

## DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PROTOTIPO FUNCIONAL DE PROTESIS TOTAL DE RODILLA POLICENTRICA Y PIE

Menghini, Matías

UID – GEMA, Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería de La Plata  
Calle 48 y 116 La Plata. CP 1900. Contacto: [matias.menghini@ing.unlp.edu.ar](mailto:matias.menghini@ing.unlp.edu.ar)

**Palabras Claves:** Prótesis, Rodilla policentrica, pie.

### INTRODUCCIÓN

El ser humano ha logrado a través de su creatividad y de los nuevos descubrimientos tecnológicos, cubrir las necesidades que se le presentan, logrando materializar herramientas que le hacen la vida más sencilla. Estas necesidades no sólo involucran las que son externas a él, como el crear distintos dispositivos o herramientas de trabajo, se le han presentado necesidades que afectan su propio cuerpo. Una de ellas es la falta de una o varias de sus extremidades. Existe un alto porcentaje de casos de pérdidas de miembros a causa de accidentes, así como daños de origen congénito que pueden tener como resultado agenesia o disgenesia de una extremidad teniendo un mayor impacto en la población con escasos recursos.

La discapacidad física de miembro inferior, afecta a miles de personas entre las cuales están los amputados transfemorales, quienes no tienen la articulación femoro-tibial móvil y a quienes se les dificulta la movilidad, y en general las actividades cotidianas, debido a la utilización de muletas para moverse.

En nuestro país, las prótesis que se utilizan de miembro inferior, son importadas, dependiendo de las características y ventajas modernas de las mismas, entre más modernas, más caras, así como más cómoda y funcional

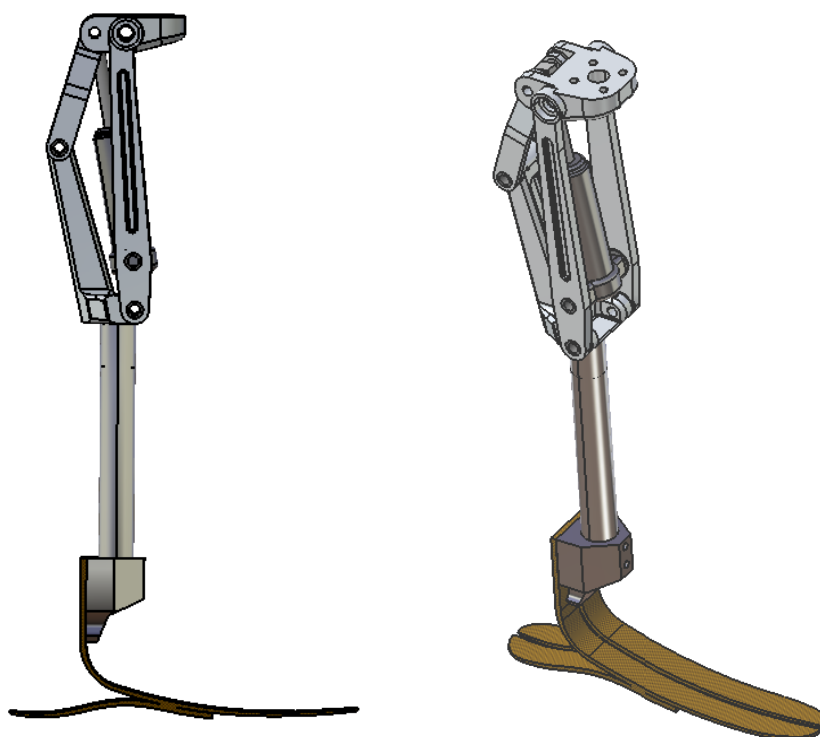
El costo monetario es alto para personas que desean recuperar parte de las acciones cotidianas de su vida, y por ello este no debe ser un impedimento para acceder a esa oportunidad. Cada ser humano que necesite una prótesis, es diferente, con necesidades distintas, por ello que el diseño debe ser de gran versatilidad a la hora de adaptarse de manera eficiente a los distintos usuarios.

Por lo expuesto anteriormente se infiere que la necesidad de una prótesis es un problema que ha existido desde mucho tiempo atrás, el cual a través de los años ha tenido la responsabilidad de proponer una solución que permita al paciente realizar sus actividades cotidianas de la forma más natural posible, con el menor costo y al alcance de quien lo necesite.

La respuesta a dicha problemática que representa una amputación del miembro inferior que contemple la solución más confiable, es un mecanismo policéntrico de cuatro barras el cual se integrara al pie, para dar a lugar a una prótesis total de rodilla y pie que es lo que se realizó.

En este contexto se reconoció la necesidad de potenciar el desarrollo de este tipo de prótesis, a fin de poder por un lado evitar los elevados costos de las prótesis importadas, pero quizás más importante aún, contar con la soberanía de dichos dispositivos y que los mismos estén al alcance de quienes los necesiten, sin importar clase social.

