 10. Escáner intraoral ..... **Error! Bookmark not defined.**

Figura 11. Impresora 3D ..... **Error! Bookmark not defined.**

Figura 12. Guantes de protección 50

Figura 13. Mascarilla N95 51

Figura 14. Gafas de protección 51

Figura 15. Bata de laboratorio 52

Figura 16. Equipo completo 52

Figura 17. Triturador de yeso 54

Figura 18. Horno de calcificación 54

Figura 19. Tamiz 55

Figura 20. Recipiente de recolección 55

Figura 21. Equipo de bioseguridad completo 56

Figura 22. Diagrama de flujo del reciclaje 57
Figura 23. Contenedores de color para laboratorio 58
Figura 24. Yeso antes y luego de limpiarlo 58
Figura 25. Triturador de yeso 61
Figura 26. Tamiz de yeso 61
Figura 27. Horno de secado 62
Figura 28. Polvo fino resultado del secado 62
Figura 29. Recipiente hermético 63
Figura 30. Etiquetado y fechado 63
Figura 31. Absorbentes de humedad 64
Figura 32. Antagonista con yeso reciclado 64
Figura 33. Modelo antagonista 68
Figura 34. Recipiente con yesos 69
Figura 35. Modelo creados con el yeso nuevo y reciclado 69
Figura 36. Modelo con falta de detalles 70
Figura 37. Modelo nuevo con detalles 70
Figura 38. Modelo sin detalles 71
Figura 39. Información del manual 72
Figura 40. Aplicación del manual 73
Figura 41. Impacto ambiental del yeso 74
Figura 42. Evaluación del contenido del manual 75

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La industria dental ha experimentado un aumento significativo en el uso de yesos para la creación de modelos dentales, como parte de tratamientos y diagnósticos. El yeso compuesto de (CaSo4) Sulfato de calcio, se utiliza para la elaboración de prótesis o modelos edéntulos o implantes todos para uso odontológicos debido a su fácil manejo y gran precisión para duplicar detalles de la boca de cada paciente. Dado su gran uso en esta rama genera montones de residuos al año solo en Ecuador y la falta de una gestión adecuada para estos materiales puede incurrir en un problema ambiental.

El reciclaje dentro del campo de la odontología debería desempeñar un papel fundamental, pero por falta de conocimiento y control de las autoridades estos han sido dejado a un lado. Los métodos tradicionales implican que los mismo sean eliminados de manera inadecuada, a menudo lo que implican el vertido de estos materiales en basureros comunes, por lo cual van a parar en vertederos de basura generando focos infección, lo que contribuye a la contaminación. El reciclaje, por otro lado, presenta una alternativa sostenible, para incentivar el uso de estos materiales, reduciendo la necesidad de materia prima y reduciendo la generación de residuos. Esto ayuda a cumplir con los objetivos de conservación ambiental, sino que también contribuye a la responsabilidad ética ambiental y social de los profesionales en odontología como los técnicos ya que usamos este material de manera diaria.

El problema que enfrenta la industria odontológica es la falta de un sistema estandarizado, especializado y sostenible para la correcta eliminación o reúso de desechos de yeso. En muchos laboratorios dentales, el yeso residual se desecha de forma no selectiva junto con otros residuos. Este mal manejo no solo genera un impacto ambiental negativo, sino que también representa una carga económica para los laboratorios, que deben pagar por la

eliminación de estos desechos sin recibir beneficios económicos derivados de su reciclaje. Además, la falta de capacitación y conciencia sobre la gestión de residuos entre los técnicos dentales agrava el problema (Duane, 2019).

La carencia de políticas claras sobre la gestión de desechos de yeso en muchos países significa que los laboratorios dentales no están obligados a seguir prácticas sostenibles. Esto no solo afecta al medio ambiente, sino que también genera un desperdicio significativo de un recurso que podría ser reutilizado o reciclado, contribuyendo a una mayor sostenibilidad dentro del sector dental. Esto nos marca una gran área de trabajo ya que se puede llenar el vacío con un proyecto sostenible para la resolver dicho problema, dentro de las instalaciones de TESA (Tecnológico san Antonio) en el periodo de uno a dos años.

El personal de laboratorio dental debe tener conocimiento sobre los componentes de todos los materiales usados en el laboratorio y como debe manipularse. Además de capacitar al personal encargado de la gestión y el manejo de los residuos o desechos peligrosos en sus instalaciones, con el fin de divulgar el riesgo que estos residuos representan para la salud y el ambiente, además, brindar el equipo para el manejo de estos y la protección personal necesaria para ello (Pineda, Callejas & Rivera, 2018).

A pesar de los diferentes avances de los materiales utilizados en el laboratorio dental, el yeso continúa siendo un elemento esencial en la realización de prótesis dentales, ya que la dureza y la resistencia lo convierten en un material insustituible en el campo del laboratorio dental ya que estos son parámetros críticos para trabajo de laboratorio. Los aumentos en la utilización de este material ponen de manifiesto la necesidad de reciclar el cual representan una posible solución no solo para evitar la contaminación sino el agotamiento de los recursos y la saturación del medio ambiente por tipo de desechos. Para el personal de laboratorio dental se hace necesario tener un conocimiento y prácticas adecuadas frente al modo correcto del uso del yeso, no solo para cumplir con unas necesidades propias de la profesión, ya que

este material es único e indispensable en su labor diaria, sino también el cuidado de quien lo utiliza y la preservación del medio ambiente. Por las razones expuestas esta investigación pretendió identificar los conocimientos y prácticas sobre el manejo del yeso en estudiantes de laboratorio de Prótesis dental de una institución de educación superior donde se dicta la Tecnología en Laboratorio de Prótesis Dental (Pineda, Callejas & Rivera, 2018).

El yeso utilizado para elaborar las impresiones de prótesis en los laboratorios de mecánica dental genera grandes cantidades de residuos con moldes usados una única vez, y luego son desechados y convertidos en residuos. El estudio fue realizado en la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, con el objetivo de determinar las técnicas adecuadas en la recuperación de yesos dentales, fomentando su reutilización, para obtener un modelo sostenible y disminuir la generación de residuos sólidos dentales (Rico, 2021)

En resumen, aunque existen iniciativas y datos que evidencian un aumento en el reciclaje de yeso, aún es necesario profundizar en la recolección de datos estadísticas globales que permitan ver con mayor precisión el impacto de estas prácticas en la reducción de residuos y la promoción de la sostenibilidad en la industria de la construcción

1.2 Justificación

Implementar un manual de gestión sostenible de todos los yesos en los laboratorios dentales ya que el mismo es crucial por varias razones. Como primer punto, pensando en el medio ambiente los residuos de yeso que se acumulan en los vertederos pueden tener efectos nocivos a largo plazo como ser foco de infecciones ya que los mismos pueden absorber líquidos contaminados. La gestión adecuada nos podría ayudar a que esto no se convierta en un problema.

Además, desde una perspectiva económica, un sistema sostenible de gestión de desechos puede generar ahorros a largo plazo para los laboratorios dentales. Al implementar

un proceso de reciclaje del yeso, los laboratorios pueden reducir sus costos de eliminación de residuos y reutilizar el material en nuevos procesos, lo que optimiza los recursos disponibles

Finalmente, la justificación técnica radica en la posibilidad de crear un sistema estandarizado que pueda ser implementado en cualquier laboratorio dental, independientemente de su tamaño. Esto podría ayudar al are agrícola para que tengan un abono para plantas.

Uno de los aspectos más destacados del yeso es su capacidad para ser reutilizado. Durante su producción, se genera un residuo conocido como granza, que hoy se reaprovecha al 100% en la fabricación de yeso calcinado. Este proceso no solo optimiza los recursos, sino que también minimiza los desechos.

Más del 90% del material removido durante su extracción es re depositado en la cava, respetando el sistema estratigráfico natural. Esto permite que el terreno recupere su aptitud para usos originales, como la siembra o la actividad pecuaria. Los impactos sobre la geomorfología, la flora y la fauna son leves, localizados, transitorios y recuperables, gracias a que se mitigan y corrigen de manera simultánea durante el proceso de explotación.

Además, el método de redistribución del suelo asegura que el terreno mantenga su conformación original, evitando desniveles topográficos y devolviendo al entorno su estado natural. (Blancas, 2024)

Implementar un proceso de gestión sostenible permitiría a los laboratorios dentales optimizar la disposición de los residuos de yeso producidos de forma diaria en su lugar de trabajo, fomentar prácticas responsables y alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente en lo que respecta a la gestión de residuos y la protección del medio ambiente

Adicionalmente, este proceso puede que nos ayude a reducir los desechos, sino que también puede generar el ahorro a largo plazo, ya que la reutilización y el reciclaje de estos

materiales simbolizan un menor costo de producción para otra área que lo necesite. Así, el desarrollo de estas estrategias está dirigida a promover una cultura de reciclaje y de reusar dentro de la profesión dental, sensibilizando a los técnicos, profesionales y estudiantes sobre la importancia de la gestión responsable de los desechos.

1.3 Alcance

El Proyecto será implementado inicialmente en un laboratorio dental de gran tamaño perteneciente a TESA. De ser viable, se complementa su aplicación en otros laboratorios, tanto dentro como fuera de la ciudad.

En primer lugar, se identificará etapas críticas en la gestión de residuos y se desarrollaran estrategias específicas para su gestión, con el objetivo de ofrecer una solución sostenible a largo plazo. Se evaluarán tanto el impacto ambiental como el económico de las soluciones propuestas y se procurara integrar prácticas en operaciones cotidianas del laboratorio. El manual resultante podrá ser aplicado en cualquier tipo de laboratorio independientemente de su ubicación, ya que esta no influirá en si implementación.

1.4 Objetivo General

Desarrollo de un manual sobre el proceso sostenible de gestión de desechos para yesos dentales en el laboratorio TESA de la ciudad de Quito en el año 2025.

1.4.1 Objetivos específicos

1 Identificar las fuentes de generación de desechos de yeso dentro de TESA o en los laboratorios dentales y su impacto ambiental a largo plazo.

2 Diseñar un manual sobre la gestión de los residuos de yeso basado en principios de sostenibilidad y economía.

3 Evaluar que el personal de los laboratorios sea consciente en la implementación de prácticas sostenibles para la gestión de residuos de yeso.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción al yeso dental

Para obtener buenos resultados, es fundamental conocer la proporción adecuada de agua y polvo, se debe tener en cuenta que cada marca maneja una cantidad específica y estos se pueden encontrar al reverso de sus empaques, ya que esto influye en el tiempo de fraguado, la resistencia y la precisión del modelo.

2.1.1 Definición y características generales

El yeso dental es un material clave en odontología y la aparatología dental, ya que se usa para articular y crear modelos dentales y duplicados en caso de ser necesarios para diferentes procedimientos clínicos y de laboratorio. Es un material fácil de manejar, económico y capaz de reproducir detalles con gran precisión, lo que lo hace fundamental en la práctica y en la vida profesional

2.1.2 Composición química y propiedades físicas

El material este compuesto del sulfato de calcio di hidratado ($CaSO_4$ $2H_2O$), que al someterse a altas temperaturas pierde agua y se convierte en sulfato de calcio hemi-hidratado ($CaSO_4$ $½H_2O$). Cuando se mezcla con agua durante la realización del trabajo se rehidrata y endurece, formando una estructura sólida para un excelente trabajo.

1. Para impresiones (tipo I). Es fabricado mediante el proceso de calcinación en seco. Se le agregó a este el almidón a fin de controlar su expansión y darle plasticidad a la mezcla, fue uno de los primeros materiales empleados como elemento de impresión de los dientes y de los tejidos blandos de la boca, conocido también como "yeso tipo beta" (Nelson, 2013)

2. Para modelos de laboratorio (tipo II). Obtenidos por calcinación en autoclave, consiguiéndose de esta forma partículas menos porosas y más regulares. Es el yeso más empleado para trabajos en laboratorio como ser: montaje de modelos en los articuladores, en Muflado de prótesis removibles parciales o totales y fabricación de modelos preliminares en prótesis totales (Nelson, 2013).
3. Para modelos de estudio (tipo III). Son elaborados por calcinación húmeda, tienen una densidad aparentemente alta y una mejora en la capacidad para ser comprimido. Es frecuentemente utilizado en ortodoncia, siendo también empleado para la elaboración de modelos de trabajo en prótesis removible y algunos procesos de laboratorio (Nelson, 2013).
4. Yeso piedra dental de alta resistencia (tipo IV). El que se consigue hirviendo el yeso en una solución salina como el cloruro de calcio a 30% o bien en autoclave con ayuda de una pequeña cantidad de succinato de sodio. Se utiliza este yeso en casos donde se requiere alta resistencia, gran dureza y baja expansión de fraguado y se les conoce como "yesos de trabajo", siendo utilizados en prótesis fija y para la fabricación de troqueles (Nelson, 2013).
5. Yeso piedra de alta resistencia y expansión (tipo V), su proceso de elaboración es similar al anterior con la diferencia de que es sometido a mayores temperaturas. Estos materiales tienen alta expansión de fraguado y se los utiliza para compensar la contracción de cristalización de las aleaciones de alto punto de fusión o de algún otro material que se contraiga (Nelson, 2013).

2.1.3 Usos y aplicaciones en odontología

El yeso dental es un material fundamental en odontología, ya que se utiliza en diversas áreas clínicas y de laboratorio para crear modelos de trabajo y estudio. Su facilidad

de manipulación, bajo costo y precisión en la reproducción de detalles lo hacen indispensable para la vida diaria del odontólogo y mecánico dental.

2.1.4 Principales usos del yeso dental en odontología

Modelos de estudio: Se usan para analizar la anatomía bucal del paciente, planificar tratamientos, protésicos y realización de prótesis dentales.

Modelos de trabajo: Son réplicas exactas de la boca del paciente que se emplean para fabricar prótesis dentales, coronas, puentes entre otros.

Vaciado de impresiones: Se vierte el yeso en las impresiones tomadas con materiales como alginato o siliconas para obtener modelos de la cavidad oral.

