



Proceso para recubrimiento de prótesis de cadera

Luisa José Tapia ^a, Guadalupe Escartín González^a, Diana Daniel José^b

^aCentro de Estudios Científicos y Tecnológicos 2° Miguel Bernard^o Instituto Politécnico Nacional. Av. Nueva Casa de la moneda 133, Lomas de Sotelo, 11200. Miguel Hidalgo, CDMX.

^bCentro Interdisciplinario de Ciencias de las Salud Unidad Santo Tomás (CICS-UST). Instituto Politécnico Nacional. Av. de los Maestros, Santo Tomás, 11340. Miguel Hidalgo, CDMX.

ARTICLE INFO

Received: 10 de enero de 2024

Accepted: 20 de abril de 2024

Available on-line: 30 de mayo de 2024

Keywords: Recubrimiento, Prótesis de cadera, Enseñanza.

E-mail addresses:

Luisa_jt@yahoo.com.mx

escartin@ipn.mx

dianithadaniel@gmail.com

ISSN 2007-9842

© 2024 All rights reserved

ABSTRACT

The present thesis work “Coating of hip prosthesis” shows the development of the process to cover a hip prosthesis with biocompatible materials based on titanium oxide that give it qualities that make the prosthesis made of this material more resistant to wear. This project aims to carry out the metallic coating of a hip prosthesis with titanium dioxide in order to obtain a coating that is biocompatible with people and improves the mechanical properties of the piece, prolonging the useful life of the prosthesis and of this It contributes to the integral development of the person who needs it, allowing them to get involved in all areas of their daily life, thus improving their quality of life. Based on the knowledge acquired during the Metallurgy Technician career, this project has been designed from its beginning, achieving the design of the piece, its construction and of course the metallic coating that provides the necessary properties for the prosthesis. For the development, design and construction of the prototype, it was necessary to acquire theoretical and practical knowledge and skills.

El presente trabajo “Recubrimiento de prótesis de cadera” muestra el desarrollo del proceso para recubrir una prótesis de cadera con materiales biocompatibles a base de óxido de titanio que le confieren cualidades que hacen que la prótesis de este material sea más resistente al desgaste. Este proyecto tiene como objetivo realizar el recubrimiento metálico de una prótesis de cadera con dióxido de titanio con el fin de obtener un recubrimiento que sea biocompatible con las personas y mejores las propiedades mecánicas de la pieza, prolongando la vida útil de la prótesis y de esta forma contribuyendo al desarrollo integral de la persona que la necesite, permitiendo que se involucre en todos los ámbitos de su vida cotidiana, mejorando así su calidad de vida. A partir de los conocimientos adquiridos durante la carrera de Técnico en Metalurgia, se ha diseñado este proyecto desde su inicio, logrando el diseño de la pieza, su construcción y por supuesto el recubrimiento metálico que brinda las propiedades necesarias para la prótesis. Para el desarrollo, diseño y construcción del prototipo, fue necesario adquirir conocimientos y habilidades en lo teórico y práctico.

INTRODUCCIÓN

El proceso de Recubrimiento de Superficies consiste en generar una capa aplicada sobre la superficie de un objeto (denominado sustrato), que puede tener diferentes funciones, por ejemplo: decorativas, funcionales, o ambas.

Un recubrimiento metálico es aquel que se le realiza a una pieza metálica, por lo general de algún metal ferroso, con el propósito de crear una capa protectora de algún otro metal o aleación y de esa forma proteger al metal principal de fenómenos meteorológicos que lo pudieran afectar, por ejemplo, la corrosión debido a la humedad, entre otros. Estos recubrimientos también se realizan con la finalidad de brindar una mayor estética a las piezas o productos que son de metales o aleaciones poco estéticas y con muy poco valor monetario.

Los recubrimientos metálicos a su vez, brindan otras propiedades mecánicas a los metales que les permite ser más útiles o necesarios para una sociedad, y para evitar problemáticas durante su maquinabilidad, control de calidad, etcétera. Una prótesis de cadera es está diseñadas para imitar la acción de la rótula de la articulación de la cadera. Durante la cirugía para reemplazo de la cadera, el cirujano quita las partes enfermas o dañadas de la articulación de la cadera e introduce la articulación artificial.

Debido a falta de recubrimientos metálicos en las piezas obtenidas de la fundición, se ha visto que principalmente en metales ferrosos, se sufren los efectos de la corrosión y no tienen la mejor estética.

Es importante que estas piezas no se vean afectadas por estos agentes corrosivos y tengan buenas propiedades mecánicas, ya que se utilizan en procesos industriales, alimentarios, sanitarios, médicos, entre otras. A esto, añadir que la estética es fundamental, sobre todo si son piezas destinadas a procesos médicos, sanitarios, de decoración (ornamentales), joyería y alimentos.

Con este proyecto se promueve el recubrimiento de una pieza metálica del área de salud para brindarle las mejores propiedades a esta. Para ello se cuenta con material de laboratorio de Recubrimiento de Superficies, Laboratorio de Metalografías, Taller de Metalurgia para fusión, Taller de Construcción de Modelos y Laboratorio de Diseño y Dibujo de piezas metálicas.

