

# Reciclaje de excedentes metálicos generados en la elaboración de prótesis dentales<sup>1</sup>

Josefina Mosquera Palomino<sup>2</sup> Carlos Ignacio Vélez Gómez<sup>3</sup>

## RESUMEN

**Introducción:** las aleaciones de cobalto cromo y cromo níquel son las más utilizadas en la elaboración de prótesis dentales por su biocompatibilidad, altas propiedades mecánicas, disponibilidad en el mercado y costos razonables; sin embargo, los residuos metálicos de estas aleaciones generados en los laboratorios dentales van a la basura sin la correcta disposición dando lugar a problemas ambientales debido a que son metales pesados cuyas partículas no se desintegran ni química ni biológicamente y permanecen en el ambiente

por varios años, los métodos de descontaminación son costosos y a largo plazo, por lo tanto, estos residuos se dispersan en el ecosistema a través de lixiviados que contaminan suelos, agua y aire, llegando a la cadena alimentaria y afectando la salud de la población.

**Objetivo:** reciclar los excedentes de las aleaciones cobalto cromo y cromo níquel generados en la elaboración de prótesis dentales.

**Materiales y métodos:** estudio experimental resultado de una investigación aplicada. Se realizó la

---

**1** Artículo original derivado del proyecto de investigación: Reciclaje de excedentes de aleaciones de metal base generados en la elaboración de prótesis dentales en el laboratorio de prótesis dental de la Fundación Universitaria Autónoma de las Américas, Medellín. Ejecutado desde febrero de 2017 a marzo de 2018. Grupo de Investigación en Salud y Comunidad GISCO. Financiación: la Fundación Universitaria Autónoma de las Américas, Medellín. Código de aceptación convocatoria interna de proyectos de investigación P91-2017

**2** Ingeniera Química, Especialista en Docencia Universitaria, Magíster en Ingeniería Universidad Pontificia Bolivariana. Coordinadora de Investigación Programa de Laboratorio de Prótesis Dental. Facultad de Odontología. Fundación Universitaria Autónoma de las Américas. Investigador del Grupo de Investigación en Salud y Comunidad. GISCO Correo electrónico: josefina.mosquera@uam.edu. Código ORCID: 0000-0003-2960-9584

**3** Tecnólogo en Rehabilitación Dental, Profesor Programa de Laboratorio de Prótesis Dental, Facultad de Odontología. Fundación Universitaria Autónoma de las Américas, Medellín. Investigador del Grupo de Investigación en Salud y Comunidad. GISCO. Correo electrónico: carlos.velez@uam.edu.co/ Código ORCID:0000.0002-3983-5609

**Autor para correspondencia:** josefina.mosquera@uam.edu.co

**Recibido:**16/01/2020 **Aceptado:**14/12/2020

recolección, clasificación, cuantificación y adecuación de los residuos metálicos, el material reciclado se pesa, se rotula, se empaqueta en bolsas plásticas y se suministra a los estudiantes con fines académicos.

**Resultados:** se obtuvo una disminución de excedentes metálicos generados en la elaboración de prótesis dentales, con un indicador verificable de 7 Kg de residuos metálicos generados / 6 Kg de material reciclado = 1.2. El material reciclado se suministró a los estudiantes como materia prima con fines académicos para los procesos de aprendizaje de fundición y colado de prótesis dentales, permitió elaborar instrumentos que sirven en el trabajo cotidiano del laboratorista dental como son barras de soldaduras y llaves para tornillos de

implantes, los cuales tienen un alto costo en el mercado.

**Conclusiones:** el reciclaje juega un papel fundamental en la preservación del medio ambiente, permite la reducción del consumo de energía eléctrica, la disminución de gases de efecto invernadero, la reducción de la contaminación de suelo, aire y agua. Este proyecto permitió generar conciencia ambiental en los estudiantes del programa, disminuir y aprovechar los excedentes metálicos generados en la elaboración de prótesis dentales y así contribuir desde la profesión al desarrollo sostenible y calidad ambiental.