Troqueles dentales: Son modelos individuales obtenidos a partir de impresiones y se utilizan como base para la elaboración precisa de restauraciones dentales indirectas. Generalmente se elaboran con yesos de alta resistencia como los tipos IV y V debido a sus propiedades mecánicas y su baja expansión de fraguado lo que permite una reproducción exacta y milimétrica de los detalles, los mismo que son fundamentales para confección de coronas, puentes y otras estructuras protésicas.

Base para articuladores: Se emplean en la fijación de modelos dentales dentro de articuladores, que son instrumentos que reproducen de manera precisas los movimientos mandibulares del paciente. Esta fijación permite simular la oclusión y las relaciones maxilo mandibulares lo que resulta esencial para realizar ajustes previos y pruebas funcionales antes de la fabricación definitiva de la prótesis.

Encerado diagnóstico: Sirve como base para la planificación de tratamientos estéticos y protésicos, permitiendo visualizar y modificar estructuras antes de la intervención definitiva como carillas.

Prótesis removibles y ortodoncia: Se usa para la confección de modelos en tratamientos con prótesis parciales, totales y aparatos ortodónticos.

2.2 Evolución y Contexto Histórico del Uso del Yeso en Odontología

2.2.1 Orígenes y primeros usos en la odontología

El uso del yeso en odontología tiene sus raíces en la antigüedad, cuando las primeras civilizaciones comenzaron a desarrollar técnicas poco utilizado para la fabricación de prótesis y moldes dentales. Aunque no se empleaba de la misma forma que en la actualidad, existen registros de que materiales similares al yeso eran utilizados en prácticas médicas y odontológicas desde la época de los egipcios y romanos.

Un avance significativo en la historia de la odontología se produjo en el siglo XVIII cuando se comenzó a desarrollar técnicas rudimentarias para la reproducción de modelos bucales. En esta etapa temprana los primeros intentos de registrar la anatomía oral incluyeron el uso de materiales disponibles como la cera de abeja o yesos de baja calidad. Si bien estos recursos permitían obtener representaciones generales de la boca, su precisión era limitada y carecían de la definición necesaria para realizar diagnósticos confiables o a su vez para planificar tratamientos complejos. Estos modelos, aunque primitivos, sentaron bases para el perfeccionamiento posterior en la elaboración de réplicas dentales más precisas y detalladas

En el siglo XX, con la evolución en la rama de la odontología y la creación de nuevas tecnologías, el yeso dental fue adaptado al uso, fraguado y expansión dimensional. Actualmente, su aplicación es vital para la odontología y en laboratorios, y otras áreas de trabajo.

2.2.2 Avances tecnológicos del yeso dental.

Como mecánico dental, uno de los aspectos más relevantes en el trabajo con yeso es garantizar que los modelos sean precisos y duraderos. A lo largo de los años, hemos visto los diferentes tipos de avances tecnológicos que han mejorado tanto la fabricación como el manejo del yeso dental, lo que ha facilitado nuestra la labor y mejorado la calidad de los productos finales.

2.2.3 Avances en la fabricación del yeso dental

- **Fraguado Mejorado:**

Los procesos de fraguado del yeso han sido mejorados de manera considerable, lo que permitió obtener un trabajo mejor pulido. Esto se traduce en yesos más duraderos, mayor dureza y menor expansión del material, lo cual es primordial cuando se fabrican prótesis que deben adaptarse con precisión a las estructuras bucales.

- **Yesos de Alta Resistencia:**

Los avances en las fórmulas del yeso dental han permitido contar con los tipos de yeso que son más duraderos. Esto es necesario para trabajos de laboratorios o dentro del consultorio con troqueles y modelos, especialmente cuando se necesitan que los moldes sean fuertes para soportar los procesos de elaboración de prótesis., coronas y puentes sin perder precisión.

- **Yesos de Baja Expansión:**

El desarrollo material con mínima expansión al fraguar lo que ha permitido mejorar la exactitud con la que los modelos resultan, lo que es fundamental para la realización de trabajos. Estos avances aseguran que los modelos reproduzcan los detalles de la boca del paciente con la mayor precisión posible, lo que garantiza un ajuste perfecto de las restauraciones dentales.

2.2.4 Avances en manejo de yeso dental

- **Mezcla Automática:**

La introducción de sistemas automatizados para la mezcla de yeso ha sido un avance significativo dentro del laboratorio. Estos equipos permiten una mezcla más precisa y sin burbujas que pueden ser creadas por una mezcla lenta de agua y polvo, con esta maquinaria es más fácil de lograr una consistencia adecuada para obtener modelos con detalles. Esto

minimiza el riesgo de errores de mano factura humanos durante la manipulación que asegura que el yeso se mezcle de manera consistente.

- **Control del Tiempo de Fraguado:**

En un mundo lleno de tecnología, ahora se podrá manejar mejor los tiempos de fraguado, lo que dará tiempo de trabajo. Dependiendo de cada trabajo, se podrá elegir entre yesos de fraguado rápido o de mayor dureza, ayudando a disminuir el tiempo de trabajo en el laboratorio y asegurando resultados más precisos en adaptación.

- **Tecnologías Digitales en la Producción de Modelos:**

A pesar de que el yeso sigue siendo parte de la fabricación de modelos, las tecnologías digitales como los escáneres intraorales y las impresoras 3D están revolucionando la industria. Sin embargo, aún se utiliza el yeso para vaciar las impresiones digitales y crear modelos físicos detallados,

- **Impacto del trabajo de un Mecánico Dental**

Gracias a estos avances, la fabricación de modelos para la creación de prótesis y coronas ha mejorado notablemente a través de los tiempos. Además, la gran facilidad de manejo y los nuevos tipos de yeso han aumentado la eficiencia al momento de crear prótesis, reduciendo los tiempos de trabajo y mejorando la calidad del vaciado. Los avances tecnológicos en la producción y manipulación del yeso continúan permitiendo que los mecánicos dentales realicen trabajos más complejos y precisos con mayor facilidad.

2.2.5 Tendencias modernas en el uso del yeso

En la actualidad, a pesar del creciente uso de escáner oral en la odontología, el yeso sigue siendo un material fundamental en la fabricación de modelos de trabajo y diagnóstico.

Lo que permite obtener materiales con mayor resistencia, menor tiempo de fraguado y mejorando en gran medida los detalles. Los yesos tipo IV y V, que ofrecen alta dureza y baja

expansión, se han convertido en los más utilizados en la creación de modelos para prótesis fijas y removibles.

Asimismo, hay un gran énfasis en la optimización del proceso de manipulación del yeso, promoviendo protocolos más eficientes y reduciendo el desperdicio de material.

2.3 Impacto Ambiental del Desecho de Yeso Dental

Eutrofización: El exceso de sulfatos en el agua puede alterar los ecosistemas.

La eutrofización se refiere al aporte en exceso de nutrientes inorgánicos (procedentes de actividades humanas), principalmente Nitrógeno (N) y Fósforo (P), en un ecosistema acuático, produciendo una proliferación descontrolada de algas Fito planctónicas y provocando efectos adversos en las masas de agua afectadas (Zarza, 2024)

- **Contaminación de fuentes subterráneas**:

En zonas donde el agua potable proviene de acuíferos, la presencia de sulfatos puede hacer que el agua sea menos apta para el consumo humano.

Entre las principales causas de contaminación de las aguas subterráneas cabe mencionar las actividades humanas que se realizan en la superficie, como la eliminación de aguas residuales y el empleo excesivo de pesticidas y fertilizantes, incluidos los abonos animales. De hecho, averiguar el origen de los contaminantes es uno de los primeros pasos para resolver problemas de calidad del agua

Dureza del agua: El sulfato de calcio contribuye a la dureza del agua, lo que afecta su calidad y puede generar depósitos en tuberías y equipos industriales.

2.3.1 Composición química y su interacción con el medio ambiente

El yeso utilizado en laboratorios dentales está compuesto principalmente por sulfato de calcio di hidratado ($CaSO_4 \bullet 2H_2O$), un mineral utilizado en la odontología debido a su facilidad de manipulación y su estabilidad química. Durante su procesamiento, el yeso puede

transformarse en sulfato de calcio hemi-hidratado ($CaSO_4 \cdot ½H_2O$) a través de un proceso de calcinación controlada.

Al mezclarse nuevamente con agua, el material regresa a su estado di hidratado, lo que permite su endurecimiento y uso en la creación de modelos dentales.

Visto el tema desde un punto ambiental, el yeso es considerado un material químicamente inerte en su ambiente natural. Sin embargo, su interacción con el medio ambiente puede verse afectada por factores como la humedad, la acidez del suelo y la presencia de contaminantes, lo que podría modificar su solubilidad y provocar la liberación de iones de calcio y sulfato en el ecosistema. En entornos anaeróbicos, la descomposición del yeso en combinación con materia orgánica puede generar sulfuro de hidrógeno (H_2S), un gas tóxico con un característico olor a huevo podrido, que representa un riesgo ambiental y sanitario.

2.3.2 Problemas ambientales derivados de la disposición inadecuada del yeso

las actividades industriales liberan contaminantes a la atmósfera, el agua y el suelo. Los contaminantes gaseosos y los radionúclidos son liberados a la atmósfera y pueden ingresar al suelo directamente a través de la lluvia ácida o la deposición atmosférica; las antiguas áreas industriales pueden estar contaminadas por el almacenamiento incorrecto de químicos o la descarga directa de desechos al suelo; el agua y otros fluidos usados para enfriamiento en las plantas de energía térmica y muchos otros procesos industriales pueden ser descargados en ríos, lagos y océanos, ocasionando contaminación térmica y arrastrando metales pesados y cloruros que afectan a la vida acuática y a otros cuerpos de agua. Los metales pesados procedentes de actividades antropogénicas son también frecuentes en plantas industriales y pueden surgir de polvos y derrames de materias primas, desechos, productos finales, cenizas de carburantes e incendios (Rodriguez et al., 2019)

2.3.3 Contaminación de agua y suelo

La contaminación del suelo y agua es una de las preocupaciones ambientales asociadas a la falta de gestión y tratamiento. En suelos dedicados a la agricultura, el exceso de sulfatos puede alterar el pH del piso, reduciendo la medida de retención de agua y afectando en forma negativa la biodiversidad microbiana del entorno que nos rodea. Dentro del agua, la disolución del yeso puede provocar aumento de sulfatos, lo que puede afectar la calidad del agua. Algunos organismos, como peces, anfibios y vegetación, son especialmente sensibles a cambios mínimos de sales, lo que puede afectar la fauna y flora acuática.

Además, si los residuos contienen contaminantes adicionales por procesos, como restos de acrílicos, metales pesados etc. El impacto ambiental puede ser mayor, aumentando el riesgo de toxicidad expuesta.

2.3.4 Generación de residuos en laboratorios dentales

Los laboratorios dentales generan una cantidad significativa de restos de yeso debido a su uso en la fabricación de modelos de trabajo, moldes para prótesis dentales. Estos residuos suelen desecharse en grandes volúmenes, lo que representa un desafío en términos de gestión de residuos y sostenibilidad ambiental. Para minimizar su impacto ambiental, algunos laboratorios han implementado estrategias como:

- Reutilización parcial del yeso, incorporando fragmentos en nuevas mezclas cuando las propiedades del material lo permiten para modelos que no necesiten de alta precisión.
- Uso de tecnologías digitales como el escaneo intraoral y la impresión 3D, que reducen la dependencia del yeso físico en la fabricación de modelos dentales.
- Programas de gestión de residuos, promoviendo la recolección selectiva y el reciclaje del yeso para su uso en otros sectores industriales, como la construcción.

2.4 Normativas y leyes aplicables

2.4.1 Leyes nacionales e internacionales sobre el manejo de residuos.

Según la ley orgánica de salud ley 67 Capítulo VI otros establecimientos sujetos a control sanitario

Art. 177.- Es responsabilidad de la autoridad sanitaria nacional, expedir normas y controlar las condiciones higiénico-sanitarias de establecimientos de servicios de atención al público y otros sujetos a control sanitario, para el otorgamiento o renovación del permiso de funcionamiento (SALUD, 2017)

2.4.2 Normas de bioseguridad y protocolos de manejo

Bioseguridad: conjunto de medidas preventivas destinadas a mantener el control de factores de riesgos laborales procedentes de agentes biológicos, físicos o químicos logrando la prevención de impactos nocivos, asegurando que el desarrollo o producto final de dichos procedimientos no atenten contra la salud y seguridad de los trabajadores de la salud, pacientes, visitantes y el medio ambiente. Su utilidad congrega normas de comportamiento y manejo preventivo del personal de salud frente a microorganismos potencialmente patógenos.

Estos deberán incluir guantes, gafas y ropa adecuada como batas para ser desechadas de manera segura luego de ser usadas

2.4.3 Responsabilidad legal y sanciones por incumplimiento

En la actualidad, en todo el mundo hay diversas normativas ambientales que han comenzado a regular el manejo de los residuos en los laboratorios dentales, incluyendo el reciclaje de yesos. Estas leyes tienen la finalidad de minimizar el impacto ambiental de los materiales descartados, promoviendo la práctica sostenible en la gestión de desechos y fomentando el reaprovechamiento de recursos siempre que sea posible.

2.4.3.1 Ley 67 capitulo II

De los desechos comunes, infecciosos, especiales y de las radiaciones ionizantes y no ionizantes

Art. 97.- La autoridad sanitaria nacional dictará las normas para el manejo de todo tipo de desechos y residuos que afecten la salud humana; normas que serán de cumplimiento obligatorio para las personas naturales y jurídicas (SALUD, 2017, p 19).

De acuerdo con la ley artículo 30, se establece la sanción por el incumplimiento en el envío del informe, la misma que será una multa de tres a cinco salarios básicos unificados del trabajador en general (Oráculo, 2018).

2.4.4 Métodos y Procesos Técnicos de Reciclaje del Yeso Dental

El reciclaje del yeso dental es un tema de creciente interés en los laboratorios dentales debido al impacto ambiental asociado con su eliminación. Implementar técnicas de reciclaje permite reducir la cantidad de residuos generados y fomentar prácticas más sostenibles en la odontología.