Así mismo, contamos con la guía y dirección de los docentes de la Academia de Metalurgia para la investigación y desarrollo del prototipo del proyecto. También, los docentes de la Academia de Física y Química se han involucrado en nuestro proyecto para plasmar la relación que existe entre nuestro proyecto y ambas Unidades de Aprendizaje; como lo son: leyes, teoremas, teorías, principios, etcétera.

La realización de este proyecto se hará durante el curso del semestre 2023-2 dentro del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 2 “Miguel Bernard”, por cinco alumnos de sexto semestre de la carrera de Técnico en Metalurgia.

El proceso del proyecto se llevará a cabo de forma teórica- práctica, ya que se realizará una investigación para posteriormente poder realizar de la mejor manera y bajo estrictas normativas el recubrimiento metálico de la pieza seleccionada.

Si se realiza el proceso de fabricación de una prótesis de cadera, y un recubrimiento adecuado para su funcionamiento en el cuerpo humano; entonces ayudaría a las personas con discapacidad motriz por problemáticas con la cadera, ya que sería biocompatible y aumentaría la durabilidad del mecanismo, brindando un mejor funcionamiento, sería una mejor opción económicamente y mucho más seguro su uso.

Llevar a cabo esta investigación, proporcionará la información necesaria sobre el recubrimiento de mecanismos metálicos en óxido de titanio, y así conjeturar cuales son las mejores opciones de recubrimientos de superficies para distintas estructuras.

El objetivo de este proyecto es Desarrollar el proceso de recubrimiento metálico para una prótesis de cadera y de esa forma mejorar sus propiedades mecánicas y alargar el ciclo de vida de la pieza.

I.1 La prótesis

¿Qué es una prótesis?

Son artefactos, extensiones, dispositivos o maquinas construidas con plástico, metal o resina, la cual reemplaza, de manera total o parcial, alguna extremidad sometida a una amputación. Independientemente de la causa, una amputación significa una gran pérdida no solo a nivel de movimiento y estructura, sino que también afecta psicológicamente a la persona, trastornando su estilo de vida, su confianza y autoestima, por lo que después de la cirugía, además de rehabilitación correspondiente se requiere de una prótesis ortopédica diseñada específicamente para satisfacer las necesidades individuales del paciente que le permita recuperar, dentro de lo posible, toda la funcionalidad de su miembro original

¿Cuáles son las prótesis más comunes?

Rodilla

Es la más conocida de las prótesis articulares. Un reemplazo de rodilla (también llamado “artroplastia de rodilla”) podría definirse con más precisión como una “resuperficialización” de rodilla porque solo se reemplaza la superficie de los huesos. La rodilla artificial, está diseñada para que cumpla con todas las características de la rodilla nativa, solo se diferencia en que carece de sensibilidad, por tanto, el dolor provocado por el desgaste articular no existe. Van sufriendo un ligero desgaste en el tiempo, esto se debe a una razón: cuando se implanta una prótesis hay que incluir un material de deslizamiento, sobre el que se realiza la fricción durante el movimiento de la articulación. El material que se emplea es el polietileno que, gracias a sus propiedades, imita al cartílago (Traumatopedia, 2021).



Se observa la comparación entre una rodilla sin prótesis y una con prótesis aplicada. Tomado de <https://www.topdoctors.mx/articulos-medicos>

Imagen 1. Prótesis de rodilla.

Cadera

También es otra de las prótesis más comunes debido, igual que en la lesión de cadera, principalmente a la patología degenerativa y al aumento de la esperanza de vida de los pacientes. El daño por artritis es el motivo más frecuente por el cual se necesita un reemplazo de cadera. La cadera protésica puede desgastarse con el tiempo, especialmente en personas que se someten a una cirugía de reemplazo de cadera cuando son relativamente jóvenes y activas (Roza, 2019).



Se observa la prótesis de cadera y sus partes en el hueso coxal (acetábulo). Tomado de <https://www.topdoctors.mx/diccionario-medico/protesis-de-cadera>

Imagen 2. Prótesis de cadera.

La prótesis de cadera es una técnica de cirugía mayor que consiste en la sustitución de la cadera degenerada por una articulación artificial.

Materiales para una prótesis de cadera

En el caso de las prótesis de cadera, los materiales utilizados habitualmente son una combinación de los siguientes:

Metal

La aleación de cromo-cobalto-molibdeno es la más frecuentemente utilizada. Recientemente se ha introducido el uso de aleaciones de titanio, tantalio y óxido de circonio. Todas ellas junto con el acero se usan en el desarrollo del vástago (parte que va dentro del fémur) y del cotilo (copa que se coloca en la pelvis).

Polímeros

Como el polietileno, que presentan excelentes propiedades mecánicas dado que son materiales muy resistentes

Cerámica

Como la alúmina y circonio (y sus combinaciones), más resistentes al desgaste, por lo que se usan habitualmente en pacientes más jóvenes.