**Palabras clave:** prótesis dental, aleación cobalto cromo, aleación cromo níquel, reciclaje, desarrollo sostenible.

## Recycling of scrap metal generated in dental prostheses manufacturing

### ABSTRACT

**Introduction:** cobalt chromium and chromium nickel alloys are the most used in dental prostheses manufacturing due to their biocompatibility, high mechanical properties, market availability and reasonable costs; however, the scrap metal of these alloys generated in dental laboratories is thrown in the garbage without proper disposal, causing environmental problems because they are heavy metals and the particles of which do not disintegrate neither chemically nor biologically and remain in the environment for several years. Decontamination methods are expensive and long-term, therefore this waste is dispersed into the ecosystem through leachates which pollute the soil, the

water and the air, reaching the food chain and impacting the health of the population.

**Objective:** to recycle cobalt chromium and nickel chromium alloy scrap metal generated in dental prostheses manufacturing.

**Materials and methods:** experimental study resulting from an applied research. The collection, classification, quantification and adaptation of the scrap metal was carried out; the recycled material is weighed, labeled, packed in plastic bags and provided to students for academic purposes.

Results: a decrease in scrap metal generated in the production of dental prostheses was obtained, with a

verifiable indicator of 7 Kg scrap metal generated / 6 Kg of recycled material = 1.2. The recycled material was provided to the students as raw material for academic purposes in the learning processes of smelting and casting dental prostheses, it allowed elaborating instruments that serve in the daily tasks of the dental laboratory such as welding bars, wrenches for implant screws which have a high cost in the market.

**Conclusions:** recycling plays a fundamental role in the preservation of the environment, it allows the reduction of electrical energy consumption, the decrease

of greenhouse gases, and the reduction of soil, air and water pollution. This project made it possible to generate environmental awareness among the students of the program, reducing and taking advantage of the scrap metal generated in dental prostheses manufacturing and thus contributing from the profession to the sustainable development and environmental quality.

**Keywords:** dental prosthesis, cobalt chromium alloy, chromium nickel alloy, recycling, sustainable development.

## Reciclagem do metal excedente gerado na fabricação de próteses dentárias

### RESUMO

**Introdução:** as ligas de cobalto-cromo e cromo-níquel são as mais utilizadas na fabricação de próteses dentárias devido a sua biocompatibilidade, altas propriedades mecânicas, disponibilidade de mercado e custos razoáveis; porém, os resíduos metálicos dessas ligas gerados em laboratórios de prótese dentária vão para o lixo sem o devido descarte, problemas ambientais por se tratarem de metais pesados cujas partículas não se desintegram química ou biologicamente e permanecem no meio ambiente por vários anos. Os métodos de descontaminação são caros e de longo prazo, portanto esses resíduos são dispersos no ecossistema por meio de lixiviados que contaminam o solo, a água e o ar, atingindo a cadeia alimentar e afetando a saúde da população.

**Objetivo:** reciclar o excedente de cobalto-cromo

e liga de níquel-cromo gerado na fabricação de próteses dentárias.

**Materiais e métodos:** estudo experimental resultante de investigação aplicada. Foram realizadas a coleta, classificação, quantificação e adaptação dos resíduos metálicos, o material reciclado é pesado, etiquetado, embalado em sacos plásticos e fornecido aos alunos para fins acadêmicos.

**Resultados:** obteve-se uma diminuição dos excedentes metálicos gerados na produção de próteses dentárias, com um indicador verificável de 7 Kg de resíduos metálicos gerados / 6 Kg de material reciclado = 1.2. O material reciclado foi fornecido aos alunos como matéria-prima para fins acadêmicos para o aprendizado dos processos de fundição e moldagem de próteses

dentárias, permitiu a elaboração de instrumentos que servem no dia a dia do laboratório de prótese dentária como barras de solda e chaves para parafusos de implantes que têm um custo elevado no mercado.

**Conclusões:** A reciclagem desempenha um papel fundamental na preservação do meio ambiente, pois permite reduzir o consumo de energia elétrica, reduzir os gases de efeito estufa a poluição do solo, o ar e a água. Este projeto permitiu gerar consciência ambiental nos

alunos do programa, reduzir e aproveitar os excedentes metálicos gerados na fabricação de próteses dentárias e, assim, contribuir com a profissão para o desenvolvimento sustentável e a qualidade ambiental.