El desarrollo realizado, consistió en el diseño y construcción de un prototipo funcional de una prótesis de rodilla de tipo policéntrico, y un pie flexible en materiales compuestos, el cual tiene la ventaja de poseer gran flexibilidad y resistencia proporcionada por estos materiales. Ambos diseños se basaron en la facilidad de incorporarse a prótesis modulares y a ponerlos al alcance de quien requiera estos dispositivos, en forma conjunta o separada.



Prótesis total de rodilla policéntrica y pie

## DISEÑO DE LA PROTESIS DE RODILLA

En la actualidad existen diversos tipos de prótesis de articulación de rodilla, que se basan en dos mecanismos principalmente, el de tipo bisagra o de eje simple y el policéntrico; el de tipo bisagra o eje simple, es más sencillo y tiene limitaciones, ya que en virtud de su simpleza, no tienen control de postura y los pacientes amputados deben de hacer uso de su fuerza muscular para mantenerse estables cuando se encuentran de pie; por otra parte, el mecanismo de tipo policéntrico es más complejo, actualmente es el más eficiente porque tiene mayor estabilidad en la marcha que el de tipo bisagra y no se necesita fuerza muscular para mantener el equilibrio.

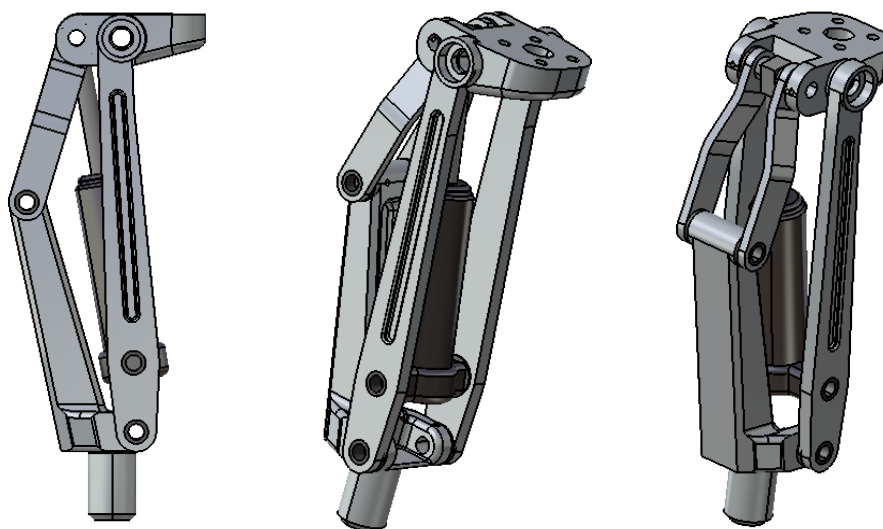
La gran ventaja del arreglo policéntrico es que permite la estabilidad de la rodilla cuando se hace contacto con el talón y reduce la estabilidad al momento del despegue de la punta del pie, con ello se incrementa la distancia de contacto con el piso y se reduce la posibilidad de tropiezo. Al realizar las investigaciones de la anatomía y biomecánica de la rodilla se determinó que los elementos principales que intervienen en la estabilidad y la movilidad, son básicamente 4 ligamentos (en los cuales está basada la prótesis), los ligamentos colaterales, los ligamentos cruzados anterior y posterior. En la posición de postura de pie, la línea de gravedad del cuerpo cae aproximadamente a través del eje de la articulación de la rodilla en extensión completa, el brazo de momento de la línea de la gravedad es de cero, por lo tanto no se necesita fuerza muscular para mantener el equilibrio en postura de pie.

Las prótesis de rodillas policéntricas, son sistemas de cuatro barras, porque tienen cuatro eslabones rígidos y cuatro puntos de pivote. El diseño es más complejo ya que está formado por centros múltiples instantáneos de rotación; esencialmente consta de articulaciones anteriores y posteriores. Esta complejidad optimiza algunas características de la marcha, incrementando los niveles de estabilidad en la fase de apoyo y brindando mayor naturalidad al movimiento de oscilación.

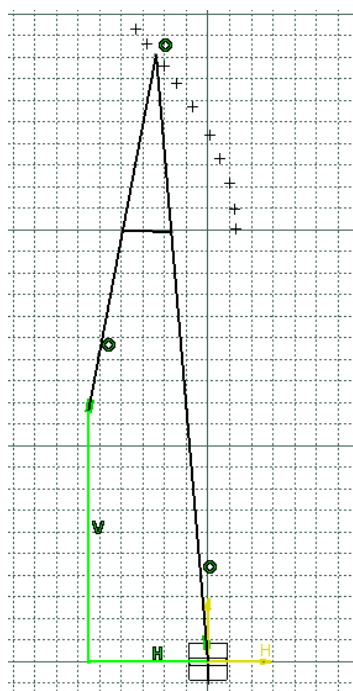
En este diseño, la suma de las rotaciones policéntricas potenciales, determina un centro instantáneo de rotación para cada instante del movimiento de la prótesis. La estabilidad en los mecanismos policéntricos es determinada por la distancia de sus centros instantáneos de rotación, cuanto mayor es la distancia, mayor es la estabilidad inherente del dispositivo durante la fase de la postura recta o de pie.