Cemento

En aquellos casos en los que se considera que la calidad del hueso requiere de su uso para un correcto anclaje de la prótesis (Sáez, 2021).

Recubrimientos porosos

Como la hidroxiapatita, que permiten una fijación biológica de la prótesis al hueso. Dichos materiales se combinan en función de las necesidades del paciente: edad, nivel de actividad deseado, calidad del hueso y peculiaridades

de cada caso. Los materiales adecuados para la fabricación de estos elementos deben tener una alta resistencia mecánica, buena tenacidad a la fractura y el menor peso posible. Además, el material del vástago también debe proporcionar una buena transmisión de esfuerzos al hueso y el de la cabeza debe ser resistente al desgaste. Considerando las grandes exigencias mecánicas, el material biocompatible más adecuado es un metal. Lo más seguro será escoger para ambas piezas el mismo para que no sean susceptibles a la corrosión galvánica. Se ha decidido utilizar una aleación de titanio por su módulo de elasticidad bajo con respecto a otros metales, lo que aporta mejor transmisión de los esfuerzos al hueso, y por su alta resistencia a la fatiga. Además, el titanio es una superficie especialmente apta para que el crecimiento del hueso.

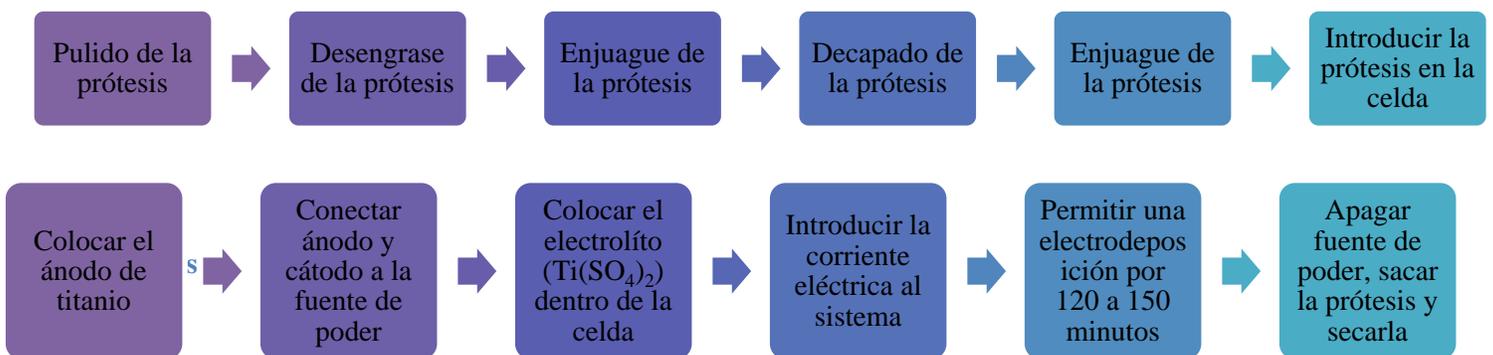
II. DESARROLLO DEL PROCESO

El proceso de recubrimiento de este proyecto consiste en revestir una prótesis a base de una solución de dióxido de titanio, la cual mejorará las propiedades de la pieza y evitará daños superficiales y estructurales en la prótesis, prolongando así su vida útil. Este recubrimiento será biocompatible con todas las personas, por lo que la prótesis se podrá aplicar a personas de todas las edades, sin importar su condición de salud o algún otro factor.

La prótesis por recubrir será de una pieza fundida de acero al cromo molibdeno, para la cadera, por lo que los más beneficiados serán aquellos que tengan alguna discapacidad motriz por alguna afección en esta parte ósea.

Las aportaciones serán meramente propias del área tecnológica; como equipo de trabajo, no estamos involucrados en la parte médica o exigencias de calidad y salubridad en estos productos. Sin embargo, la realización de este proyecto puede ser de gran ayuda para posteriores investigaciones, recomendaciones, o hipótesis a estudios futuros sobre diversos aspectos propios de la industria, la medicina, la fisioterapia, etcétera. A su vez, puede promover nuevas aleaciones.

Diagrama de Proceso del recubrimiento de la prótesis de cadera



La dificultad de encontrar materiales idóneos viene impuesta por un conjunto de exigencias sobre el implante que los agentes reguladores como la FDA de los EE UU o las directivas europeas imponen. No es fácil encontrar, entre los miles de aceros y aleaciones, una cantidad superior de polímeros, a los que hay que sumar las cerámicas y los materiales compuestos, los materiales que cumplen con los requerimientos establecidos. Muchos de estos materiales cumplen con las exigencias de rigidez, resistencia a la tracción, compresión y flexión, y buen comportamiento a fatiga,

que son algunas de las prestaciones mecánicas necesarias para soportar las cargas durante la actividad diaria de la articulación. Sin embargo, la biocompatibilidad exigida al material condiciona y restringe el número de materiales implantables a una docena aproximadamente, entre los que se incluyen tres familias de aleaciones basadas en hierro, cobalto y titanio, un polímero como el polietileno, y las cerámicas inertes alúmina y circona. La biocompatibilidad que manifiestan estriba en una alta resistencia a la corrosión que impide que los iones metálicos se lixivien y terminen en la sangre, y también en que las partículas metálicas, poliméricas y cerámicas que se puedan generar en el desgaste entre las superficies articulares de la prótesis no introduzcan una bioactividad negativa en el cuerpo humano. De ahí que las propiedades tribológicas sean también una exigencia para que estos materiales presenten una sostenibilidad de las prótesis con probabilidades de supervivencia del 90-95 % en periodos de quince o veinte años.