**Palavras-chave:** prótese dentária, liga de cobalto-cromo, liga de cromo-níquel, reciclagem, desenvolvimento sustentável.

## INTRODUCCIÓN

Históricamente la generación de residuos sólidos ha estado ligada a la actividad humana; los procesos de industrialización, el aumento de asentamientos urbanos y la densificación demográfica de dichos asentamientos, el consumismo y la falta de conocimiento respecto de su valor, así como de las posibilidades de aprovechamiento, son los factores que han llevado al incremento de la cantidad de residuos conducidos a disposición final, perdiendo toda posibilidad de reincorporación al ciclo de vida de estos materiales, favoreciendo los procesos de contaminación y agotamiento de los recursos naturales.

La problemática ambiental ha sido reconocida por la comunidad internacional, desde la declaración de Río de Janeiro en 1992 sobre medio ambiente y desarrollo (Declaración de Río de Janeiro, 1992) y la cumbre mundial sobre desarrollo sostenible de Johannesburgo en 2002 (Unidas, 2002), las cuales coincidieron en señalar que la protección del medio ambiente es una responsabilidad conjunta, que implica una relación entre lo público y lo privado y en tal sentido se hizo un llamado urgente a modificar los patrones de producción y consumo, tarea que deben emprender todos los

países, para garantizar un desarrollo sostenible y preservar el medio ambiente. También, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, (EPA) apoya a la comunidad internacional fomentando el uso sólido de ciencia y tecnología y efectúa investigaciones avanzadas para cumplir la misión de la agencia de proteger la salud humana y salvaguardar el medio ambiente natural.

En el País la protección del ambiente se fundamenta desde la constitución política de 1991, esta declara el ambiente como un derecho fundamental. La ley 99 de 1993 creó el Ministerio del Medio Ambiente y se organizó el Sistema Nacional Ambiental (SINA). El artículo 32 promueve la formulación de planes de reconversión industrial ligados a la implantación de tecnologías ambientalmente sanas y a la realización de actividades de descontaminación, de reciclaje y de reutilización de residuos. Con el establecimiento de la política de producción más limpia en 1997, Colombia ha venido avanzando de manera gradual pero firme, en un enfoque que busca prevenir y minimizar eficientemente los impactos y riesgos al medio ambiente y a la salud humana, a fin de garantizar la protección ambiental, el crecimiento económico,

bienestar social y la competitividad empresarial como un desafío a largo plazo. (Sostenible M. d., 2020)

A partir del primero de mayo de 2020 entro en vigencia una resolución del Ministerio de Ambiente tendiente a incentivar la separación en la fuente en Colombia. El país genera actualmente 11.6 millones de toneladas de residuos al año y tan solo recicla un 17 por ciento. (Sostenible M. d., 2020).

El reciclaje se define como el proceso para aprovechar y transformar los residuos sólidos recuperados y devolver a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. Se basa en un principio simple, donde los residuos deben ser tratados como un recurso para reducir la demanda de bienes naturales y la cantidad de material que requiere disposición final. (ECONÓMICO, 2002). En términos generales el reciclaje es un proceso de tres etapas: recolección y procesamiento de materiales secundarios, fabricación de productos con contenido reciclado y la compra de productos reciclados creando un círculo que asegura el éxito y el valor del reciclaje. (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007). La normatividad vigente también permite la gestión ambiental de los residuos como plásticos, cartón y metales entre otros. (Sostenible M. d., 2020).

En el caso particular de los metales una de las principales ventajas de reciclarlos es que se utiliza una cantidad de calor y de agua mucho menor que al producir metales desde cero. Según (Unidos A. d., 2020) en el 2014, el reciclaje resultó en ahorros anuales de energía de al menos 1.1 cuatrillones de BTUs, que equivale a la misma cantidad de energía utilizada en 25 millones de viviendas en un año. También, hay ahorros debido a que se da una segunda vida a los residuos metálicos, devolviéndolos al ciclo económico como materias primas secundarias. De esta forma, se convierten estos residuos en híbridos entre renovables y no renovables,

al poder ser reciclados que pasarían a agotarse con el paso del tiempo sino se les da el tratamiento adecuado. (ANDALUCIA, 2020). Con la ejecución de este proyecto la institución es pionera en el País entre los programas de Tecnología en Laboratorio de Prótesis Dental, en el proceso de reutilización y reciclado de excedentes metálicos y entra hacer parte de la economía circular, contribuyendo al desarrollo económico y preservación del medio ambiente.

