



## **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE MATERIAL ÓSEO Y SUS VARIACIONES ESTRUCTURALES CON EL CARBURO DE SILICIO BIOMÓRFICO COMO REEMPLAZO PROSTÉTICO DE LA ARTICULACIÓN DE RODILLA**

Coronado-Rodríguez, Juan de Dios; Salguero-Andrade, Adrián; Aguilar-Valenciano, Francisco R; Alanís-Álvarez, Roxana Elizabeth; Marengo-Rojas, José Manuel, Moreno Vera, Yadira y García-Ramírez, Mario Alberto  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León.

### **1. Resumen:**

Los diferentes tipos de prótesis han coadyuvado en conseguir un nivel de vida lo más “normalmente” posible para un sin número de personas que han perdido algún miembro ya sea por accidente o que requieren de algún soporte mecánico para continuar con su movilidad. Los tipos de prótesis típicamente son para: cadera, rodilla, codo, clavícula, entre otros. Dentro de este espectro, la prótesis de rodilla ha sido una de las principales herramientas, como una alternativa, para el desarrollo motor de varias personas, en su gran mayoría mayores.

En este trabajo se presenta un análisis biomecánico acerca del funcionamiento de los huesos en la articulación de rodilla utilizando herramientas del estado-del-arte tales como lo son el elemento finito así como librerías de biomateriales. Para este estudio se utilizó al carburo de silicio biomórfico (bioSiC) como material base para el análisis. El bioSiC posee la capacidad de mantener la unión celular y promover el crecimiento, además de compartir propiedades mecánicas similares al tejido óseo. Éste en combinación con un recubrimiento de vidrio bioactivo reduce la fricción con el resto de los componentes protésicos así como de protección, esto como una alternativa viable para utilizarse en prótesis de rodilla.

### **2. Introducción:**

La prótesis de rodilla es un procedimiento quirúrgico en el que se realiza una separación de músculos y ligamentos hasta llegar a la capa que envuelve a la articulación y se quitan los extremos alterados por el desgaste.



A través de los años, se han desarrollado nuevos métodos y tratamientos para este tipo de prótesis. La investigación sobre los tipos de materiales que son compatibles con este tipo de cirugías y los cuales están diseñados para ser implantados o incorporados dentro del sistema vivo, han proporcionado una mejora y en ciertos casos hasta el poder regenerar tejidos así como sus funciones. Se debe tomar en cuenta, que no siempre el biomaterial es compatible con el cuerpo en cuestión, por lo que existe una gran variedad de materiales especializados para las prótesis internas.

La hidroxiapatita revestida en los tejidos mineralizados da una gran importancia en este campo, ya que es un material biocompatible, con muy buena aceptación para la aplicación biomédica. Éste es un cristal que se encuentra principalmente en huesos y dientes ya que les dota de su dureza característica. Además de ser acompañado por la colágena, los huesos presentan determinada elasticidad. En la naturaleza este material se le encuentra formando parte de rocas metamórficas. En los tejidos vivos, la hidroxiapatita y sus precursores están organizados en diferentes grupos animales como los corales, estrellas de mar, etc.

El bioSiC (Carburo de Silicio Biomorfo), es un material que no ha sido investigado lo suficiente para indicar que se es un material resistente para prótesis con un grado de desgaste como para la rodilla.

### **3. Teoría**

La rodilla es una de las articulaciones más complejas del cuerpo humano, la cual tiene como estructura: huesos, ligamentos, tendones y músculos. Esta complejidad hace que durante la operación tenga una inestabilidad de tiempo, esto depende del desgaste total que el paciente tenga.

La región de los huesos se divide en: tibia, peroné, fémur y rótula.

- El fémur es el hueso más largo y fuerte del cuerpo humano; cuya función es aguantar el peso de la cadera y transmitirlo a través de la articulación de la rodilla hacia la tibia.
- La tibia es al igual que el fémur un hueso fuerte y firme, que transmite el peso del cuerpo a la articulación del tobillo y al pie.
- La rotula o patella, es un pequeño hueso plano situado en la parte anterior a la rodilla. Tiene forma triangular, su vértice está enfocado hacia abajo y posee una superficie



anterior rugosa y una superficie posterior lisa dividida en dos carillas articulares, con la punta rugosa debajo.

- El peroné es un hueso largo y delgado, lateral a la tibia; cuenta con superficies complejas y con un borde producido principalmente por músculos que se insertan en él.