Una prótesis de cadera está formada por los siguientes componentes:

- i. Vástago, que siempre es metálico. Puede ser de titanio, acero inoxidable (poco utilizada) o una aleación de Cromo-molibdeno, incluso algún hierro fundido
- ii. Cabeza, puede ser metálica (Cromo- molibdeno) o cerámica
- iii. Inserto, puede ser de polímero (polietileno) o cerámica
- iv. Componente acetabular del mismo material que el vástago, siempre metálico (acero inoxidable, titanio, aleación de Cromo- molibdeno, hierro dulce)

Los materiales ideales para una prótesis de cadera o rodilla deberían cumplir los siguientes requisitos:

- i. Biocompatibles: es decir, bien aceptados por nuestro organismo, para que las partículas liberadas cuando la prótesis se desgaste no generen reacciones adversas (desgaste)
- ii. Resistentes al uso: la edad media de los pacientes que se someten a una prótesis de cadera o rodilla cada vez es menor, y por lo tanto se implantan en pacientes cada vez más activos
- iii. Económicamente sostenibles: los avances en la investigación de los últimos años tratan de aunar las dos primeras características en busca de una prótesis “sin fecha de caducidad” por desgaste.

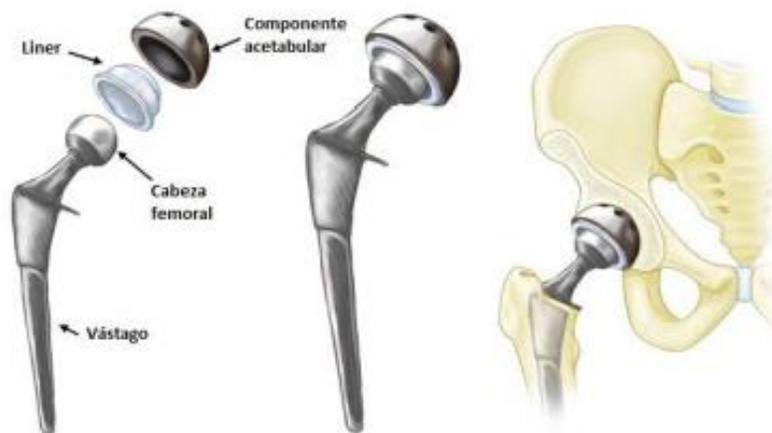
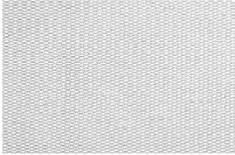


Imagen 3. Partes de una prótesis de cadera.

Prótesis de cadera completa y sus partes. Tomado Surgeons <https://www.topdoctors.mx/articulos-medicos/protesis-de-rodilla>.

Tabla 1

Materiales y equipo

Material / Equipo	Especificaciones técnicas	Imagen
	Recubrimiento	
Dióxido de titanio	Contenido de TiO ₂ . % 92.5. Tratamiento superficial. Sílica, alúmina.	
Tina de recubrimientos	Tina de acero	
Ácido sulfúrico	Formula: H ₂ SO ₄ Peso Molecular: 98.08 CAS No. 7664-93-9 Aspecto: Líquido. Color: Incoloro Olor: Inodoro Umbral olfativo: NA pH: 0.3 a 49 g/l 25°C Punto de fusión: -20 °C Punto/intervalo de ebullición Aprox: 335 °C a 1.013 hPa.	
Barras conductoras de cobre de alta pureza	Diámetro de 4mm de diámetro y 36 cm de largo.	
Fuente de corriente eléctrica	Capacidad máxima de 1.5 A y 15 V	
Rejilla de titanio	Material: titanio Tamaño: 300 * 200 mm Grosor: 0,5 mm	
Cables eléctricos con caimanes	Este clip de cocodrilo Nilight está hecho para alimentar aparatos de 12 voltios y 24 voltios de uso emergente de carcasa La protección externa de fusibles de 20 amperios asegura la seguridad en caso de cortocircuito y evita daños a los dispositivos por alta corriente de sobretensión.	

III. DISEÑO

El diseño general es el boceto del prototipo con base en una idea principal que surgió durante el inicio de este proyecto, tiene como propósito presentar de forma gráfica el aspecto final del prototipo el cual es una celda electrolítica, que servirá como medio para poder llevar a cabo el proceso de recubrimiento.