En el campo de la rehabilitación dental, las prótesis removibles y fijas deben mejorar la función, fonación, estética, masticación, brindando autoestima y calidad de vida en las personas. Estas son elaboradas en las aleaciones de cobalto cromo y cromo níquel respectivamente, por su biocompatibilidad en el medio oral, altas propiedades mecánicas, bajo costo y disponibilidad en el mercado son las más utilizadas actualmente. (Kenneth, 2004). El cromo, el cobalto y el níquel son considerados metales pesados, el término de "metal pesado" es utilizado para aquellos metales cuya densidad es mayor o igual a 6 gr/cm<sup>3</sup> se caracterizan por ser tóxicos, persistentes en el medio, biomagnificación que experimentan en su concentración conforme se ascienden niveles en la cadena trófica, producen daños ambientales a determinadas concentraciones, presentan efectos sinérgicos es decir su actividad es menor cuando están solos y no en aleaciones, su contenido en el suelo solo debería ser en función de su composición y origen, sin embargo las actividades antropogénicas han aumentado el contenido de estos elementos en cantidades considerables. (Domenech, 2006).

La elaboración de prótesis dentales es la principal causa de acumulación de residuos metálicos, en los laboratorios dentales, los efectos de la acumulación de residuos metálicos sólidos, son almacenaje por largo tiempo sin prestar ninguna utilidad ocasionando pérdidas económicas, deterioro a causa de la corrosión que se da en ellos, en la mayoría de los casos van a la basura

sin la correcta disposición dando lugar a problemas ambientales debido a que las partículas metálicas se dispersan en el ecosistema a través de lixiviados que contaminan los suelos, el agua y el aire, se plantea así una de las más severas problemáticas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel global y local. Por su elevada toxicidad, el impacto causado en salud por exposición prolongada o por bio-acumulación de metales pesados resulta alarmante. Dependiendo del tipo de metal o metaloide, se producen afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta desarrollos cancerígenos. De igual manera, se han encontrado metales en diferentes concentraciones en peces, carnes y leche resultado de la bio-acumulación y movilidad desde el ambiente a las fuentes hídricas. (Reyes, 2016). El cromo se acumula a menudo en la vida acuática, agregando el peligro de comer los pescados que pudieron haber sido expuestos a los altos niveles del cromo. El níquel puede también acumularse en vida acuática, pero su presencia no se magnifica a lo largo de cadenas de alimentos, la exposición a largo plazo de cromo y níquel puede ocasionar daños en el corazón y en el hígado (<https://www.lenntech.es/metales-pesados.htm>, 2020).

La protección del medio ambiente es compromiso y responsabilidad de todos, por eso desde el programa de Laboratorio de Prótesis Dental de la Fundación Universitaria Autónoma de las Américas se ve la necesidad de empezar a abordar esta problemática e implementar acciones que contribuyan con el desarrollo sostenible de los ecosistemas. Además, se tiene conocimiento que los residuos de aleación cobalto cromo y cromo níquel, no se deben reutilizar en la realización de nuevas prótesis, ni se deben mezclar con aleación nueva para realizar otras, debido a que en su proceso de fundición se pierden propiedades que dan origen a fallas mecánicas y de biocompatibilidad. (Vaillant, 2015).

Durante seis meses se recolectaron en el laboratorio de prótesis dental de la institución los excedentes

metálicos de estas aleaciones originados en los procesos de fundición y colado de las estructuras de prótesis dentales removibles y fijas, son aproximadamente 7 Kg que no han ido a parar en la basura convirtiéndose en un problema de contaminación del suelo. El interrogante planteado es ¿Qué hacer con los excedentes metálicos de los procesos de fundición y colado en la elaboración de prótesis dentales en el laboratorio de prótesis dental de la Fundación Universitaria Autónoma de las Américas? Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo reciclar los excedentes de las aleaciones cobalto cromo y cromo níquel generados en la elaboración de prótesis dentales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