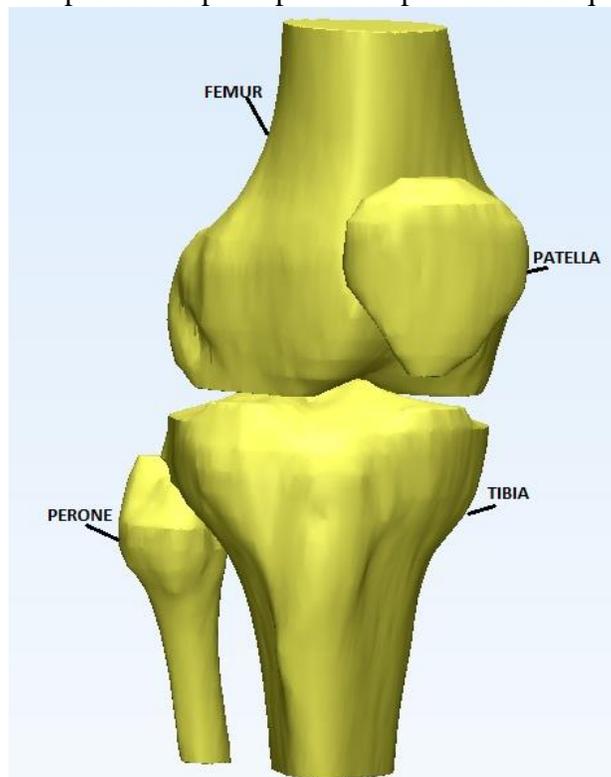


Figura 1. Diagrama esquemático de una articulación de rodilla



#### 4. Parte experimental.

Se presenta un estudio de los huesos para la articulación de rodilla mediante una tomografía y el programa *3-Matics Medical* de Mimics® se generó una simulación 3D para hacer un análisis mediante Solid Works y Comsol Multiphysics pudiendo con estos hacer un modelado del sistema mecánico muy semejante al comportamiento anisotrópico del material óseo.

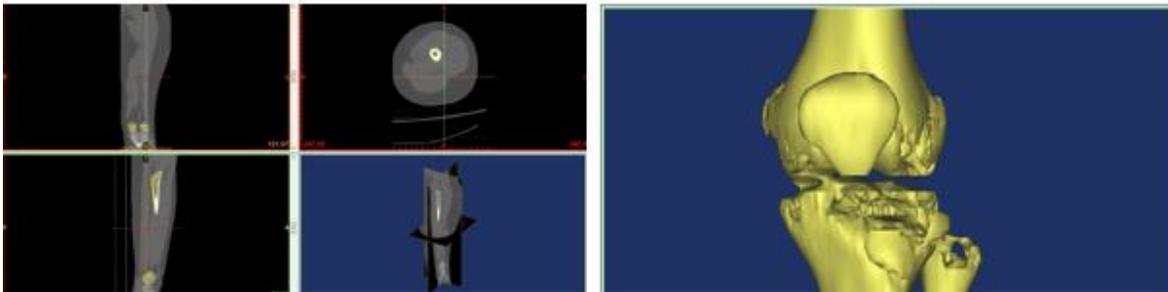


Figura 2. En las figuras se observa como se obtuvo la imagen en 3D. a) Lado izquierdo, se muestra las imágenes Dicom obtenidas de la tomografía. Aquí se presenta un arreglo de tres cortes, los cuales a través del programa le dieron el volumen a la imagen, b) Lado derecho, se puede observar la imagen en 3D del programa Mimics con algunos defectos obtenidos de la imagen en 2D. Estos defectos se deben principalmente a que ésta es una imagen a partir de datos reales.

Analizamos la estructura de la rodilla en Mimics®, un software que es utilizado para el diseño y modelado en 3D, seleccionando primero un hueso en específico para analizarlo.