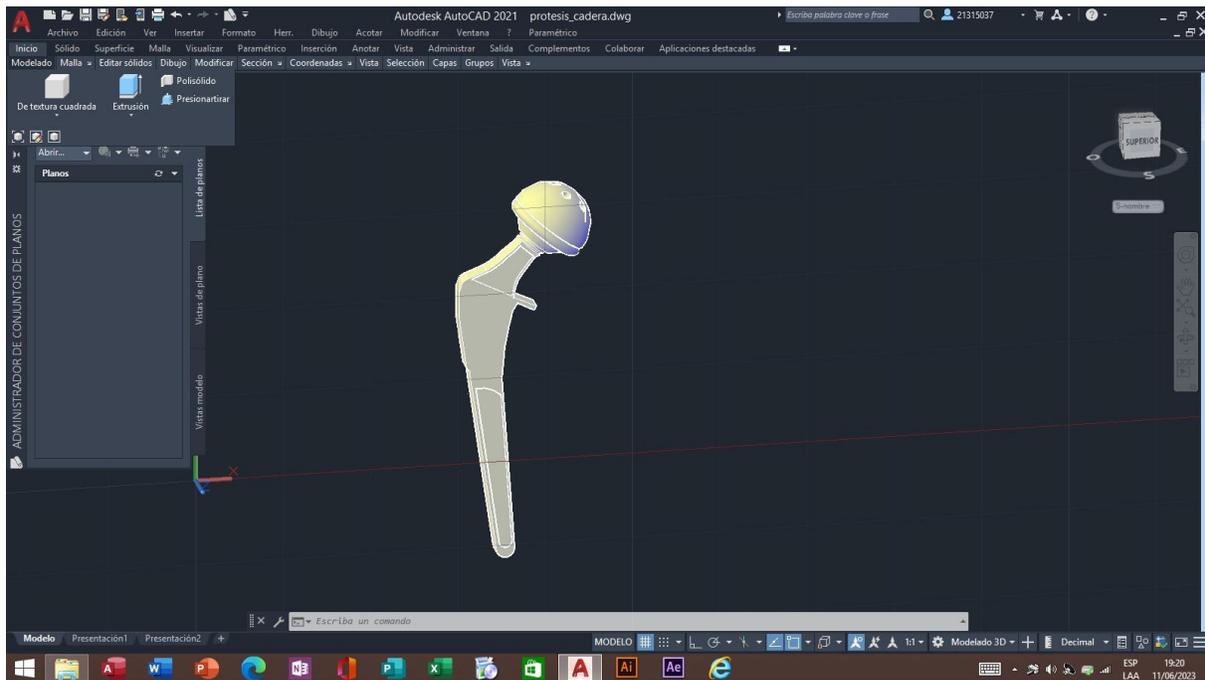


Figura 1. Diseño general de la prótesis de cadera.

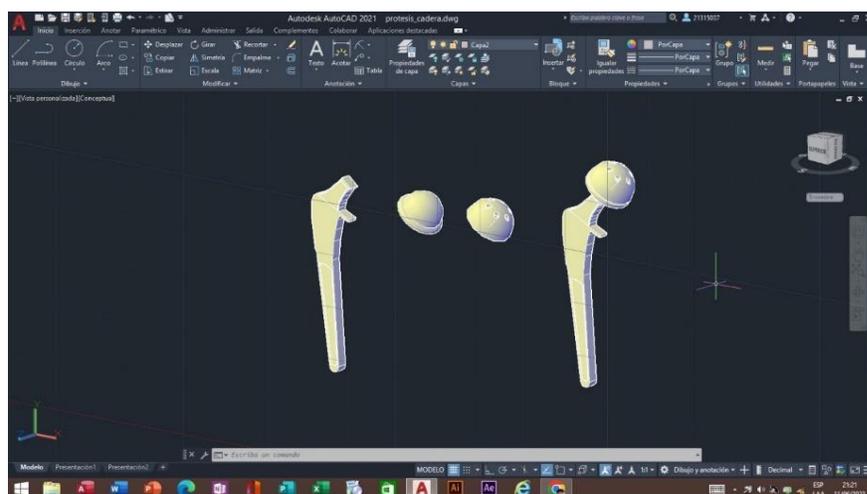


Figura 2. Modelo en 3D.

IV. CONSTRUCCIÓN

La animación es la representación gráfica en 3D del prototipo, este tiene el fin de presentar el prototipo terminado y en funcionamiento para poder pre visualizar cómo será el prototipo una vez finalice la construcción, como se realizará el ensamble y la puesta en marcha de este, con el fin de evitar errores o fallos en el diseño que afecten o interfieran en el funcionamiento.