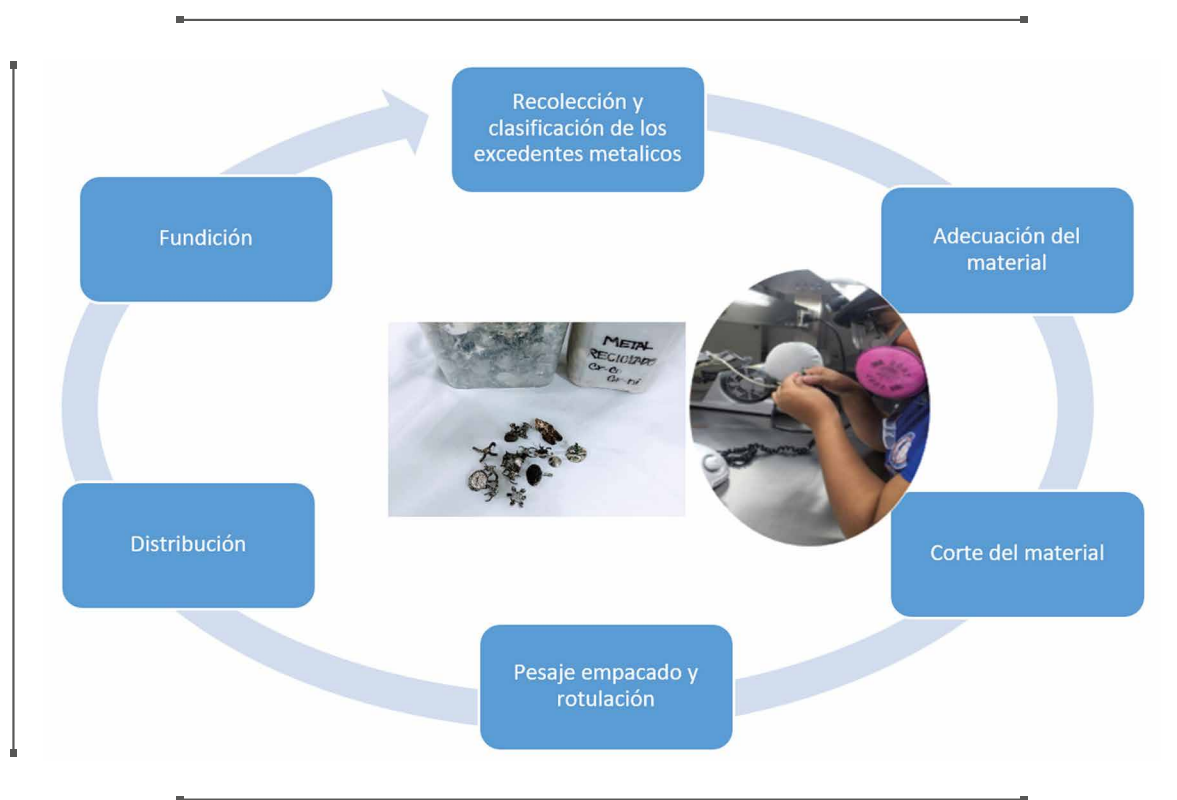
Se realizó un estudio de tipo experimental, se considera como un proyecto factible operativo, con un plan de trabajo viable que da respuesta a una problemática de tipo ambiental generada en el Laboratorio de Prótesis Dental de la Universidad. La población seleccionada no ha sido asignada de acuerdo a un criterio aleatorio, para el estudio se recolectaron 7 kg de excedentes metálicos de aleaciones de cromo cobalto y cromo níquel, generados en los procesos de fundición y colado de las estructuras para prótesis dentales removibles y fijas. No hubo muestra ya que se procedió a reciclar todo el material recolectado. El procedimiento que se siguió en el proceso de reciclaje fue el siguiente: Recolección, clasificación, cuantificación de los residuos de las aleaciones de cobalto cromo y cromo níquel. Adecuación del material recolectado, el cual consistió en limpieza con fresas, piedras, ultrasonido y arenado, luego se corta el material en partes iguales, se pesa por onzas, se rotula y empaqueta quedando listo para fundición. Finalmente se

realizó la relación beneficio costo del proceso de reciclaje. El material reciclado de las aleaciones de cobalto cromo y cromo níquel se distribuyó gratuitamente a los estudiantes como materia prima para los procesos de

aprendizaje de fundición y colado de prótesis dentales y barras de soldaduras. Además, se elaboraron llaves para implantes en la técnica indirecta de elaboración de prótesis dentales.