2.4.5 Métodos convencionales de eliminación

- Tradicionalmente, los residuos de yeso dental son desechados junto con otros residuos sólidos en vertederos o rellenos sanitarios. Sin embargo, esta práctica presenta diversas desventajas:
- Desperdicio de material reutilizable, ya que el yeso puede ser reciclado y reincorporado en procesos productivos.

2.4.6 Técnicas de reciclaje aplicables en laboratorios dentales

Para minimizar el impacto ambiental del yeso dental, se han desarrollado diversas estrategias de reciclaje que permiten su reutilización en nuevos procesos.

2.4.6.1 *Recolección y clasificación del yeso usado*

- El primer paso en el proceso de reciclaje consiste en la recolección y separación de los residuos de yeso. Es fundamental diferenciar entre:
- Yeso limpio, que no ha estado en contacto con materiales contaminantes y puede ser procesado con mayor facilidad.
- Yeso contaminado, que ha sido mezclado con otros residuos dentales, como acrílicos o metales, lo que requiere tratamientos adicionales antes de su reutilización.
- Para optimizar este proceso, se recomienda el uso de contenedores diferenciados por color dentro del laboratorio dental, facilitando la segregación desde el principio.

2.4.6.2 *Procesos de tratamiento térmico y químico*

- El yeso reciclado puede ser reprocesado mediante métodos térmicos y químicos para restaurar sus propiedades.
- Tratamiento térmico (calcinación): Consiste en someter el yeso a temperaturas entre 120-180°C para eliminar el agua de cristalización, transformándolo nuevamente en sulfato de calcio hemi-hidratado, lo que permite su reutilización en la confección de modelos.
- Tratamiento químico: Se pueden emplear soluciones ácidas o alcalinas para eliminar impurezas y mejorar la calidad del yeso reciclado.

2.4.6.3 *Reutilización del yeso reciclado en odontología*

- Una vez tratado, el yeso reciclado puede utilizarse en diversas aplicaciones dentro del laboratorio dental, tales como.
- Modelos de trabajo y diagnóstico, especialmente en casos donde no se requiere una precisión extrema como antagonistas o montaje en articuladores.
- Modelos de enseñanza y capacitación, reduciendo la necesidad de comprar yeso nuevo para los estudiantes.

- Material de relleno en moldes o en la construcción de estructuras temporales dentro del laboratorio.

2.4.7 Equipos y materiales necesarios para el reciclaje

- Para la implementación del reciclaje del yeso en laboratorios dentales, es necesario contar con equipos y materiales específicos:
- Hornos de calcinación para el tratamiento térmico del yeso.
- Sistemas de separación y filtrado para la clasificación y envasado de material nuevo.
- Molienda y tamizado, para obtener partículas de yeso reciclado con el tamaño adecuado para su reutilización.
- Reactivos químicos para la eliminación de impurezas y mejora de propiedades físicas.
- Contenedores diferenciados por color para la recolección del yeso usado, evitando su mezcla.

2.4.8 Casos de éxito en la implementación de reciclaje de yeso dental

- Diversos laboratorios y universidades han implementado estrategias exitosas de reciclaje de yeso dental. Algunos ejemplos incluyen:
- Universidades y centros de formación odontológica han promovido el uso de yeso reciclado en modelos de enseñanza, cabe recalcar que en Ecuador no existe esta práctica para reducir el desperdicio de material.
- Laboratorios dentales en Europa y América Latina han desarrollado programas de recolección y procesamiento de residuos de yeso con ayuda del gobierno con la regulación de este, integrando hornos de calcinación para su reutilización.
- Empresas del sector dental han comenzado a explorar alianzas con industrias de construcción para reutilizar los residuos de yeso en la fabricación de materiales para la construcción.

2.4.9 Beneficios y Limitaciones del Reciclaje del Yeso Dental

El reciclaje del yeso dental es una práctica que ha ganado atención debido a sus potenciales ventajas en la economía y ambiental. Sin embargo, su implementación también presenta desafíos que deben ser considerados.

2.4.10 Beneficios ecológicos y sostenibilidad

El reciclaje del yeso dental ofrece beneficios ambientales, entre los que destacan:

- Reducción de residuos dentro y fuera del laboratorio: Al reciclar el yeso, se disminuye la cantidad de desechos que llegan a rellenos sanitarios, disminuyendo la contaminación ambiental (Palomino J, 2023)
- Conservación de recursos naturales: Reutilizar el yeso aporta a la conservación de los depósitos de sulfato de calcio, promoviendo una explotación más sostenible de los recursos.

2.4.11 Ventajas económicas para los laboratorios dentales

- Ahorro en costos de materiales: Al reutilizar el yeso reciclado en ciertos procedimientos, pueden reducir la compra de material nuevo lo cual genera un ahorro económico
- Reducción de gastos en gestión de residuos: Se disminuyen los costos asociados a su recolección y disposición final.
- Posibles ingresos adicionales: El yeso puede tener aplicaciones en otras industrias, como la construcción o la agricultura, ofreciendo oportunidades de ingresos de diferente destino para los laboratorios (Palomino J, 2023)

2.4.12 Consideraciones técnicas y limitaciones del reciclaje del yeso

- Pérdida de propiedades mecánicas: El yeso reciclado puede experimentar una disminución en su resistencia y durabilidad, lo que afectaría a modelos que requieran alta precisión (Palomino J, 2023)

- Contaminación cruzada: Es esencial garantizar que el yeso reciclado esté libre de impurezas y agentes que puedan afectar la calidad en su reutilización (Palomino J, 2023)
- Necesidad de equipos especializados: El proceso de reciclaje puede requerir inversión en maquinaria y formación del personal, lo que puede ser una barrera para algunos laboratorios.

2.4.13 Perspectivas futuras y nuevas tendencias en el reciclaje de yeso dental

Mejoras en los procesos de reciclaje:

Cada día salen nuevas técnicas avanzadas para recuperar y reutilizar el yeso sin comprometer sus propiedades físicas y mecánicas. Los estudios sugieren que el yeso reciclado puede ser utilizado como fertilizante en la agricultura,

- **Integración en la economía circular:**

El yeso reciclado es un gran aliado para la sostenibilidad, promoviendo la reducción, reutilización y reciclaje de materiales en la industria odontológica (Palomino J, 2023)

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación

3.1.1 Según el propósito

La investigación se enmarca en un enfoque investigativo aplicado ya que su objetivo es proponer una solución viable a una problemática ambiental específica como lo es el yeso dental. La actual acumulación de desecho comúnmente subestimado a la cantidad de daño que pueden ocasionar por su baja taza de reciclaje o biodegradación.

Además de identificar el verdadero alcance de la problemática, también se desarrollará un proceso para el reciclaje de yeso odontológico con el fin de minimizar la contaminación ambiental en Ecuador, de esta manera la investigación busca generar un conocimiento práctico que pueda ser usado en laboratorios dentales y dentro de consultorios odontológicos.

3.1.2 Según la manipulación de las variables

En el estudio se propone una investigación experimental, ya que el investigador mantiene un control total sobre las variables involucradas. Este tipo de investigación se realiza comúnmente en entornos controlados, como laboratorios un ejemplo representativo de este enfoque es el estudio de un virus y el desarrollo de su correspondiente vacuna, donde es fundamental controlar todas las condiciones para obtener resultados precisos y reproducibles (Hernández, et al., 2014)

Con este enfoque se evaluará la viabilidad del reciclaje del yeso odontológico, en la cual se empleará la obtención de información técnica y precisa sobre el proceso del reciclaje de yeso odontológico. Los resultados que se obtengan del proyecto permitirán la realización del manual el cual servirá de guía en los laboratorios dentales, el cual propondrá prácticas sostenibles y de un manejo eficiente de los materiales.

3.1.3 Según el tiempo de desarrollo

El siguiente proyecto se clasifica como una investigación transversal, ya que se trata de un tipo de estudio observacional que se lleva a cabo en un momento específico, con el propósito de analizar y describir las características, condiciones o relaciones presentes en una población o muestra determinada. En este enfoque de investigación, no se manipulan variables; en cambio, se recopilan datos simultáneamente para identificar patrones, prevalencias o asociaciones entre diferentes variables. Este método es ampliamente utilizado en estudios epidemiológicos, sociales y de salud, ya que permite obtener una "fotografía" de una situación en un momento determinado.

En este proyecto, el enfoque transversal se aplicará para recolectar y analizar información en un corto tiempo, lo cual es adecuado para obtener una visión actual del problema sin necesidad de conocer a fondo el tema.

3.2. Enfoque

El enfoque metodológico que orienta esta investigación es de carácter mixto, en función de la naturaleza del estudio, que puede clasificarse como cuantitativo, cualitativo o mixto. Este enfoque abarca el proceso investigativo en todas sus etapas, desde la definición del tema y la formulación del problema, hasta el desarrollo del marco teórico, la definición de la estrategia metodológica, y la recolección, análisis e interpretación de los datos (Mata, 2019).

En el presente proyecto, este enfoque permite la combinación de la recolección de datos cuantitativos, a través de encuestas dirigidas a estudiantes y técnicos dentales para identificar las prácticas actuales de manejo de desechos, con técnicas cualitativas, tales como entrevistas y observación directa, que ofrecen una comprensión más profunda sobre percepciones, dificultades y propuestas de mejora. Esta integración metodológica favorece un

diagnóstico integral y la creación de un manual sostenible, contextualizado y funcional, adaptado a las necesidades reales del entorno laboral.

3.3. Herramientas metodológicas

Las herramientas metodológicas usadas en el presente proyecto incluirán un análisis de contenido de las fuentes bibliográficas. Además, se registrarán los resultados obtenidos en cada prueba para compararlos y determinar la mejor metodología a incluir en el manual.

Por otra para las encuestas, permitirán conocer si el grupo objetivo considera importante la realización de un manual para el reciclaje de yesos dentales, dicho estudio busca recolectar datos específicos y sobre todo la concientización de prácticas sostenible entre estudiantes y profesionales. El yeso es un material utilizado en laboratorios dentales para la elaboración de modelos además los resultados obtenidos de las encuestas podrán servir como base para futuras intervenciones educativas o en normativas futuras.

3.4. Técnicas

A continuación, se mencionan las diferentes técnicas que se usaran dentro del proyecto, con el objetivo de evaluar lo realizado dentro del mismo.

3.4.1. Revisión bibliográfica

Para el desarrollo de la presente investigación, se llevará a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva orientada a recopilar y analizar información relevante sobre el reciclaje de yesos odontológicos. Esta revisión incluirá en la consulta de sitios web académicas especializadas, artículos científicos publicadas en revistas científicas, tesis, normativas técnicas y documentos relevantes que aborden tanto los aspectos teóricos como prácticos del tratamiento y reutilización de este material.

La revisión se centrará en los siguientes ejes temáticos:

- La revisión de la composición química y propiedades físicas del yeso odontológico, con el fin tratar de que el material reciclado se parezca al nuevo.

- Las técnicas actuales de reciclaje, incluyendo procesos térmicos y mecánicos que permiten la reutilización del yeso sin generar riesgos tanto de salud como de calidad de modelos.
- Aplicaciones del yeso reciclado, dentro del laboratorio dental (para modelos de estudio, prácticas educativas, montaje de modelos o antagonistas.)
- La información obtenida servirá como base teórica para sustentar la propuesta del proyecto de reciclaje de yesos.

3.4.2. Matriz de procesos

Se diseñará un proceso con el objetivo de identificar, ordenar y evaluar cada una de las etapas del reciclaje de yeso odontológico y del laboratorio como en actividades externas.

3.4.3. Cuestionario semiestructurado

Se aplicará un cuestionario a gran parte de técnicos dentro del laboratorio, docentes y estudiantes de TESA. Esto permitirá recolectar opiniones, percepciones y experiencias relacionadas con el uso del yeso reciclado, su viabilidad técnica, sus ventajas y limitaciones.

3.4.4. Focus Group

Se llevará a cabo un Focus Group conformado por profesionales dentro y fuera del instituto TESA. Este espacio permitirá detectar la percepción de calidad, la posibilidad de implementación a gran escala y las implicaciones éticas y ambientales del uso de materiales reciclados en contextos educativos y clínicos.

3.5. Estudios Iniciales

3.5.1. Gráfico de variables

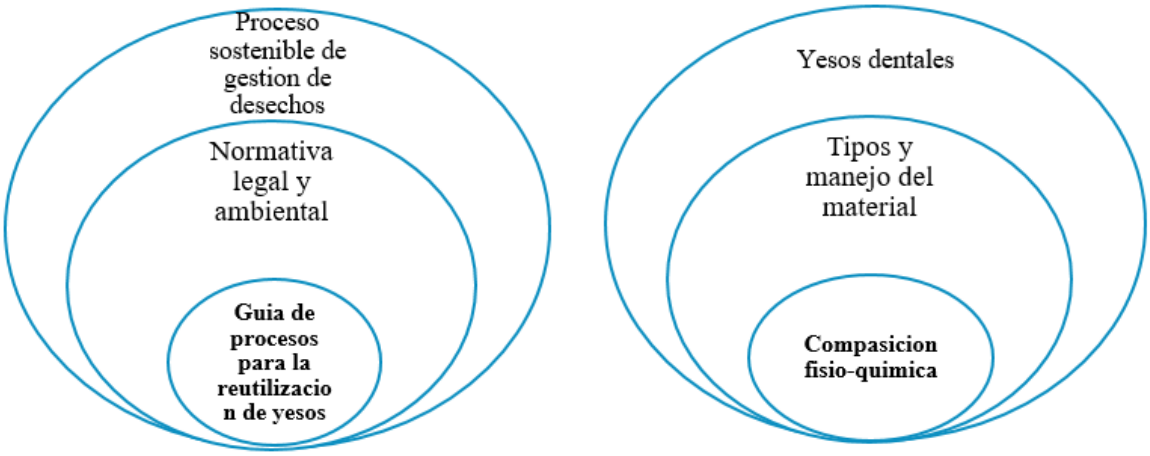


Figura 1. Desarrollo del gráfico de variable

3.5.2. Matriz de operacionalización de Variables

Tabla 1. Desarrollo de la matriz de operacionalización de variables

Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores/Preguntas	Instrumento
Variable independiente: Sostenibilidad en la gestión de desechos odontológico. La variable independiente en un estudio es el elemento que se considera como la causa potencial que afecta a otra variable (dependiente), permitiendo estudiar y entender cómo diferentes factores impactan en un resultado específico (Westreicher G. , 2024)	**¿Cómo se manifiesta el reciclaje dentro del ámbito económico del laboratorio?** Ambiental Económico	**Ambiental:** Disminución del consumo de yeso de un solo uso Proceso de reciclaje y reutilización del yeso.	**Ambiental:** Registro observacional Matriz de procesos
Variable dependiente: Yesos dentales, es un valor o resultado que queremos estudiar y entender cómo cambia en respuesta a otros factores. En un experimento o análisis, esta variable depende de otras llamadas variables independientes, que son las que nosotros manipulamos u observamos para ver cómo afectan a la variable dependiente. (Westreicher G. , 2024)	El mismo se manifiesta de manera ecológica ya que sacando estos residuos del ambiente. Ayudamos a combatir la contaminación ambiental	**Económico:** Diminución en la compra de yeso nuevo	Registro observacional

3.5.3. Criterios de inclusión y exclusión

Tabla 2. Desarrollo de la tabla de criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Técnicos de laboratorio con más de 5 año de experiencia	Técnicos de laboratorio con menos de 5 año de experiencia
Docentes de TESA	Docentes que no sean de TESA
Estudiantes de TESA de 2do año	Estudiantes menores a 2do año

3.5.4. Muestreo no probabilístico por conveniencia y deliberado

La muestra utilizada corresponde a un muestreo no probabilístico específicamente de tipo intencional o deliberado combinado al muestreo por convivencia, esto fue elegido debido a la naturaleza aplicada y la necesidad de contar con participantes que posean conocimiento y experiencia directa en el manejo de yesos. Se tomaron en cuenta a sujetos que trabajen activamente con este material dentro de laboratorios y consultorios dentales.