IV. 1 PROCESO

En el estudio técnico se realizó con la finalidad de conocer el proceso de moldeo y construcción de la prótesis de cadera. Como los softwares con los que se trabaja, las características necesarias propias de una pieza de esta índole, las partes de las que se compone, los materiales de los que se dispondrá para realizar el proyecto, y a su vez ir realizando las notas y cálculos pertinentes para ir determinando la factibilidad tanto técnica como económica de este proyecto, tomando en cuenta cada una de las diversas variables e incógnitas que se presentan durante todo el proceso de construcción del prototipo y de la propia investigación.

IV.2 METODOLOGIA

Se empleará el método cuantitativo que consiste en el análisis matemático y objetivo de los datos recabados, este se llevará a cabo mediante la realización de gráficas estadísticas de acuerdo a las respuestas en las encuestas aplicadas anteriormente; de esta manera deduciremos los cambios que debe sufrir la estructura del proyecto.

Con el propósito de realizar un estudio de mercado entre la comunidad estudiantil para conocer el grado de factibilidad del Proyecto de Recubrimiento Superficial para Prótesis de Cadera en el área de Metalurgia.

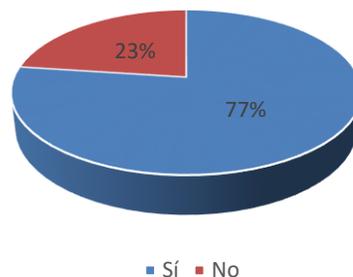
Población

A pesar de que la población en la que se realizó la encuesta es pequeña para poder bajar costos, está lo suficientemente enfocada a las personas específicas para dar validez al trabajo. En este caso, la encuesta será aplicada a alumnos de sexto semestre del CECYT No. 2.

Muestra

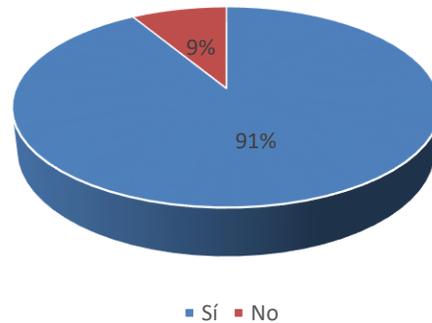
La encuesta se aplicó a un grupo de 100 alumnos y docentes de la carrera de Metalurgia de ambos turnos del CECYT No. 2, en un formato en línea en la plataforma de Google Forms, la cual se presenta en los anexos donde se agradece a los participantes.

1.1 Análisis e interpretación de resultados



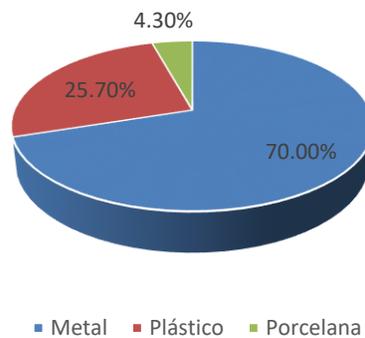
Gráfica 1. ¿Sabes que es un recubrimiento superficial?

En la gráfica 1 podemos observar que más de tres cuartas partes de los encuestados poseen conocimiento sobre lo que es un recubrimiento superficial.



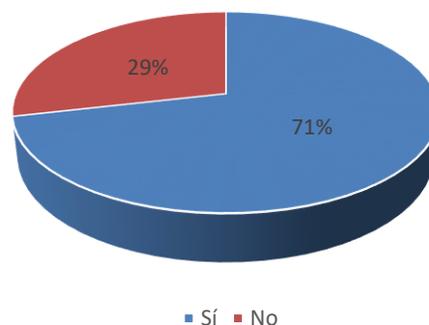
Gráfica 2. ¿Sabes qué es una prótesis?

En la gráfica 2 se muestra que la mayoría de los encuestados saben qué es una prótesis.



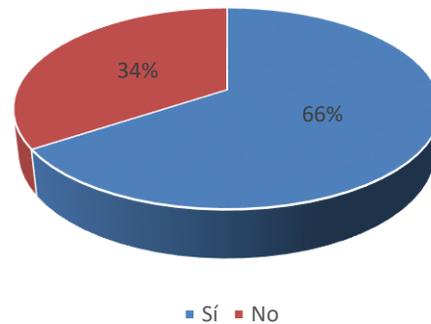
Gráfica 3. ¿Cuál consideras que es el mejor material para fabricar una prótesis de cadera?

En la gráfica 3 se observa que la mayoría de encuestados piensa que el metal es mejor material para fabricar una prótesis de cadera, otro porcentaje menor considera que es el plástico; sin embargo, la porcelana no es considerada como un buen material para este fin.



Gráfica 4. ¿Conoces cuál es la durabilidad de una prótesis?

El gráfico 4 refleja que la mayoría de los encuestados no saben cuál es la durabilidad de la vida útil de una prótesis de cadera.



Gráfica 5. ¿Consideras factible la fabricación de una prótesis de cadera en el taller de metalurgia?

En la gráfica 5 se puede observar que la mayor parte de los encuestados sí consideran factible la realización de una prótesis de cadera en el taller de Metalurgia.