## Resultados

### Figura N°1: Etapas del proceso de reciclaje



**Fuente:** elaboración propia

Tabla N° 1: Indicadores verificable

Aleación	Kg de residuos recolectados	Kg metal reciclado	$\frac{Kg \text{ de residuos recolectado}}{Kg \text{ de metal reciclado}}$
Cobalto cromo	4,8	4	1,2
Cromo níquel	2,2	2	1,1
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	

Fuente: elaboración propia

Tabla N°2: Beneficios – Costos

Aleación	Cantidad reciclada Kg	Valor actual \$/Kg	Valor recuperado \$/Kg	Costos de reciclado del material \$/Kg
Cobalto cromo	4	564.800	2.259.200	1.450.000
Cromo níquel	2	706.000	1.412.000	720.000
<b>TOTAL</b>			<b>3.671.200</b>	<b>2.170.000</b>

Fuente: elaboración propia



Los resultados del proceso de reciclaje de los excedentes metálicos de aleaciones cobalto cromo y cromo níquel se ilustran en la figura 1.

De acuerdo a los valores referenciados en la tabla N°1, Se obtiene el indicador verificable para cada una de los residuos de las aleaciones recicladas. Como ambos indicadores son mayores de 1, significa que hay impacto

en la disminución de los excedentes metálicos generados en los procesos de elaboración de prótesis dentales en un semestre académico.

De acuerdo a los valores referenciados en la tabla N°2, se obtiene una relación beneficio – costos  $B/C = 3.671.200/2.170.000 = 1,69$ , significa que el proyecto es rentable, la relación es mayor de 1.

## DISCUSIÓN

La elaboración de las estructuras coladas se realiza siguiendo el protocolo de la técnica de cera pérdida, donde la aleación se funde y se centrifuga a un molde, que se construyó previamente en cera, al evaporar la cera por los viaductos y copa se deja el espacio libre para que al entrar el metal y solidificar copie la estructura que hay dentro del molde. Una vez obtenida la estructura diseñada esta se separa de los viaductos y copa, constituyéndose estos en los residuos metálicos del proceso de realización de una prótesis dental, los cuales se recogen normalmente en un recipiente plástico y son desechado a la basura, sin ningún protocolo de disposición. Por lo tanto, llegan a rellenos sanitarios causando contaminación del suelo, el agua y el aire, debido que los metales componentes de estas aleaciones se consideran pesados, no son elementos inalterables, sino que presentan movilidad hacia el agua, transferencia a la atmósfera por volatilización, adsorción por plantas e incorporación a las cadenas tróficas. Un suelo contaminado no presenta "calidad del suelo", que es entendido como un parámetro para conservar o mejorar las características del suelo y aumentar su

productividad, mejorando la calidad ambiental, lo cual se traduce en mejor calidad de los alimentos y mejor la salud de los seres vivos. (Ramírez, 2015), de esta forma al incentivar el reciclaje en las actividades cotidianas de cada profesión contribuye de forma significativa en la preservación del planeta.

Son pocos los estudios relacionados con el reciclaje de excedentes metálicos generados en los procesos de elaboración de prótesis dentales. El indicador verificable obtenido en los resultados indica que por cada Kg de residuo generado se recupera un 83% para la aleación de cobalto cromo y un 90% de la aleación de cromo níquel, lo cual es bastante significativo desde el punto económico y ambiental, también la relación beneficio costo obtenida indica que los beneficios son mayores a los costos en consecuencia, el proyecto generará riqueza a una comunidad. Si el proyecto genera riqueza con seguridad traerá consigo un beneficio social. (Baca, 2005). La relación B/C mayor que 1 significa que además de recuperar la inversión y haber cubierto la tasa de rendimiento se obtiene una ganancia extra, por lo tanto,

el reciclaje de estos residuos metálicos se podría ejecutar a gran escala.