Según Hernandez, 2014 en el muestreo por convivencia los participantes son seleccionados por contar con características específicas o por estar disponibles en el momento de la investigación siendo útil en estudios exploratorios.

3.5.5. Resultados encuesta inicial

Se aplicó una encuesta inicial a un grupo de 9 participantes, incluyendo, estudiantes y técnicos de laboratorio. Para lo cual, del total de encuestados se obtuvo un 88.9% manifestó desconocer que el yeso odontológico puede ser reciclado. A continuación, se detallan cada una de las preguntas con sus respectivos resultados.

¿Está al tanto de que el yeso odontológico puede ser reciclado y reutilizado en el laboratorio dental?

Respuesta al reciclaje de yesoso donde el 88.9 % considera que reducir residuos clínicos debería ser una prioridad en el ámbito odontológico, y medio ambiente reduciendo el impacto que estos tienen al ser desechados como basura común.

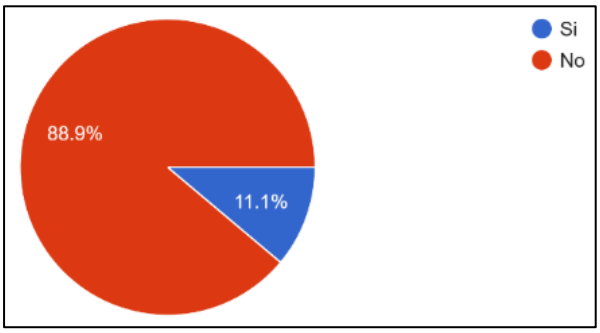


Figura 2. El yeso odontológico puede ser reciclado y reutilizado

¿Cree que el reciclar yeso odontológico podría reducir costos operativos?,

Respuesta al reciclaje de los yesos dentales en la que el 100% de los encuestados cree que reciclaje ayudaría a reducir costos dentro del laboratorio ya que se eliminaría la necesidad de comprar yeso nuevo cada vez

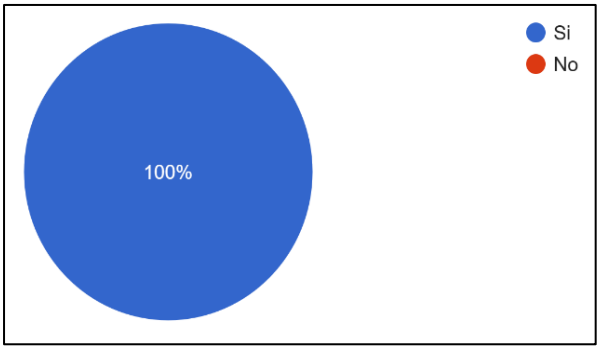


Figura 3. Reducción de costos operativos

¿Considera que el reciclaje de yeso odontológico podría ser beneficioso para el medio ambiente?

Respuesta al reciclaje de los yesos dentales en la que el 88.9 % expresó que el yeso al ser reciclado podría ayudar a disminuir la huella ambiental que dejar

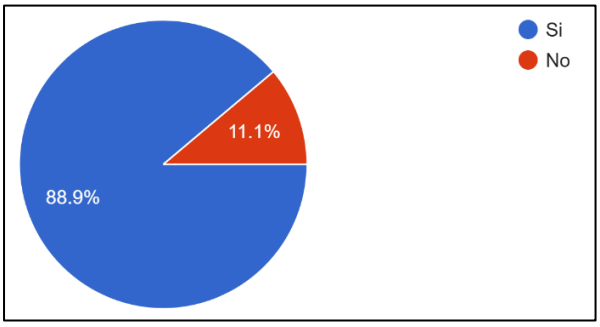


Figura **4.** El reciclaje ayuda al medio ambiente

¿Considera que los beneficios del reciclaje de yeso odontológico son superiores a los posibles inconvenientes (como la calidad del material reutilizado)?

Respuesta al reciclaje de los yesos dentales en la que el 89.9 piensa que los benéficos al reciclar.

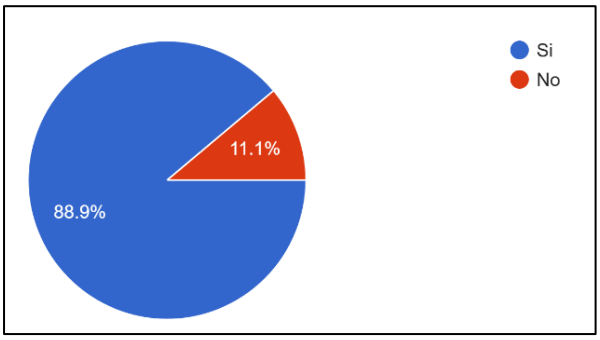


Figura 5. Beneficios del yeso reciclado

Estos resultados preliminares muestran un alto grado de interés sobre el desarrollo del manual ya que muestra que la mayoría no conoce los métodos para el reciclaje de yeso.

3.6. Desarrollo de un manual sobre el proceso sostenible de gestión de desechos para yesos dentales en el laboratorio.

3.6.1. Introducción

El reciclaje de yeso en laboratorios odontológicos es una práctica sustentable que permite reducir costos económicos y minimizar el impacto ambiental. Este manual detalla los pasos necesarios para la implementación, los materiales requeridos y las soluciones a posibles deficiencias en el proceso, mediante la implementación del reciclaje, el procesamiento paso a paso para la transformación del yeso usado en yeso reciclado, los registros y controles con el objetivo de generar buenas prácticas ambientales en los laboratorios.

3.6.2. Definición y características generales

En el ámbito de la odontología, los yesos constituyen un material fundamental en diversas fases del tratamiento, estos materiales pertenecen a la familia de productos derivados del sulfato de calcio que al mezclarse con agua se transforma en una masa plástica que al fraguar adquiere una consistencia sólida y resistente.

Los yesos dentales se emplean principalmente para elaborar modelos, troqueles, moldes y otras estructuras que reproducen con precisión de la anatomía bucal de cada paciente, esta lealtad a los detalles es fundamental para la fabricación de prótesis, según lo antes mencionado los yesos se clasifican en:

Yeso tipo I: (Yeso blanco o parís) Se utiliza principalmente para trabajos de montaje en articuladores, ya que su resistencia y dureza son limitados, pero su bajo costo lo hace idean para estas tareas

Yeso tipo III: (Yeso piedra) Se utiliza en la confección de modelos de estudio, antagonistas y de algunos modelos para trabajo dependiendo del nivel de detalle requerido.

Yeso IV: Yeso: (Extraduro) diseñado para compensar la contracción de ciertos materiales, especialmente en prótesis metálicas, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de alta exigencia dimensional.

Cada tipo de yesos cumple una función específica dentro de la práctica odontológica y su correcta selección depende del procedimiento a realizar.

Tabla 3. Composición química del yeso

Componente	Porcentaje aproximado	Función
Sulfato de calcio Hemi-hidratado ($CaSO_4$ ½H_2O)	85-98%	Reacciona con el agua para formar yeso solido
Óxidos metálicos (Fe_2O_3, Al_2O_3, etc.)	<1 %	Pigmentos o impurezas naturales
Carbonato de calcio	1-3%	Aumenta la blancura o modifica el tiempo de fraguado
Modificadores orgánicos (resinas, surfactantes, etc.)	<1 %	Mejoran el trabajo y reducen la expansión
Agua de cristalización (posterior al fraguado)	Variable	Se libera al mezclar con agua, formando el yeso fraguado ($CaSO_4$ 2H_2O)

Usos del yeso odontológico:

Es un material indispensable en la práctica clínica y de laboratorio dental debido a su fácil manejo, bajo costo y capacidad para reproducir estructuras anatómicas.

- La elaboración de modelos exactas de las arcadas dentarias de un paciente se utiliza para observar la oclusión, diagnosticar mal oclusiones y planificar tratamientos, protésicos o quirúrgicos.
- Confección de modelos de trabajo para prótesis fija, removible, ortodoncia y odontológica, los modelos son la base para fabricar las estructuras definitivas.
- Fabricación de troqueles que reproducen un diente preparado para recibir una corona que requiere gran dureza y estabilidad para recibir un tallado.

- Para montaje en los articuladores, y así reproducir movimientos mandibulares. Para esto se utiliza material que fragüe rápidamente.
- Para duplicar modelos para ciertos trabajos que se emplea buena fluidez sin comprometer al modelo original.
- Para prótesis removibles como base, y pruebas de montaje, encerados de diagnóstico y otras estructuras removibles.

3.6.3. Evolución e historia del yeso odontológico

Origen del yeso odontológico

La aplicación del yeso para la toma de impresiones y el desarrollo y uso de los compuestos dentales de modelamiento para el mismo objeto comienza en la mitad del siglo XIX. Este producto ocupó un lugar importante entre los materiales de impresión y no tuvo rival hasta la aparición de productos de hidrocoloide alrededor de 1920. El yeso dental es un material que está en el mercado hace muchos años pero que no se inició originalmente en el área odontológica, se lo empleó basándose en las características esenciales de manipulación. Es en este campo donde se fue mejorando sus propiedades, de este modo es que mediante deshidratación y añadiendo en fábricas determinadas adiciones y otras sustancias químicas fue que se obtuvieron yesos con condiciones especiales para cada uso, ya sea este en consultorio y o laboratorio dental (Arias, 2013)

Avances tecnológicos y equipos usados en la manipulación del yeso

- **Vibradores de yeso**

Los vibradores eléctricos permiten la eliminación de burbujas de aire durante el vaciado del yeso, lo que mejora la reproducción de detalles y reduce los defectos superficiales del modelo evitando que estos tengan fallas que perjudiquen el trabajo a realizar. (Phillips, 2010).



Figura 6. Vibrador de yeso

Nota: Quality, sf .(2025). Catálogo de productos web Vibrador de yeso eléctrico para laboratorio. https://qualitydental.com.ec/producto/vibrador-jintai/

- **Mezcladoras al vacío**

Las mezcladoras al vacío, o vacuum mixers, mejoran la homogeneidad de la mezcla al eliminar el aire incorporado, lo cual incrementa la resistencia y reduce la porosidad del yeso (Hatrick et al., 2014).



Figura 7. Mezcladora al vacío

Nota: Krobalto. (2025). Catálogo de productos, Mezcladora al vacío automática para laboratorio https://www.medicalexpo.es/prod/renfert/product-73824-517328.html

- **Dosificadores automáticos de agua y polvo**

Estos equipos permiten una dosificación exacta de los componentes, garantizado una proporción constante que mejora la calidad y reproducibilidad de la mezcla (Eakle et al., 2024)



Figura 8. Dosificador automático

Nota: Biodentales. (2025). Catalogó de productos web, dosificadore automático

https://biodentales.com/producto/dosificadora-automatica-de-agua-y-yeso-boomerang/

- **Recortadoras de modelos**

Estos son equipados con discos abrasivos, permiten dar forma a la base del modelo para facilitar su montaje y manejo, además, contribuyen a la estética y orden en el laboratorio (Phillips, 2010).



Figura 9. Recortador de modelos

Nota: Medical. (2025). Catalogó de productos web, recortador de modelos Impacto ambiental del yeso dental

Aunque el yeso dental es un material ampliamente utilizado por su bajo costo, disponibilidad y facilidad de uso, su impacto ambiental no debe ser subestimado, como ocurre con muchos materiales empleados en el ámbito clínico y de laboratorio

Está compuesto principalmente por sulfato de calcio hemi-hidratado, que no es biodegradable y no puede ser reciclado fácilmente una vez haya fraguado, estos al desecharse pueden generar acumulaciones que ocupan espacio considerable en rellenos sanitarios aumentando la carga de residuos sólidos no reutilizables, por otro lado, durante el proceso de producción del yeso dental especialmente en la calcinación de yeso natural se libera dióxido de carbono contribuyendo a la huella de carbono.

Desde este punto se recomienda desechar el yeso dental ya fraguado en los residuos sólidos comunes, pero nunca verte el líquido o en polvo directamente en los desagües ya que al endurecerse puede causar daños estructurales, además algunos laboratorios han optado por reutilizar modelos para prácticas o modelos digitales.