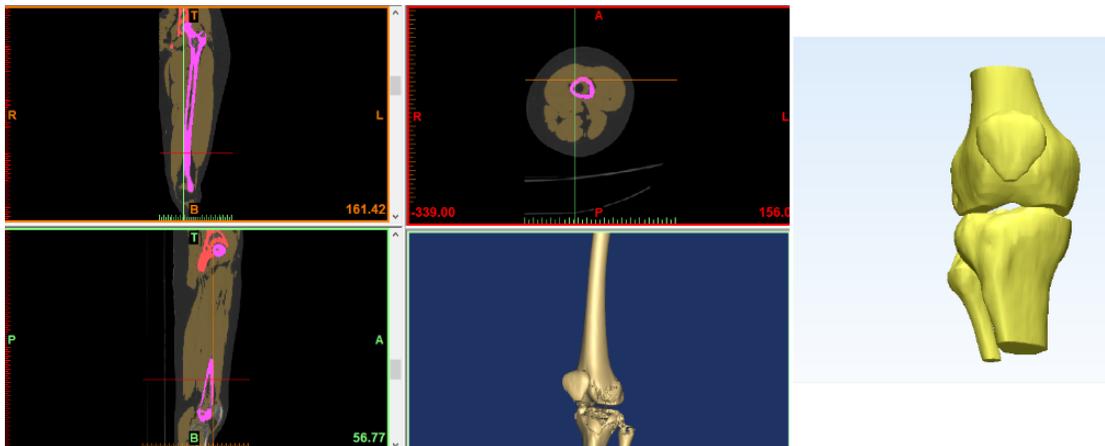


Figura 3. Se realizan una serie de correcciones sobre la imagen y se presenta la figura en 3D del programa 3-Matics.

Después de obtener la pieza la exportamos al programa 3-Matic también de Materialise para crear de una manera más eficiente las texturas y los patrones a seguir y al mismo tiempo mejorar la calidad el mallado de la pieza.

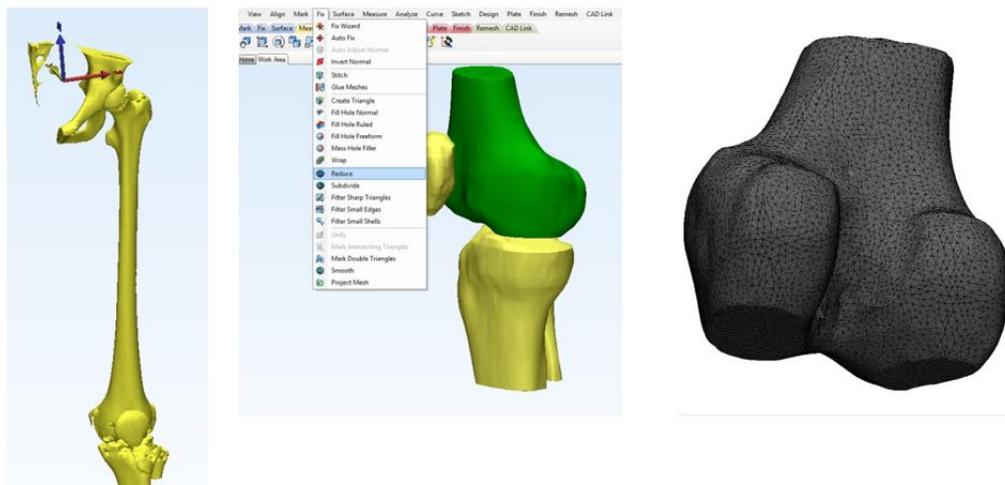


Figura 4. Procesamiento de la pieza para poder implementar un análisis a través del mallado y alisado de la pieza.



Después de haber mejorado considerablemente el mallado en la pieza, como consecuencia nos indica que el hueso se muestra de una forma alisada, lo cual nos indica que está listo para exportarlo al programa de SolidWorks software CAD para analizarlo a través de un modelo mecánico. Con este análisis sobre nuestra pieza, se consigue la información faltante para complementar el análisis.

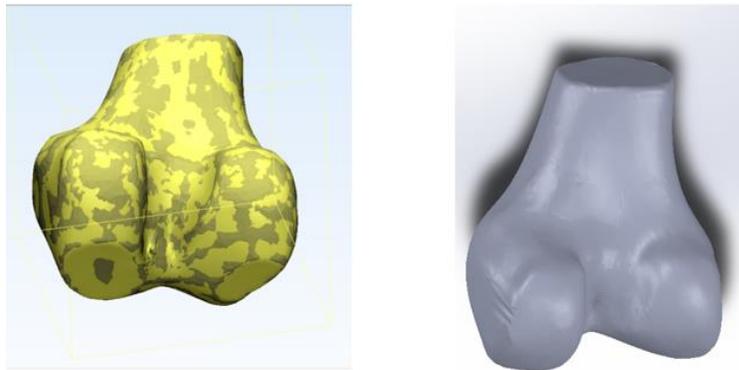


Figura 5. Reducción total del mallado y presentación de la pieza en 3D para SolidWorks.