Sin embargo, lo que hacen la mayoría de laboratorios dentales a nivel local y global con los residuos metálicos es mezclarlos con metal nuevo, los vuelven a fundir y reutilizar para hacer nuevas prótesis que se colocan en la boca de los pacientes, lo cual no es aconsejable desde ningún punto de vista, porque se altera la biocompatibilidad de la aleación y las propiedades mecánicas de estas, lo cual genera graves problemas de salud bucal a corto y mediano plazo. Son varias las investigaciones realizadas en diferentes partes del mundo que lo confirman. A continuación, se describen algunas de estas:

De acuerdo a un estudio publicado en el año 2012, muchos laboratoristas dentales utilizan aleación reciclada para elaborar prótesis dentales. De observo que el impacto de la cantidad de material reciclado en las propiedades mecánicas y la estructura de la aleación dental Co Cr Mo, disminuyendo la resistencia mecánica de todas las aleaciones recicladas, debido a que no hay una estructura uniforme. Por otra parte, se observó la aparición de precipitados de varios tipos de carburos y la presencia de fases intermetálicas, las cuales tienen un efecto determinante sobre las propiedades mecánicas de las piezas (Walczak, 2012. )

Los fabricantes de aleaciones dentales no aconsejan reutilizar aleaciones previamente fundidas debido a que presentan problemas de toxicidad, bajas propiedades mecánicas y precisión marginal, sin embargo, por razones económicas muchos laboratorios dentales siguen realizando esta práctica. (Vaillant, 2015)

Se realizó una revisión sistemática donde se analizaron treinta y cuatro estudios publicados entre 1983 y 2014, se encontró lo siguientes: el número de refundiciones varió de 1 a 10. La evidencia de la viabilidad de la adición de 50% de metal nuevo en cada refundición es

limitada. Además, no existe un protocolo de consenso para la evaluación de la refundición. Los estudios futuros deben trabajar hacia el establecimiento de un protocolo estándar. (Vaillant, 2015)

Trabajar con aleaciones refundidas de cromo níquel en metal cerámica, se reduce el espesor de la aleación en la interface metal cerámica, la fuerza de unión de metal-cerámica disminuyó significativamente con múltiples refundiciones. (Meenakshi, 2017)

Se ha estudiado el beneficio del polvo de zirconio resultante del proceso de fresado de prótesis dentales por la técnica CAD/CAM. Se propone una solución de reciclaje mezclando los residuos con polvo comercial con 5, 10 y 50% en volumen de residuos y se prepara mediante mezclado en seco, luego se prensa a 100 MPa y se sinteriza a 1500 ° C durante 2 horas (Kenneth, 2004). Los ensayos realizados demuestran que el material reciclado tiene buenas propiedades químicas y mecánicas y se puede emplear como materia prima para las industrias de joyería, pigmentos y refractarios. (Gouveia, 2017)

Utilizar metal refundido en aleaciones de metal cerámica ocasiona daños en la microestructura de la aleación, por lo tanto, el metal sobrante no se debe utilizar para una prótesis nueva, sino que debe ser reciclado. (Hui Wang, 2018)

De acuerdo a lo citado anteriormente, bajo ningún punto de vista es recomendable utilizar aleación reciclada en la elaboración de prótesis dentales, por eso se enfatiza que el material reciclado debe aprovecharse como materia prima en otros procesos industriales, en donde se aproveche su beneficio. En el caso particular de este estudio el reciclaje de residuos metálicos de las aleaciones de cobalto cromo y cromo níquel fue empleado en la elaboración de instrumentos de trabajo y como materia prima para el proceso de aprendizaje de la técnica de colado de la aleación, obteniendo un valor

agregado para el medio ambiente y los estudiantes.

La investigación permitió la apropiación de los beneficios del reciclaje como son los ambientales, sociales y económicos debido a la disminución de la explotación de recursos naturales, lo que significa un alto ahorro de energía, disminución de la cantidad de residuos

que generan un impacto ambiental negativo al no descomponerse fácilmente, se reduce la necesidad de rellenos sanitarios y la incineración, se disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero, se favorece la generación de empleo, las empresas obtienen materia prima de buena calidad a menor costo.