El avance de la odontología digital también está teniendo un impacto positivo en este sentido, al reducir la necesidad de modelos de yeso físico gracias a los escaneos 3D y la impresión digital lo que contribuir a una práctica más sostenible (León et al., 2019)

- **Interacción del yeso en el medio ambiente**

En condiciones naturales el yeso no reacciona con otros compuestos del suelo o agua, por los que su impacto es mínimo, sin embargo, el principal problema ambiental radica en su presencia física una vez haya fraguado se convierte en un material solido de difícil degradación sin valor nutritivo ni funcional para el ecosistema. (Kenneth et al., 2012)

- **Problemas ambientales por el mal manejo del yeso usado**

Este implica la calcinación de yeso natural lo que libera cantidades de dióxido de carbono contribuyendo marginalmente al cambio climático además la minería del yeso para uso dental puede tener efectos adversos al suelo y paisaje locales si no se lleva a cabo de forma sostenible

- **Generación de residuos en el laboratorio**

Por otro lado, los materiales de impresión como alginato etc. Aunque son usados en menor cantidad, también generan residuos que pueden clasificarse como residuos especiales no peligrosos, en contexto la gestión adecuada de residuos no solo son una obligación ética y ambiental sino también una necesidad legal y sanitaria, la implementación de separación de residuo, capacitación de personal y tecnologías digitales pueden contribuir significativamente la reducción del impacto ambiental (EPA, 2016)

3.6.4. Normativas y regulaciones en el manejo y reciclaje de los yesos dentales

Este código establece el marco legal para la gestión ambiental en Ecuador. En sus artículos 228 y 235, se asigna al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica la responsabilidad de dictar políticas y normas para la gestión integral de residuos y desechos, incluyendo aquellos generados en establecimientos de salud (Ecuador, 2014).

3.6.4.1. *Acuerdo Ministerial No. 0323-2019*

Este reglamento regula la gestión integral de los residuos y desechos generados por los establecimientos de salud, incluyendo clínicas odontológicas. Establece procedimientos para la segregación, almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos, promoviendo prácticas que minimicen el impacto ambiental (0323-2019, 2019)

3.6.4.2. Normas de bioseguridad para el manejo de yeso dental

En el contexto del desarrollo de un proceso sostenible para la gestión de desechos de yesos dentales en el laboratorio, resulta fundamental garantizar el estricto cumplimiento de las normas de bioseguridad que salvaguarden la salud del personal y del entorno. Dado que el yeso dental proviene de modelos utilizados en prácticas clínicas, puede estar expuesto a contaminantes biológicos que representan un riesgo si no se manejan adecuadamente. Por esta razón, este manual incluye directrices de bioseguridad que deben aplicarse en todas las

etapas del manejo del yeso, desde su recolección y almacenamiento, hasta su procesamiento y disposición final o reciclaje. Esto asegura condiciones higiénicas, el uso correcto de equipos de protección personal (EPP) y el cumplimiento de los protocolos establecidos. La implementación de estas normas no solo protege a los trabajadores, sino que también es esencial para una gestión ambientalmente responsable en el laboratorio dental.

- **Uso de guantes**

Los guantes contribuyen una barrera fundamental entre las manos del profesional y los materiales contaminantes, además el uso de este permite evitar la trasferencia de microrganismos desde las manos a la superficie de los materiales o viceversa manteniendo un ambiente de trabajo más seguro.



Figura 10. Guantes de protección

Nota: Ludepa, (2025). Catálogo de productos web, guantes de protección de látex https://www.ludepa.ec/productos/seguridad-industrial/guantes/caja-guante-quirurgico-azul-g-10-kimberly/

- **Uso de Mascarilla**

Protege al profesional de la inhalación de partículas, aerosoles o polvo generados por el yeso y a la vez evita la emisión de goticulas respiratorias que podrían contaminar los materiales o superficies de trabajo, para ello se recomienda la mascarilla N95 o FFP2 ya que estos evitan la aspiración de sulfato de calcio



Figura 11. Mascarilla N95

Nota: 3M, (2025). Catálogo de productos web, Mascarilla N95 con filtro

https://www.3m.com.ec/3M/es_EC/p/d/v000057815/

- **Gafas de protección**

Son indispensables para evitar el contacto accidental de las partículas sólidas o líquidos irritantes a los ojos durante la manipulación del yeso este equipo deberá ser ajustado correctamente al rostro y cubrir completamente los ojos sin dejar espacios que permitan ingreso de contaminante.



Figura 12. Gafas de protección

Nota: Heiting, (2025). Catálogo de productos web. Gafas de protección trasparentes

https://www.allaboutvision.com/es/seguridad-ocular/gafas-de-proteccion/

- **Bata desechable**

Es una barrera que protege la ropa del profesional de salpicaduras, polvo, agentes biológicas y químicas, están son hechas de materiales sintéticos para procedimientos de alto riesgo biológico.



Figura 13. Bata de laboratorio

Nota: Geraldine, (2020). Catálogo de productos web. Bata de laboratorio desechables https://instrumentalia.com.co/Instrumentalia-Informa/Enviar/bata-desechable-con-puno-resortado.html

En la recolección del yeso usado es importante el uso de guantes, mascarilla, gafas de protección y bata desechable o lavable, solo así podrán recoger los residuos de yeso solo si encuentran secos y no mezclados con fluidos orgánicos (saliva, sangre), caso contrario se deberá realizar la desinfección de los yesos usados.



Figura 14. Equipo completo

Nota: Cancerología, (2021). Video de colocación de equipo de bioseguridad. Persona con equipamiento completo https://www.youtube.com/watch?v=_gbPvR9S7E4

3.6.5 Métodos y procesos técnicos del reciclaje del yeso dental

- **Comparación entre métodos convencionales y sostenibles**

Los métodos convencionales de manejo como desecho directo de yeso dental en rellenos sanitarios son prácticos, pero poco sostenibles, aunque la implementación de métodos sostenibles puede requerir mayor inversión inicial y capacitación ofrecen beneficios a largo plazo al disminuir el impacto ambiental.

Tabla 4. Tabla comparativa de métodos de uso del yeso

	Métodos convencionales	**Métodos sostenibles**
Material aplicado	Se usa yeso nuevo en cada caso	Se optimiza el uso del material mediante su utilización precisa
Residuos	Desechos generados van a la basura común	Recolección y tratamiento del yeso
Precisión	Riesgo de distorsión y burbujas	Mantiene alta calidad y precisión en cada modelo
Impacto ambiental	Extraer la materia prima produce contaminación y acumulación de desechos	Reducción de la huella ecológica
Costo	Gasto en la adquisición de yeso nuevo	Reducción de costos por uso de yeso reciclado en algunos puntos
Tecnología	Uso de modelos físicos	Uso de escáner oral o diseño digital
Alternativas	El yeso como material base	Uso de resinas y yeso reciclado
Capacitación del personal	Producen desperdicio al capacitar	Se puede realizar la capacitación en una sola sesión

3.6.5. Equipos y materiales necesarios para el reciclaje

- **Triturador o molino de yeso**

Este equipo permite fragmentar los modelos de yeso fraguado en partículas pequeñas esto es esencial para facilitar el tratamiento térmico posterior a su uso.

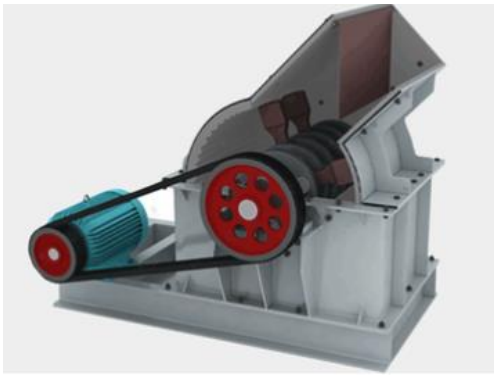


Figura 15. Triturador de yeso

Nota: Foruimining, (2025). Catálogo de producto web. Trituradora de yeso

https://www.foruimining.com/es/PRODUCTO/Molino-de-martillos-Trituradora-de-mineral-Trituradora-de-piedra/

- **Horno de calcinación**

La re-calcinación del yeso triturado a temperaturas aproximada de 900 grados centígrados el cual permite eliminar el agua cristalina y convertir el yeso endurecido nuevamente en un material similar al yeso alfa o beta.



Figura 16. Horno de calcificación

Nota: Emisión, (2025). Documento pdf web. Horno de calcificación o secado de yeso

https://www.emison.com/horno%20rotativo%20para%20yeso.htm

- **Tamices o cribas**

Después de la trituración el yeso debe ser tamizado según su tamaño y así retener restos de yeso grandes que no se hayan triturado, partículas o desechos que puedan afectar el resultado del yeso reciclado.



Figura 17. Tamiz

Nota: Grupocomsurlab, (2025). Catálogo de página web. Tamiz metálico

https://www.grupocomsurlab.com/tamiz-acero-inoxidable-de-3-malla-100/

- **Sistemas de recolección**

Se necesitan recipientes o contenedores resistentes etiquetados para residuos de yeso que permitan su recolección, estos deben ser plástico transparente, y resistente.



Figura 18. Recipiente de recolección

Nota: Simaro, (2025). Catálogo de producto web. Recipiente de recolección hermético

https://simaro.co/recipiente-de-plastico-hermetico-para-alimentos-29-copa-snapware-con-manija-grande-paquete-de-4-3902

- **Equipo de protección**

El personal que se encuentre en el procesamiento para el yeso reciclado deberá usar equipo especializado de protección, para evitar la inhalación de polvo y gases generado en las etapas de trituración y calcinación.



Figura 19. Equipo de bioseguridad completo

Nota: Hospital, (2023). Documento web. Equipo de bioseguridad completo https://www.elhospital.com/es/noticias/equipos-de-proteccion-para-trabajadores-y-profesionales-de-la-salud

3.6.6. Diagrama de procesos

Mediante el diagrama de procesos de forma gráfica se muestra al personal la secuencia para el manejo de los yesos usados que serán posteriormente procesados. Esto permite realizas un proceso ordenado y fácil de entender.

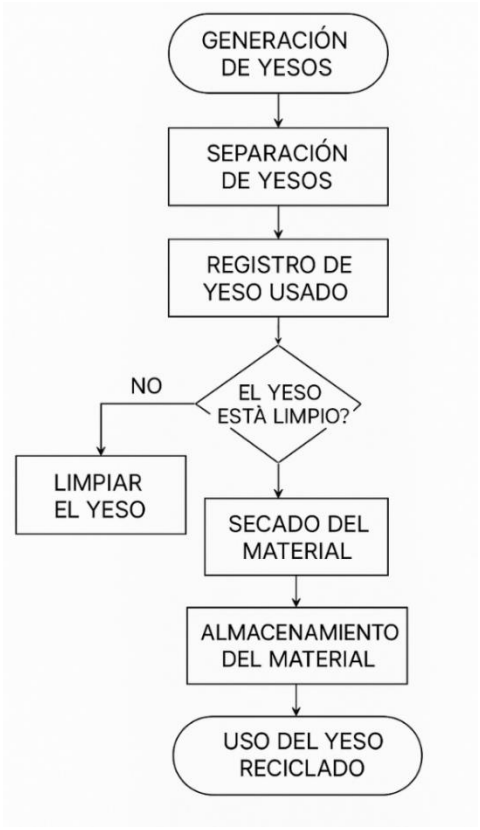


Figura 20. Diagrama de flujo del reciclaje

3.6.7. Técnicas de reciclaje aplicadas en el laboratorio

La separación de los yesos se lo debe realizar de forma manual, estos deben almacenarse en tachos o contenedores específicos los mismo que pueden ser de todo como, pero como recomendación se deben los tachos de color plomo para yeso tipo 1 el verde para el tipo 2 el amarillo para el 3 y un tacho rojo para el yeso sin limpiar

Yeso limpio: Proviene de moldes descartados ya limpiados por el personal ya que el mismo deberá pasará por un proceso de secado por al menos 24 horas para asegurar que el mismo al momento de la trituración no se vuelva una pasta que dificulte su tratamiento.

Yeso contaminado: Contiene restos de otros materiales, requiere limpieza adicional, los mismos que pueden tener materiales como alginato, restos metálicos u otras materias usadas durante la fabricación de la prótesis.

- **Etiqueta los contenedores para evitar mezclas no deseadas**



Figura 21. Contenedores de color para laboratorio

Separar los restos de yeso que pueden ser reciclados (libres de contaminantes visibles o restos orgánicos), eliminar aquellos que presenten contaminación biológica evidente o estén adheridos a materiales que no pueden desinfectarse.



Figura 22. Yeso antes y luego de limpiarlo

- Sumergir los fragmentos en una solución desinfectante (p. ej. glutaraldehído al 2%, hipoclorito de sodio al 1% o solución enzimática) durante 10 a 15 minutos y para finalizar enjuagar con agua corriente para eliminar residuos del desinfectante.
- Dejar secar completamente en una bandeja limpia.

- **Proceso de tratamiento del yeso reciclado**

Reformulación del Yeso Reciclado: Una vez que el yeso ha sido procesado, se mezcla con agua y otros aditivos (como sulfato de calcio) para asegurarse de que cumpla con las especificaciones requeridas para nuevos modelos.