El comportamiento anisotrópico del hueso proporciona una complejidad para la emulación del mismo. Los materiales metálicos que actualmente se usan para las prótesis corren el riesgo de rechazo o de oxidación por los fluidos corporales; además de que los metales cuentan con una buena resistencia y rigidez mecánica produciendo un apantallamiento de esfuerzos, esto debido a que el hueso responde a la tensión de forma distinta. El material óseo tiende a remodelarse dependiendo de la carga y el apantallamiento de esfuerzos deteriora su calidad.

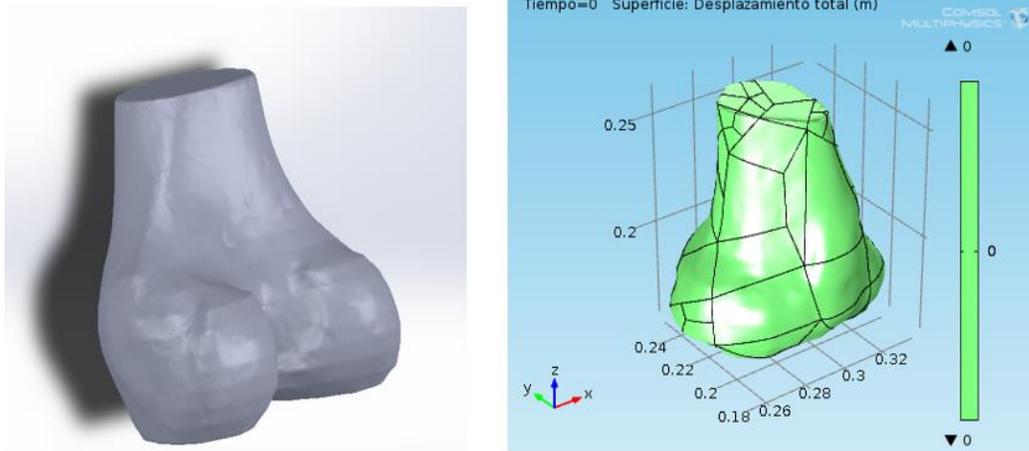


Figura 6. Comparación de los modelos en 3D entre SolidWorks y Comsol.

El bioSiC posee la capacidad de mantener la unión celular y promover el crecimiento, si y sólo si este material es biocompatible y cuenta con propiedades mecánicas muy parecidas al material óseo; a este material se le puede recubrir con vidrio bioactivo para tener una protección y reducir la fricción con el resto de los componentes protésicos. Actualmente las prótesis usan metales con recubrimiento de hidroxiapatita, es posible por sus respuestas mecánicas hacer una simbiosis de bioSiC con recubrimiento de hidroxiapatita para dar respuesta a una prótesis que mimetice las propiedades del hueso.

### 5. Conclusiones:

La estructura de la rodilla fue extraída a partir de imágenes de tomografía. Éstas a través del software 3-Matics Medical de MIMICS®, generaron una estructura en 3D, la cual se exportó a Solid Works para detallar ciertos aspectos de la articulación de hueso. Una vez que la estructura en 3D fue apropiadamente detallada, se procedió a su análisis biomecánico a través de Comsol Multiphysics. Como resultado de este análisis se encontró que la estructura de la articulación del hueso de rodilla simulada a partir de bioSiC es un candidato muy prominente para usarse como prótesis de rodilla.

### Bibliografía.

- Anatomía Funcional Biomecánica. Rene Cailliet. Editorial Marbant, 2006



- Anatomía. Palpación y localización superficial. Derek Field. Editorial Paidotribo. 2001
- Boletín de la sociedad española cerámica y vidrio, Vol. 41 Núm. 4 Julio-Agosto 2002. Artículo. Fabricación y propiedades del carburo de silicio biomórfico: maderas cerámicas F. M. VARELA FERIA, A. R. DE ARELLANO LÓPEZ\*, J. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ Dpto. de Física de la Materia Condensada. Universidad de Sevilla. Apdo. 1045. 41080 Sevilla
- Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, vol. 9, núm. 2, diciembre, 2006. La hidroxiapatita, su importancia en los tejidos mineralizados y su aplicación biomédica. Margarita Victoria García-Garduño y José Reyes-Gasga.