## CONCLUSIONES

Las prótesis dentales fijas o removibles que se colocan en la cavidad oral, no pueden ser elaboradas con aleaciones recicladas por que afectarían la salud bucal de las personas a corto y mediano plazo, debido a que son susceptibles de corrosión y no resistirían las fuerzas oclusales de la masticación por las bajas propiedades mecánicas que poseen. De ahí la importancia de enfocar la mirada en el reciclaje de los residuos generados, como materia prima e insumo de otros procesos en los laboratorios de prótesis dentales o en la industria.

El reciclaje de metales juega un papel fundamental en la preservación del medio ambiente, permite reducción en el consumo de energía eléctrica, la disminución de gases de efecto invernadero, la reducción de la contaminación del suelo, agua y aire. Este proyecto permitió generar conciencia ambiental en los estudiantes del programa, se logró disminuir y aprovechar los excedentes metálicos generados en la elaboración de prótesis dentales. Además, la investigación abre las puertas para

emprender un plan de negocio con el reciclaje de los residuos metálicos generados. También, se determinó que la puesta en marcha del proyecto es factible, rentable contribuyendo desde la profesión al desarrollo sostenible y calidad ambiental.

## AGRADECIMIENTOS

Los investigadores agradecemos a la Fundación Universitaria Autónoma de las Américas por la financiación del proyecto y a los estudiantes Sebastián Escudero Jiménez, Stefania Correa Tejada, María Kamila Soto Lozano, Luisa María Vanegas García, por la participación en los procesos de adecuación de los excedentes de las aleaciones de cobalto cromo y cromo níquel generados en la elaboración de prótesis dentales y en la elaboración de materia prima e instrumentos de uso en el laboratorio dental.

## REFERENCIAS

- Ambiente, M. d. (9 de 12 de 2020). <http://www.minambiente.gov.co>.
- ANDALUCIA, R. (10 de 12 de 2020). <https://www.raeeandalucia.es/conecta/beneficios-economicos>.
- Baca, G. (2005). Ingeniería Económica. Bogotá D. C.: Fondo Educativo Panamericano.
- (1992). Declaración de Río de Janeiro.
- Domenech, X. P. (2006). Química ambiental de sistemas terrestres. Editorial Reverté.
- ECONÓMICO, M. D. (07 de Agosto de 2002). DECRETO 1713 de 2002. Diario Oficial No. 44.893.
- Gouveia, P. S. (2017). New perspectives for recycling dental zirconia waste resulting from CAD/CAM manufacturing process. Journal of Cleaner Production. Volumen 152, Pages 454-463 .
- <https://www.lenntech.es/metales-pesados.htm>. (12 de 12 de 2020).
- Hui Wang, Y. F. (2018). The effect of recasting on microstructure of dental ceramic alloys. Shanghai Kou Qiang Yi Xue, 585-590.
- Kenneth, J. A. (2004). La Ciencia de los Materiales Dentales. ELSEVIER.
- Meenakshi, T. B. (2017). Evaluation of the Effect of recasting Nickel-chromium Base Metal Alloy on the Metal-ceramic Bond Strength: An in vitro Study. J Contemp Dent Pract, Volumen 18(9):837-841.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos, Bases Conceptuales. Bogotá.
- Ramírez, M. N. (2015). Análisis de metales pesados en suelos irrigados con agua del río Guatiquía. Revista Ciencia en Desarrollo, Vol. 6 No. 2, 167-175.
- Reyes, Y. V. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en la salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Vol. 16 N° 2, 66-77.
- Sostenible, M. d. (15 de 01 de 2020). <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/5dRES%201407%20DE%202018.pdf>.
- Sostenible, S. (15 de 01 de 2020). <https://sostenibilidad.semana.com/actualidad/articulo/reciclaje-urgente-ampliar-su-implementacion-en-colombia/41215>.

Unidas, N. (2002). Cumbre de Johannesburgo.

Unidos, A. d. (11 de 12 de 2020). <https://espanol.epa.gov/espanol/el-reciclaje>.

Vaillant, A. C. (2015). Influence of recasting on the quality of dental alloys. A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 144(ISSN0022-3913, doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.02.004.), 205-211.

Walczak, M. ., (2012. ). The issue of using remelted CoCrMo alloys in dental prosthetics. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 171-177.

[www.epa.gov](http://www.epa.gov). (s.f.). Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Recuperado el 20 de Agosto de 2016