Tabla 5. Tabla de minerales

Minerales que se pierden	**Efecto de la perdida**	**Componentes para añadir**	**Función recuperada**
Sulfato de calcio ($CaSO_4 \cdot ½H_2O$)	Pierde su forma inicial (polvo)	Sulfato de calcio $CaSO_4 \cdot ½H_2O$)	Para un mejor fraguado
Iones de calcio	Pueden disolverse parcialmente	Cloruro de calcio	Acelera el fraguado
Cristales de sulfato de hidratado ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	El tiempo de trabajo cambia	Sulfato de sodio o potasio (Na_2SO_4 / K_2SO_4)	Mejora la cristalización y estructura
Fosfatos solubles	Pueden degradarse	Fosfato de amonio o sales fosfóricas estabilizadas	Mejora adhesión y resistencia

Paso 1: Parámetros de funcionamiento

- Tamaño de yeso: por seguridad los trozos de yeso deberán ser 10cm aprox. Para evitar que la maquina se detenga de manera inesperada
- Tamaño de salida: 2-10mm dependiendo del tamiz
- Velocidad de trabajo: 1000-3000 rpm según el modelo
- Capacidad: 5 a 20 kg en modelos de laboratorio.
- Potencia deberá ser configurado entre 0.5 y 2HP dependiendo del tamaño del equipo

Paso 2: mantenimiento y limpieza

- Limpieza después de cada uso de tolva y cuchillas para evitar acumulación de polvo
- Revisión trimestral o semanal dependiendo el uso de cuchillas y motor
- Lubricación de piezas móviles con los materiales que recomienda el fabricante

Paso 3: Trituración del Yeso

- Usar siempre guantes, gafas, mascarilla y bata desechable para que la salud del operador no se vea comprometida
- No introducir el yeso húmedo o con presencia de metales u otros materiales
- No manipular la maquinaria mientras esté funcionando
- Introducir el yeso seco en la trituradora para obtener un polvo homogéneo.
- Triturar cada yeso por separado para que no se mezcle y tener un resultado mejor

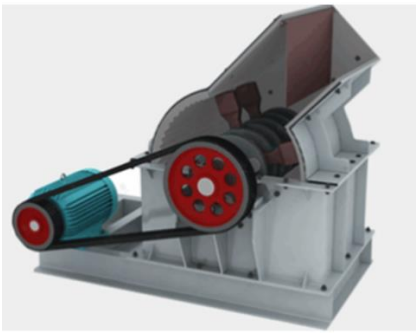


Figura 23. Triturador de yeso

- Filtra el material con un tamiz para eliminar partículas grandes.



Figura 24. Tamiz de yeso

- Recoge el polvo triturado en contenedores herméticos para evitar contaminación y humedad.

Nota: Para posibles deficiencias y soluciones en el caso de los fragmentos grandes no triturados se debe volver a programar la trituradora o repetir el proceso.

En el caso del yeso con impurezas se debe implementar un sistema de separación por aire o magnético.

Paso 4: Calcinación

- Colocar el yeso triturado en un recipiente resistente al calor y distribuirlo de manera uniforme.
- Introducir el recipiente en el horno de calcinación y ajustar la temperatura entre 700-900ºC, el mismo deberá ser usado para todos los yesos.



Figura 25. Horno de secado

Nota: Calcinación, (2025). Documento pdf. Horno de secado a gas

https://calcinaciondeunamuestraequipo3.blogspot.com/2017/09/calcinacion-de-una-muestra.html

- Mantener el material en el horno un tiempo aproximado de 2-3 horas para eliminar la humedad y reactivar el yeso.
- Retira con cuidado y dejar enfriar a temperatura ambiente.



Figura 26. Polvo fino resultado del secado

Nota: Homecenter, (2025). Documento web. Polvo fino resultado de la calcificación.

https://www.mndelgolfo.com/blog/reportaje/conoces-las-diversas-aplicaciones-del-yeso/

Nota: Para posibles deficiencias en el proceso de calcinación se recomienda:

- Sobrecalentamiento: Controlar temperatura y tiempos de exposición.
- Yeso sin la dureza adecuada: Asegurar una distribución uniforme del calor dentro del horno.

Paso 4: Enfriado y Almacenamiento

- Colocar el yeso calcinado en un área ventilada y seca para su enfriado.
- Almacenar el polvo reciclado en contenedores herméticos para evitar que absorba humedad.



Figura 27. Recipiente hermético

- Etiquetar los contenedores con la fecha de procesamiento y lote de producción.



Figura 28. Etiquetado y fechado

Posibles Deficiencias y Soluciones

- Endurecimiento prematuro: Revisar condiciones de almacenamiento y evitar exposición a la humedad.
- Absorción de humedad: Agrega desecantes en los contenedores



Figura 29. Absorbentes de humedad

Sercalia, (2025). Catálogo de producto web. Absorbente de humedad en gel. https://sercalia.com/gel-de-silice/

3.6.8. Reutilización del yeso reciclado en odontología

- El yeso reciclado se utiliza para hacer modelos no definitivos o para la base de modelos o montaje en oclusores, donde no se requiere la misma precisión o resistencia que en las fases finales de la fabricación de prótesis.
- Mezclar el yeso reciclado con yeso nuevo en proporciones controladas (ejemplo: 70% reciclado - 30% nuevo).
- Realiza pruebas de fraguado para verificar la calidad del material antes de su uso.
- Usa el yeso reciclado en modelos de estudio, reduciendo el uso de material nuevo

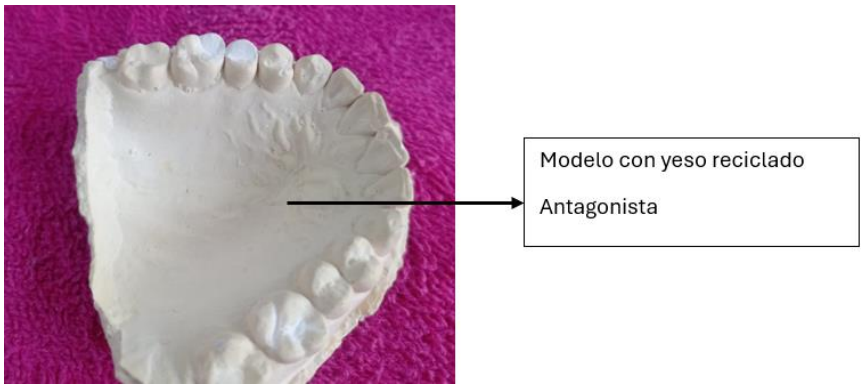


Figura 30. Antagonista con yeso reciclado

Posibles Deficiencias y Soluciones

- Tiempo de fraguado irregular: Ajustar la proporción de reciclado según las necesidades.
- Reducción de resistencia mecánica: Limitar la cantidad de yeso reciclado en mezclas críticas.
- Este presupuesto puede variar dependiendo del tamaño del laboratorio y la cantidad de yeso reciclado que se pretenda procesar.
- Casos de éxitos en el uso del yeso reciclado

Laboratorio Dental BioSmile (España)

Uno de los lugares donde ya se aplican estas técnicas es en el Laboratorio dental BioSmile de España, el cual demuestra una efectividad al momento de implementar los procesos de reciclaje del yeso usado, a continuación, se menciona como se realiza el proceso del reciclado y cuáles son sus resultados.

- Creación de un sistema de recolección y reciclaje de yeso, reutilizando el material en la elaboración de nuevos modelos o bases para estos.
- Uso de yeso sintético reciclado, reduciendo el dinero invertido.
- Implementación de protocolos de segregación de residuos con código de colores para facilitar su clasificación dentro de las instalaciones.
- Capacitación del personal en prácticas ecológicas

Resultado

- Reducción del 30% en el consumo de yeso nuevo.
- Disminución de los costos operativos en un 15% anual.
- Cumplimiento de normativas ambientales y mejora de la reputación del laboratorio. (Admin, 2023)

3.6.9. Beneficios y limitaciones del uso del yeso reciclado

Beneficios

- Reducción del impacto ambiental disminuyendo los residuos a vertederos comunes
- Reduce la necesidad de extracción de yeso natural, conservando recursos naturales.
- Ahorro económico representando una menor comparación del yeso nuevo
- Reduce costes asociados al manejo y disposición de residuos
- Yeso reciclado mantiene muchas de las propiedades del yeso nuevo
- Puede usarse para la fabricación de placas de yeso o enmiendas agrícolas

Limitaciones

- Yeso reciclado puede contener impurezas que afecten su reutilización
- Requiere un proceso de separación y tratamiento cuidadoso
- La inversión inicial requiere también transporte especializado y almacenaje
- No siempre es rentable en países donde la infraestructura es inadecuada
- En Ecuador no existe normativas claras sobre el uso de yeso reciclado lo que dificulta la integración en proyectos
- La escasa conciencia de las industrias sobre sus beneficios.

Métodos de eliminación

Tabla 6. Métodos convencional y sostenible

CRITERIO	CONVENCIONAL	SOSTENIBLE
Colocación final	Residuos en basureros comunes o sistema de drenaje	Procesamiento para reciclaje y reutilización
Impacto ambiental	Contaminación de agua y suelo	Mejor aprovechamiento de recursos

Tabla 7. Método convencional y sostenible

CRITERIO	G. CONVENCIONAL	G. SOSTENIBLE
Costos a largo plazo	Posibles sanciones por manejo individual de residuos	Ahorro en compra de materiales
Costo a corto plazo	Más económico, pero costos residuales de limpieza y compra de insumos	Inversión inicial más pequeña, pero reduce ganancias a largo plazo
Eficiencia	Desperdicio de materia prima	Optimización de uso de yesos

3.6.10. Ventajas económicas para los laboratorios

Con la implementación y reutilización de yesos estos están sujetos a una reducción en la compra prevista del 30% al 50% de materia prima, junto a una disminución del uso del espacio dentro del laboratorio ya que habría menos material nuevo y la capacitación del personal ayudara a que se minimice los desperdicios y evitar errores en la fabricación de modelos de yeso.

Con la diferenciación del laboratorio se podrá abarcar un mercado más concientizado que busca la manera de cuidar el medio ambiente, esto también ayudaría a evitar multas por mal manejo de residuos, y ganando diferentes reconocimientos a nivel nacional.

3.6.11. Resultados y manejo del yeso reciclado

El manejo adecuado del yeso ha demostrado ser una estrategia eficaz para reducir el impacto ambiental asociado a los residuos de construcción y demolición, las experiencias prácticas han evidenciado que los procesos de reciclaje bien implementados es posible recuperar una proporción significativa del yeso desechado, manteniendo las propiedades físicas y químicas similares al original.

Mezcla el yeso reciclado con yeso nuevo en proporciones controladas (ejemplo: 70% reciclado - 30% nuevo).

Realiza pruebas de fraguado para verificar la calidad del material antes de su uso.

Usa el yeso reciclado en modelos de estudio, reduciendo el uso de material nuevo

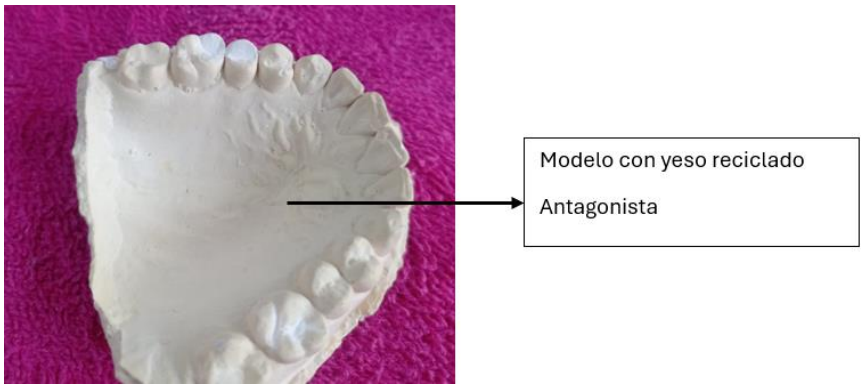


Figura 31. Modelo antagonista

Posibles Deficiencias y Soluciones

Tiempo de fraguado irregular: Ajustar la proporción de reciclado según las necesidades.

- Reducción de resistencia mecánica: Limitar la cantidad de yeso reciclado en mezclas críticas.
- Este presupuesto puede variar dependiendo del tamaño del laboratorio y la cantidad de yeso reciclado que se pretenda procesar.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Experimentos.

- **Durabilidad del Yeso**

Durante las pruebas que se realizaron sobre la resistencia mecánica, se evaluó la durabilidad o calidad del yeso odontológico nuevo y del reciclado a través de ensayos de manejo y copiado de detalles. Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:



Figura 32. Recipiente con yesos

Yeso nuevo: Presentó una resistencia estructural mayor, sin fracturas en bordes que se pueden considerar débiles o de manejo más brusco. Su integridad se mantuvo estable al ser manipulado y almacenado durante 48 horas.



Figura 33. Modelos creados con el yeso nuevo y reciclado

Yeso reciclado: Mostró una pequeña reducción en la resistencia a la compresión, junto a esto pudimos evidenciar que el yeso parecía ser más frágil en detalles pequeños. Sin

embargo, se mantuvo funcional para usos que no sean de vital importancia, como modelos de estudio o montaje en oclusores.

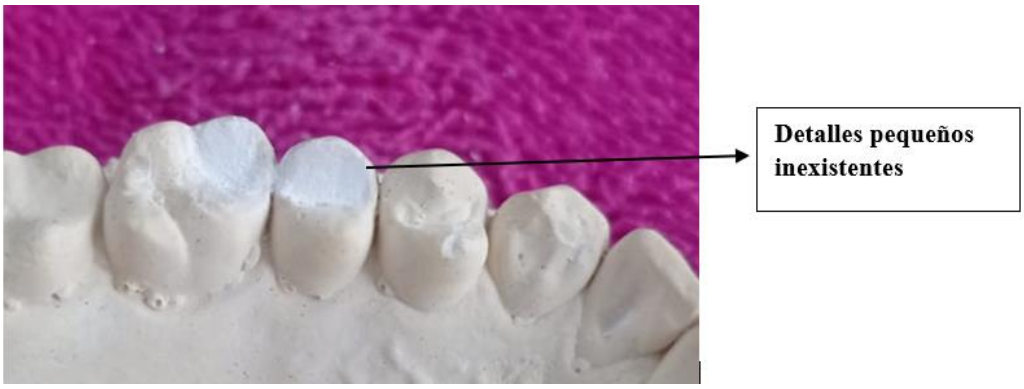


Figura 34. Modelo con falta de detalles

Estos resultados sugieren que, aunque el yeso reciclado presenta una leve disminución en su dureza, esta no compromete su uso en contextos educativos o de planificación básica, siempre que se maneje adecuadamente en un porcentaje del 25% de yeso reciclado y un 75% de yeso nuevo.

- **Capacidad de Copiado de Detalle**

Se realizaron diferentes tipos de impresiones utilizando los 2 tipos de yeso (nuevo y reciclado) en moldes con detalles finos, a fin de evaluar la fidelidad en la reproducción de formas y líneas.

Yeso nuevo: Logró reproducir detalles finos (de hasta 0,05 mm) con gran precisión. Los surcos y relieves fueron definidos con nitidez.