La prótesis de cadera con recubrimiento de dióxido de titanio es un producto factible, desde la creación del diseño, creación de modelo, proceso de moldeo y fundición, etapa de recubrimiento. Debido a que los materiales que ocupamos fueron fáciles de conseguir y a un precio costeable. Tomando en cuenta que la mayoría de materiales y maquinaria necesaria para llevar a cabo la fabricación de la prótesis y el recubrimiento fue brindada.

Además, este es factible en un futuro ya que al ser biocompatible y de buena calidad, cumple con los requerimientos necesarios para utilizarse en el área de salud.

V. CONCLUSIONES

Gracias a los conocimientos adquiridos, al desarrollar el proceso de fundición de una prótesis de cadera en hierro dulce se observó que en los metales ferrosos sufren de efectos corrosivos, lo que es una dificultad para lograr una prótesis apta para implementarla en un paciente; por ello es importante que estas piezas no se vean afectadas por estos agentes corrosivos, a lo que se recomienda realizar un recubrimiento metálico a dichas piezas ya que son utilizados en distintas industrias, procesos alimentarios, sanitarios, médicos.

El titanio es un metal biocompatible, porque los tejidos del organismo toleran su presencia sin que se hayan observado reacciones alérgicas del sistema inmunitario. Esta propiedad de biocompatibilidad que brinda el titanio, unido a sus cualidades mecánicas de dureza, ligereza y resistencia, han hecho posible una gran cantidad de aplicaciones de enorme utilidad para fines médicos, tales como prótesis de cadera y rodilla, los tornillos óseos, placas, implantes dentales, herramientas quirúrgicas, tales como bisturís y tijeras. Una de las razones más importantes por las que el titanio es utilizado en la medicina es que el titanio en los tejidos vivos representa una superficie sobre la que el hueso crece y se adhiere al metal, formando un buen anclaje. El dióxido de titanio es una de las materias primas más usadas en los recubrimientos, es reconocida por brindar distintas propiedades incluyendo la pureza y ligereza. Durante este proceso de recubrimiento, se hace circular corriente continua entre el ánodo y el cátodo inmersos en una solución de electrolito, a voltajes elevados que inducen la formación de arcos eléctricos en la superficie del ánodo. Tras el recubrimiento con

óxido de titanio realizado en la prótesis de hierro dulce tuvo como resultado la mejora de sus propiedades mecánicas, mayor tiempo de vida, resistencia a la corrosión y oxidación, cumpliendo así con nuestro objetivo general y sin ninguna dificultad.

La prótesis recubierta en dióxido de titanio realiza en su totalidad con la función estructural y anatómica, las personas beneficiadas son aquellas con discapacidad motriz por algún traumatismo, afección en esta parte ósea, personas con enfermedades avanzadas de artrosis, artritis reumatoide y osteonecrosis. Una prótesis de cadera es la técnica de cirugía que consiste en la sustitución de la cadera parcial o total degenerada por una articulación artificial, que realice el mismo trabajo para mejorar la calidad de vida del paciente sin riesgos.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional y a la SIP por el apoyo para la realización de esta investigación a través de proyecto con clave SIP 20230383.

REFERENCIAS

- Avendaño H. (2012). Diseño y fabricación de modelos para fundición. ESIME. IPN.
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/421/avendanogarrido.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bravo, J. (2019). *Química II. Estequiometría y Compuestos Del Carbono*. Bachillerato. Editorial Éxodo. México.
- Cervero Suárez J, Noriega Fernández A. (2009). *Prótesis articulares. Clasificación y complicaciones*. In: Manual del residente de COT. Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología SECOT. Tomo 2; 16.
- Cordero, J. (2002). *La sustitución articular. Criterios de diseño en la artroplastia de cadera*. Biomateriales aquí y ahora; 173-186.
- Current list of precautionary statements. In force from 17 Octubre 2020. (2021, 23 febrero). MSDS Europe. <https://www.msds-europe.com/p-statements/>
- Darío, H. (2018). *Recubrimientos porosos de dióxido de titanio sintetizados por oxidación anódica*.
<https://www.scielo.br/j/rmat/a/LGxKMFztpKYHTmfxPvbqhF/?lang=es#>
- Electorheatnew (2013). *Qué es un horno de inducción*. <https://electroheatinduction.com.mx/que-es-un-horno-de-induccion/>
- ELGEADI Traumatología (2020). *Información sobre la prótesis de cadera*.
<https://elgeaditraumatologia.com/que-es-una-protesis-de-cadera-y-cuantos-tipos-existen/>
- Fernández A. (2016). *Estabilidad primaria en prótesis de cadera cementada y no cementada*.
<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/49969/FernandezArtegaAngel.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed
- Ferré Trenzano, J. M., & Ferré Nadal, J. (n. d.). *Los Estudios de Mercado* (1997th–192nd ed.) [Casa del Libro]. Ediciones Díaz de Santos.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=bljzSIL6o0kC&oi=fnd&pg=PR9&dq=qu%C3%A9+es+un+estudio+de+mercado&ots=hcpyaF9uA2&sig=R5XrvW4N1f_2_jF3U_q2uFBEesc#v=onepage&q=qu%C3%A9%20es%20un%20estudio%20de%20mercado&f=false
- Iizaliturri Sánchez, V. M., Mangino Pariente G, Camacho Galindo J. (2002). *Tratamiento quirúrgico de la osteoartritis en la cadera: Actualidades en artroplastia total de cadera*. Reumatol Clin. **3**(3), 57-62.