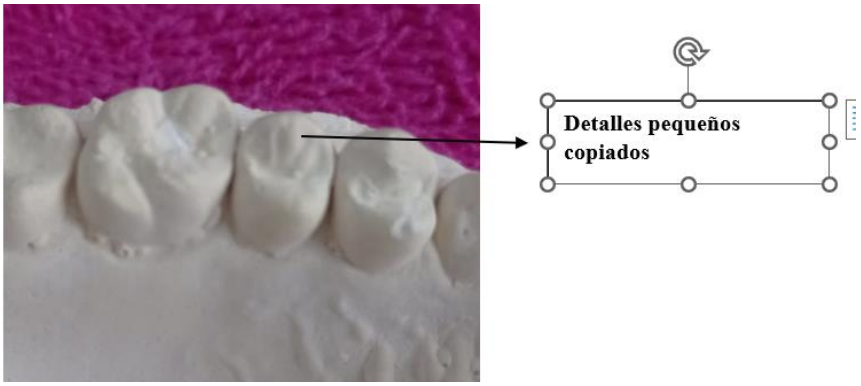


Figura 35. Modelo nuevo con detalles

Yeso reciclado: Aunque logró copiar formas generales correctamente, perdió definición en detalles más pequeños, especialmente en zonas de bordes agudos o con detalles profundos. La superficie presentó una ligera porosidad, que tal vez pueda deberse a la pérdida de componentes claves durante el proceso de reciclaje.

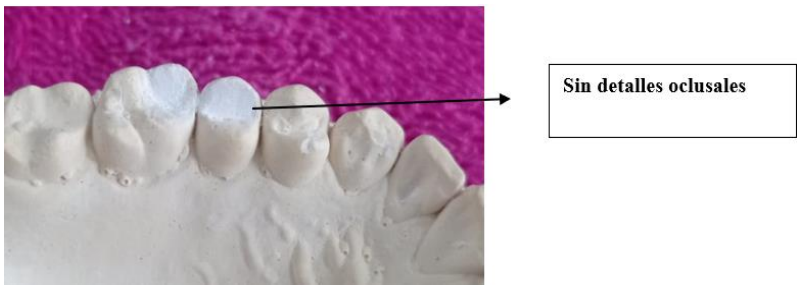


Figura 36. Modelo sin detalles

En términos generales, el yeso reciclado mantiene un nivel aceptable de desempeño en aplicaciones no clínicas, siendo adecuado para modelos de estudio, planificación o simulación. Sin embargo, no se recomienda su uso en procesos que requieran máxima precisión o resistencia, como modelos maestros para prótesis o en técnicas donde el copiado de detalle fino es crítico.

- **Conclusiones**

- Importancia del reciclaje del yeso dental
- Aplicabilidad del manual en laboratorios dentales
- Recomendaciones para la implementación del reciclaje

4.2. Análisis de resultados

4.2.1. Resultados encuesta de evaluación del manual

¿Consideras que el manual proporciona información clara y comprensible sobre el proceso de reciclaje de yesos odontológicos?

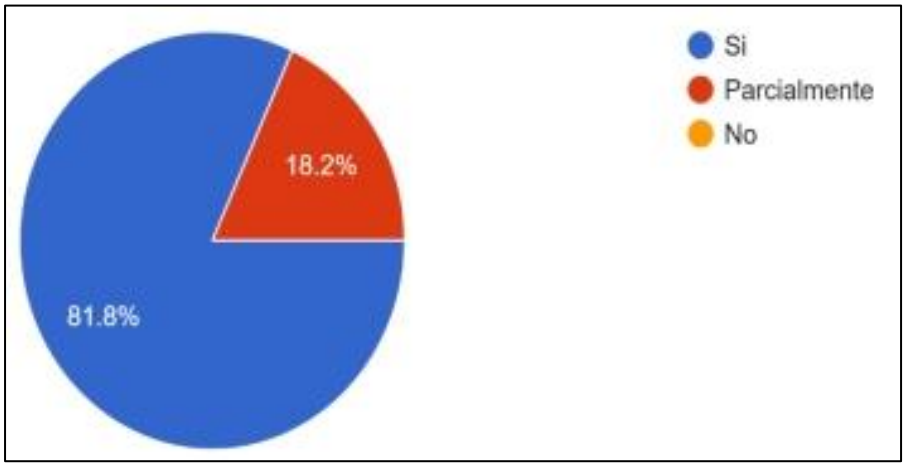


Figura 37. Información del manual

Análisis:

Los resultados reflejan una amplia aceptación sobre la claridad del contenido, el alto porcentajes de respuestas afirmativas indica que el documento logra transmitir los pasos y conceptos relacionados con el reciclaje de yesos.

Sin embargo, el 18.2% considera que la información es poco clara y sugiere que existen áreas del manual que podrían mejorarse o explicarse con mayor detalle, esto puede implicar la necesidad de reforzar algunos aparatos con recursos visuales o ejemplos prácticos

En conclusión, el manual cumple en gran medida con el objetivo, pero los resultados abren la oportunidad para revisar y perfeccionar ciertos aspectos

¿El contenido del manual te parece aplicable en tu entorno académico o profesional?

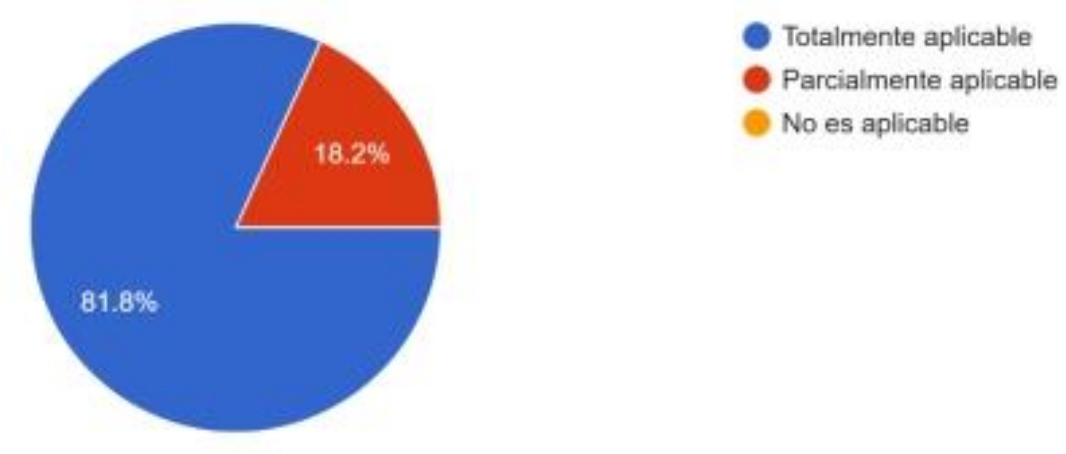


Figura 38. Aplicación del manual

Análisis:

Los datos reflejan una alta valoración de utilidad práctica del manual, el hecho que más de 80% de los participantes hayan percibido una forma de aplicarlo directamente siguiere que el contenido está alineado con las necesidades, recursos y dinámicas de los entornos educativos y profesionales en el campo, esto respalda la efectividad del manual como herramienta de apoyo para laboratorios e instituciones educativas.

En cambio, el 18.2% indica que podría señalar que existes aspectos que limitan su implementación esto puede deberse a criterios de recursos, y diferencias de procedimientos o falta de capacitación de empleados

El manual demuestra ser funcional y relevante para la mayoría de los usuarios, aunque sería recomendable considerar ajustes o anexos que permitan una mayor adaptabilidad.

¿Qué tan útil fue el manual para mejorar tus conocimientos sobre el impacto ambiental del yeso y las formas de reducirlo?

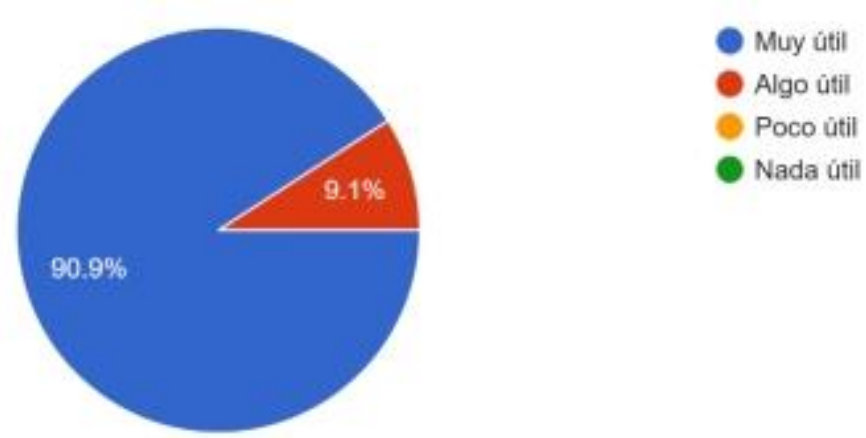


Figura 39. Impacto ambiental del yeso

Análisis:

Este resultado demuestra que el manual cumple con los objetivos de educar y generar conciencia sobre el impacto ambiental de yeso odontológico donde la gran mayoría reconoció que el contenido les permitió ampliar sus conocimientos sobre el tema, lo que indica que el documento fue aceptado

Sin embargo, el 9.1% considera que es algo útil puede indicar que a pesar de su aporte informativo algunos usuarios esperaban mayor profundidad, ejemplos aplicados o explicaciones más técnicas

En general los resultados reflejan que el manual no solo es una guía práctica sino también una herramienta educativa para promover una cultura de sostenibilidad dentro del ámbito odontológico.

¿Consideras que el manual incluye todos los pasos necesarios para realizar un reciclaje efectivo del yeso?



Figura 40. Evaluación del contenido del manual

Análisis:

Se demuestra que los usuarios perciben el manual como una herramienta integral y suficientemente detallada para llevar a cabo el proceso de reciclaje de forma efectiva. La percepción de completitud también implica el potencial de ser aplicado directamente a entornos reales sin necesidad de ajustes mayores.

Esto refuerza su valor como guía práctica y evidencia que cumple su propósito como instrumento de apoyo técnico en la gestión sostenible de residuos

Este resultado respalda la calidad del contenido del manual y su utilidad en entornos reales y como recurso confiable para promover practicas responsables.

¿Qué sugerencias haría para mejorar el manual?

- Considero que este manual aplica todos los parámetros correspondientes
- Ninguna
- Sin sugerencia
- Esta correcto
- Ninguno está perfecto
- Todo está muy bien
- Que estén gráficas para entender mejor

Análisis:

Los comentarios positivos indican que dos tercios de los encuestados considera que el manual no requiere cambios, esto refuerza la percepción positivó ya reflejada en preguntas anteriores

Por otra parte, el resto de encuestados considera que le falta contenido claro y ampliar ciertos temas para mejorar la comprensión lectora.

Aunque la gran mayoría de los encuestados están conformes con el manual las sugerencias indican que una futura versión podría beneficiarse de ajustes menores en estructura o estilo de pedagogía con el fin de hacerlo aún más accesible clara y atractivo

4.1.3. Matriz de comparación entre el método convencional de manejo de desechos frente al método de reciclajes

Tabla 8. Matriz de comparación entre el método convencional de manejo de desechos frente al método de reciclajes

	Métodos convencionales	**Métodos sostenibles**
Material aplicado	Se usa yeso nuevo en cada caso	Se optimiza el uso del material mediante su utilización precisa
Residuos	Desechos generados van a la basura común	Recolección y tratamiento del yeso
Precisión	Riesgo de distorsión y burbujas	Mantiene alta calidad y precisión en cada modelo
Impacto ambiental	Extraer la materia prima produce contaminación y acumulación de desechos	Reducción de la huella ecológica
Costo	Gasto en la adquisición de yeso nuevo	Reducción de costos por uso de yeso reciclado en algunos puntos
Tecnología	Uso de modelos físicos	Uso de escáner oral o diseño digital
Alternativas	El yeso como material base	Uso de resinas y yeso reciclado
Capacitación del personal	Producen desperdicio al capacitar	Se puede realizar la capacitación en una sola sesión

4.2. Interpretación de resultados y discusión de resultados

En general, los resultados obtenidos reflejan una alta aceptación del manual de reciclaje de yesos, con aproximadamente un 81.8% de los encuestados manifestando opiniones positivas con su claridad, aplicabilidad, utilidad y de contenido. Esta mayoría considera que el manual proporciona información clara y comprensible sobre el proceso de reciclaje, puede aplicarse en contextos académicos y profesionales, los cuales mejora, los conocimientos sobre el impacto ambiental del yeso

Por otro lado, el 18.2% de los participantes manifestó percepciones menos favorables indicando que el manual presenta ciertas limitaciones, como la claridad en algunas secciones o dificultad para su implementación en ciertos entornos la necesidad de ampliar o profundizar en algunos contenidos. Estos resultados apuntan a que si bien el documento cumple con su propósito principal existen áreas de mejora que podrían reforzarse mediante la inclusión de recursos más fáciles de entender. Desde una perspectiva pedagógica estos hallazgos resaltan la importancia de adaptar los materiales educativos a distintos niveles de conocimiento y coherencia profesional. Si bien el manual es funcional en su estado actual, incorporar estrategias didácticas como infografías, videos o recursos interactivos podrían mejorar de forma significativa la experiencia de aprendizaje y facilitar la implementación

Además, al comprar los métodos tradicionales con las practicas sostenibles presentados en la matriz de comparación, se evidencia que el manual también promueve una visión crítica y consciente del impacto ambiental, lo cual está en línea con los objetivos de sostenibilidad en la salud. El manual no solo actúa como guía técnica para el reciclaje sino también como un instrumento se sensibilización ambiental, fomentando una cultura de responsabilidad ecológica dentro del sector odontológico. No obstante, para incrementar su alcancé y efectividad, sería recomendable desarrollar una versión que incluya recursos audiovisuales, o ejemplos aplicados directamente en laboratorios.

CONCLUSIONES

La viabilidad del yeso que al ser un material termoquímicamente reversible puede ser rehidratado y reprocesado para usos secundarios sin perder sus propiedades físicas los cual representa una oportunidad real de reutilización, esto contribuye significativamente a la disminución de residuos sólidos en vertederos reduciendo el impacto ambiental y las emisiones de polvo.

La conciencia ecológica fomentada en estudiantes y profesionales forma una cultura de responsabilidad ambiental, desarrollando conciencia crítica sobre el uso racional de materiales y su sustentabilidad dentro de labores diarias.

La reutilización del yeso representa un ahorro económico en la compra de materia prima, además de reducir los costos asociados a la gestión de residuos en laboratorios e instituciones educativas, a pesar de sus beneficios el reciclado presenta ciertas limitaciones, especialmente en cuanto a la perdida de propiedades mecánicas con cada ciclo reutilizado lo cual restringe su uso a ciertas áreas.

Actualmente los institutos que ofertan las carreras de aparatología dental conjuntamente con las universidades tienen una gran tarea de concientización en el manejo de residuos, generando buenas prácticas ambientales, para garantizar el cuidado del medio ambiente y de los profesionales que laboran en los diferentes laboratorios dentales y centros odontológicos.

RECOMENDACIONES

Al establecer protocolos y guías técnicas para la recolección, clasificación y reutilización del yeso aumentara su uso siguiendo criterios de bioseguridad, junto a la capacitación continua sobre las ventajas del reciclaje técnica del reprocesamiento y normas de manejo.

Integrar el tema del reciclaje a criterios de estudios dentro de materias específicas relacionadas con la salud para sensibilizar sobre el tema desde un inicio, también investigar sobre otros usos como rellenos de modelos no clínicos o experimentales dentro de otras áreas.

Realizar el reciclaje dentro de las normas de bioseguridad para evitar que partículas como el polvo u otros químicos volátiles puedan afectar a la salud.

A pesar de ser una idea para ayudar al medio ambiente es recomendar hacerlo a gran escala ya que la inversión inicial puede representar que la misma se recupere de 3 a 5 años

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3Dental. (2025). Impresoras 3D dentales. Recuperado de https://www.3dentalsolutions.com/impresoras3d-dentales 3dsystems.com+63dentalsolutions.com+63dentalsolutions.com+6

3M. (2025). Material dental. Recuperado de https://www.3m.com.ec/3M/es_EC/p/d/v000057815/

Arias, C. (2013). Efectos del yeso en la salud ocupacional. Revista Boliviana de Salud. Recuperado de http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?lng=pt&pid=S2304-37682013000300002&script=sci_arttext

Biodentales. (2025). Dosificadora automática de agua y yeso Boomerang. Recuperado de https://biodentales.com/producto/dosificadora-automatica-de-agua-y-yeso-boomerang/ laboratorio.henryschein.es+7biodentales.com+7biodentales.com+7

Blancas, P. (2024, 20 de noviembre). El yeso: un material sostenible que transforma la construcción. Yesoer. Recuperado de https://yesoer.com.ar/2024/11/20/el-yeso-un-material-sostenible-que-transforma-la-construccion/

Eakle, K. G., et al. (2024, 10 de diciembre). Dental Materials E-Book. Recuperado de https://www.google.com.ec/books/edition/Dental_Materials_E_Book/v1AmEQAAQBAJ?hl=es&gbpv=0

Emison. (2025). Horno rotativo para yeso. Recuperado de https://www.emison.com/horno%20rotativo%20para%20yeso.htm

Foruimining. (2025). Molino de martillos – trituradora de piedra/mineral. Recuperado de https://www.foruimining.com/es/PRODUCTO/Molino-de-martillos-Trituradora-de-mineral-Trituradora-de-piedra/

Geraldine, L. (2020, 27 de julio). Bata desechable con puño resortado. Instrumentalia. Recuperado de https://instrumentalia.com.co/Instrumentalia-Informa/Enviar/bata-desechable-con-puno-resortado.html

Grupo Comsur Lab. (2025). Tamiz de acero inoxidable de 3 malla 100. Recuperado de https://www.grupocomsurlab.com/tamiz-acero-inoxidable-de-3-malla-100/

Heiting, G. (2025). Gafas de protección ocular. All About Vision. Recuperado de https://www.allaboutvision.com/es/seguridad-ocular/gafas-de-proteccion/

Instituto Nacional de Cancerología. (2021). Video informativo sobre bioseguridad. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=_gbPvR9S7E4

Laboratorio BioSmile. (2023, 22 de mayo). ¿Quiénes somos? Recuperado de https://laboratoriobiosmile.com/quienes-somos/x.com+3laboratoriobiosmile.com+3facebook.com+3

Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2014). Acuerdo interministerial para la gestión integral de los residuos y desechos de los establecimientos de salud. Recuperado de https://www.salud.gob.ec/acuerdo-interministerial-para-la-gestion-integral-de-los-residuos-y-desechos-de-los-establecimientos-de-salud/

Ministerio del Ambiente. (2019). Acuerdo Ministerial No. 0323-2019: Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos generados en los establecimientos de salud. Recuperado de https://sustanciasyresiduos.ambiente.gob.ec/producto/acuerdo-ministerial-no-0323-2019-reglamento-para-la-gestion-integral-de-los-residuos-y-desechos-generados-en-los-establecimientos-de-salud/ sustanciasyresiduos.ambiente.gob.ec

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2016). Industrial waste guide. Recuperado de https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-03/documents/industrial-waste-guide.pdf

ANEXOS A

Hoja de registro general de yesos por peso

Fecha	Responsable	Yeso reciclado	Procedencia	Usos	Observaciones
05/05/2025	Técnico 1	5kg	Área de acrílicos	Antagonista	Óptimo para uso
05/05/2025	Técnico 2	6kg	Área de yesos	Montaje de modelos	Óptimo para uso

Métodos de supervisión y auditoría interna del proceso.

- **Retroalimentación y ajustes para optimizar la gestión de residuos.**

El personal debe ser evaluado para conocer su experiencia en la implementación de las nuevas prácticas de reciclaje. Esto ayuda a identificar problemas prácticos y operativos que pueden no ser evidentes de manera inmediata ya que puede haber complicaciones.

- **Métodos de retroalimentación:** Encuestas anónimas, reuniones de grupo, entrevistas individuales.
- **Frecuencia:** Trimestral o cada vez que parezca que disminuye el porcentaje de reciclado.

- **Auditorías Internas**

Las auditorías internas deben realizarse de manera periódica para constatar con el cumplimiento de los procesos descritos en el manual. Esto incluye verificar la correcta clasificación de residuos, almacenaje y reciclaje de materiales y la eficiencia.

- **Responsable:** Auditor interno o secretaria.
- **Frecuencia:** Trimestral o semestral
- **Objetivo:** Evaluar si los procedimientos se están siguiendo adecuadamente y si las metas están siendo alcanzadas.

- **Supervisión Directa**

La supervisión directa implica que un responsable dentro del laboratorio supervisé constantemente las actividades del personal, asegurándose de que se sigan los procedimientos establecidos en el manual.

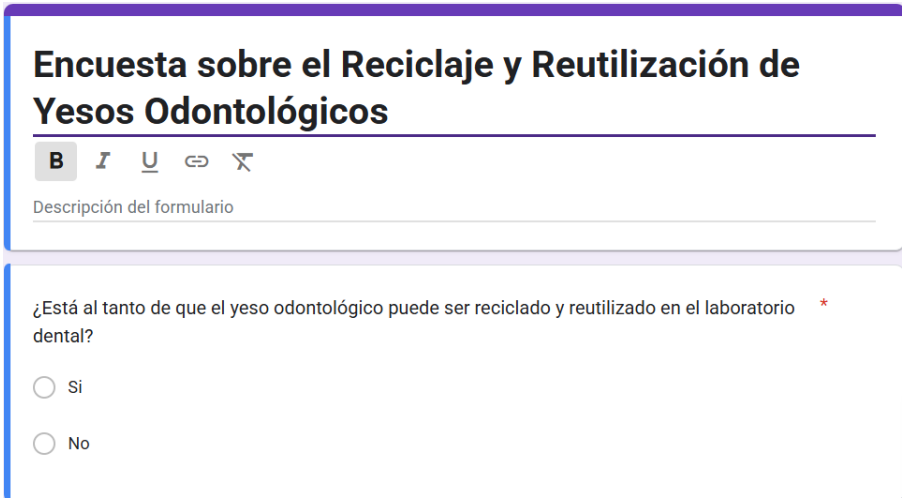
- **Frecuencia:** Semanal o mensual.
- **Responsable:** Jefe del laboratorio.
- **Objetivo:** Asegurar el cumplimiento en tiempo establecido de las prácticas de segregación de residuos y uso de materiales sostenibles.

Monitoreo y control de la implementación del manual

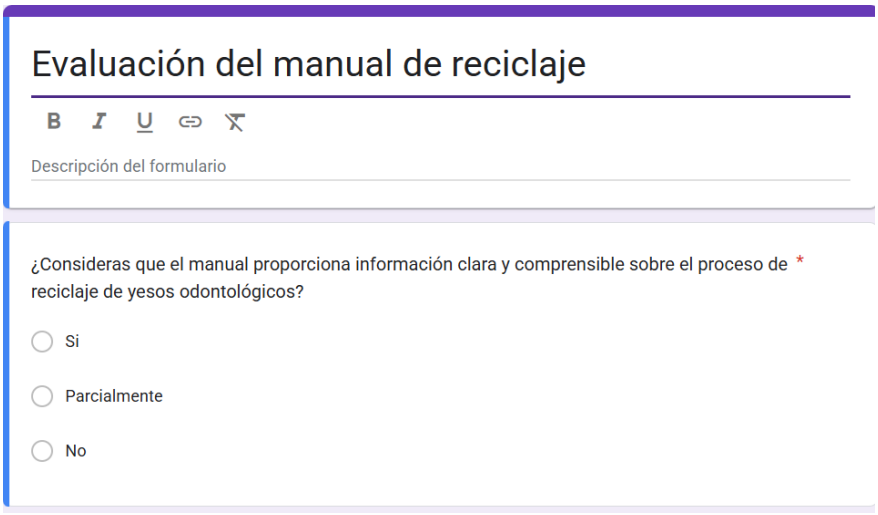
Diseño de indicadores para medir la efectividad del manual.

ANEXO B

Encuesta inicial

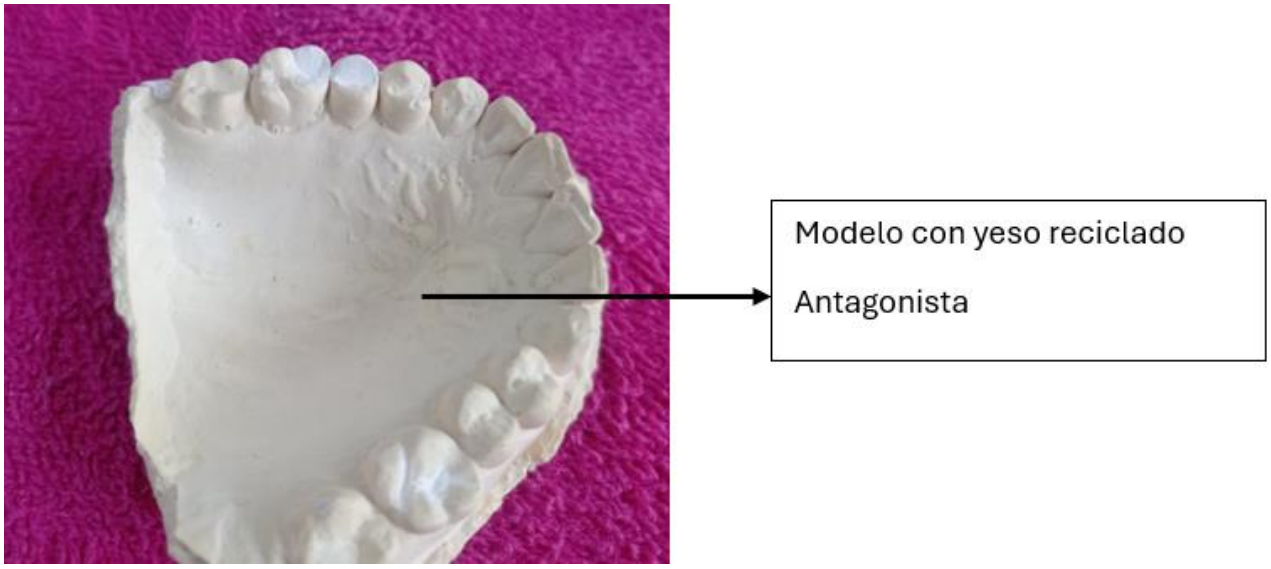


Encuesta final



ANEXO C

Modelo de yeso reciclado sin detalles



ANEXOS D

Registro de progreso en diferentes áreas del laboratorio

Indicadores	Descripción	Medición	Meta esperada
Nivel de cumplimiento	Cantidad de empleados que siguen los lineamientos	Número de empleados que cumplen	Más del 90%
Reducción de residuos	Disminución de residuos producidos	Residuos antes y residuos ahora	En un 30% menos
Tasa de reciclaje	Cantidad de material reciclado	Peso del material reciclado	50% de material reciclado
Uso eficiente de materiales	Disminución en consumo	Consumo antes y después de la implementación del manual	30%menos en la utilización de material nuevo
Capacitación del personal	Cantidad de empleados capacitados	100% de empleados capacitados	100%
Satisfacción del personal	Sugerencias y opiniones del manual	Encuesta de satisfacción	4 de cada 5
Tiempo de implementación	Periodo de aplicación	Días que dura la implementación	Menos a 60 días

TECNOLÓGICO SAN ANTONIO Tesa

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

TESA

La Dirección de Carrera de Aparatología Dental, certifica que el trabajo de titulación denominado, "Desarrollo de un manual sobre el proceso sostenible de gestión de desechos para yesos dentales en el laboratorio TESA de la ciudad de Quito en el año 2025.", presentado por Darwin Josué Vásconez Gavilánez, ha sido sometido a un análisis de similitud mediante la herramienta Turnitin.

El resultado obtenido refleja un 15 % de similitud, porcentaje que se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el Instituto Superior Tecnológico San Antonio – TESA, cumpliendo con los criterios de originalidad y autenticidad académica exigidos por la institución.

Quito, 26 de mayo de 2025

FIRMA Y SELLO

Dirección de Carrera

TECNOLÓGICO SAN ANTONIO Tesa
DIRECCIÓN DE CARRERA APARATOLOGÍA DENTAL