Kazanas H.C. (1983). *Procesos básicos de manufactura*. McGraw-Hill.

MITECO (2017). *Hornos eléctricos de las acerías*. Sistema Español de Inventario de Emisiones Metodologías de estimación de emisiones. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/040207-hornos-electr-acerias_tcm30-502317.pdf

Matta Valdivieso E, Alarcon Palacios M, Matta Morales C. *Espacio biológico y prótesis fija: Del concepto clásico a la aplicación tecnológica*. Revista Estomatológica Herediana [Internet]. 18jun.2014 [citado 1oct.2023];22(2):116. Available from: <https://revistas.upch.edu.pe/index.php/REH/article/view/135>

Mipsa (2021). *Los recubrimientos metálicos*. <https://www.mipsa.com.mx/2021/07/14/recubrimientos-metalicos-proteccion-funcionalidad-y-decorado-de-las-superficies>

Museo de la siderurgia. (2022). *El hierro forjado o hierro dulce*. <https://www.museosiderurgiamineriacyl.es/area-3/proceso-del-pudelado-en-hornos-y-el-hierro-de-forja-o-hierro-dulce/>

MedlinePlus (2021). *Prótesis*. Biblioteca nacional de medicina. <https://medlineplus.gov/spanish/movementdisorders.html>

Mayo clinic (2022). *Necrosis avascular*. <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/avascular-necrosis/symptoms-causes/syc-20369859>

Navarro Navarro R, Muratore Moreno G, Navarro García R. (2007). *Artroplastia total de cadera no cementada*. In: Rodríguez Hernández S, ed. *Artroplastia total de cadera Actualización Tratamiento de la artrosis y la necrosis cefálica de cadera en el adulto*. Santa Cruz de Tenerife.

Ph-Technology (2022). *Metodos de control de la corrosión*. <https://ph-technology.net/metodos-de-control-de-la-corrosion-en-la-industria/#:~:text=Los%20recubrimientos%20son%20procesos%20de,como%20acero%2C%20hierro%20o%20aluminio.>

Post, M.D. (2022). *Qué trata un neurocirujano*. <https://www.nyspine.com/blog/que-trata-un-neurocirujano/?lang=es#:~:text=Los%20discos%20son%20cojines%20de,nervios%20de%20la%20m%C3%A9dula%20es pinal.>

Quintana J. M., Goenaga JI, Azkarate J, Escobar A, Aróstegui I, Beldarrain I, Paramo S y Letona J. (1999). *Análisis de la evidencia científica sobre la efectividad y eficiencia de los diferentes tipos de prótesis de cadera*. Recomendaciones. Informe de Investigación Comisionada. https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/2000_osteba_publicacion/es_def/adjuntos/2000/d_00_07_protesis_cadera.pdf

Química Es (2020). *El Óxido de titanio (IV)*. https://www.quimica.es/enciclopedia/%C3%93xido_de_titanio_%28IV%29.html

Reliance-Foundry (2023). *Introducción a los Materiales: Metales Ferrosos y No Ferrosos*. *Metales ferrosos*. <https://www.reliance-foundry.com/blog/metales-ferrosos-no-ferrosos-es#:~:text=La%20definici%C3%B3n%20de%20un%20metal,m%C3%A1s%20com%C3%BAen%20las%20fundidoras.>

Roza P. (2019). *Tipos de prótesis de cadera*.

<https://www.mba.eu/blog/tipos-de-protesis-de-cadera/>

Samano, H. (2023). *Prótesis de cadera*. Top doctors awards.

<https://www.topdoctors.mx/articulos-medicos/protesis-de-cadera-cirugia-que-mejora-la-calidad-de-vida-del-paciente>

Sáez, D. (2021). *Cuáles son los mejores materiales para una prótesis de cadera*.

<https://drsaeztraumatologo.com/materiales-protesis-cadera/#:~:text=En%20el%20caso%20de%20la>

Salvatierra, Nancy Alicia; Oldani, Carlos Rodolfo; Reyna, Laura; Taborda, Ricardo Alberto Mario. (2009). *¿Qué es la biocompatibilidad?*. Sociedad Argentina de Bioingeniería; Revista Argentina de Bioingeniería; 15; 1; 6-2009; 28-32

Serra P. (2016). *Prótesis*. Universidad de Valencia.

<https://www.uv.es/mpisea/5f54656d615f365f5072c3b37465736973.pdf>

Traumatopedia (2021). *Tipos de prótesis de rodilla*.

<https://traumatopedia.com/rodilla/tipos-de-protesis-de-rodilla/>