El diseño incorpora además, un cilindro neumático para permitir el control de giro con una velocidad variable para la marcha.

A partir de las investigaciones, cálculos y resultados realizados se propuso un diseño mecánico haciendo uso del programa de diseño CATIA, donde se evaluaron las formas, el tamaño y simulaciones del movimiento.



*Diseño de Prótesis de rodilla*

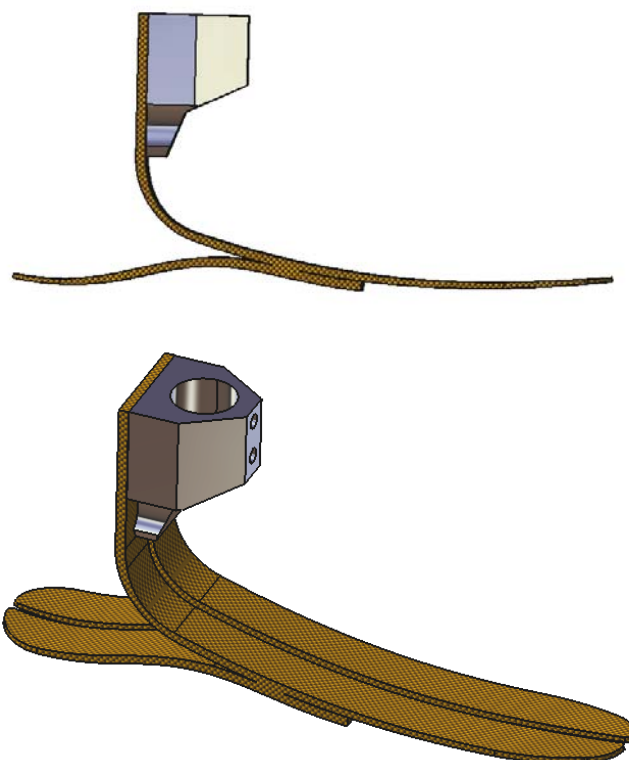


Variación de centro Instantáneo de rotación durante el movimiento

## DISEÑO DE PROTESIS DE PIE

Existen distintos tipos de prótesis de pie, dentro de las cuales se encuentran dos grandes grupos: los rígidos y los flexibles. Las prótesis rígidas son las más utilizadas por su sencillez, ya que solamente lo que se busca es una superficie de apoyo para poder descargar el peso de la persona al piso, esto tiene el inconveniente de que durante la marcha el paciente experimente una serie de choques, que no son beneficiosos.

Por otro lado las prótesis flexibles, se dividen en dos grupos, dentro de las cuales están las articuladas y las propiamente flexibles, en las cuales se emplean materiales compuestos para su diseño y fabricación. En este marco se diseñó una prótesis de pie en materiales compuestos con el objeto de brindar confort y estabilidad al caminar.



Prótesis de pie

### 4. CONSTRUCCION DE PROTOTIPO FUNCIONAL

Para la construcción del diseño propuesto, debido a que inicialmente se trataba de realizar solamente un prototipo funcional de las prótesis diseñadas, se construyeron las mismas con materiales convencionales con los que se contaba, con el fin de determinar el correcto funcionamiento del diseño planteado. Para la misma se utilizaron diversos materiales y partes, entre ellos materiales pertenecientes a un helicóptero, sobrantes de aluminio utilizado en la construcción del satélite argentino SAC-D Aquarius y partes de automotores, como ser resortes pertenecientes a pedaleras de embrague etc.

Por otro lado para la construcción del pie flexible, el mismo se realizó en materiales compuestos, plástico reforzado (fibra de vidrio y resina poliéster) y aluminio, el cual brinda la interface con mástil que lo vincula con la prótesis de rodilla.



*Construcción de prototipos funcionales*

## 5. CONCLUSIONES

Las pruebas funcionales que se realizaron fueron satisfactorias, en el modo de marcha, sentado y en posición de pie. Las prótesis permitían caminar sin mayor esfuerzo a una persona que no contaba con discapacidad alguna, pero si simulando el funcionamiento real de la misma, para lo cual se realizó una serie dispositivos para acoplar la prótesis en forma paralela a una de las piernas de la persona que realizaba la prueba. La prótesis se colocó de dos a tres centímetros más baja, y el otro pie de apoyo poseía una pequeña plataforma para que el mismo y la prótesis quedaran a la misma altura, y el otro en el aire. De esta manera la

prótesis toma todos los esfuerzos y movimientos durante la prueba. A continuación se presentan una serie de imágenes de unas de las pruebas caminado y sentándose en una silla.



Secuencia de imágenes de prueba caminando



Secuencia de imágenes de prueba de sentado

#### 4. REFERENCIAS.

[1] Otto Bock HealthCare, "Prótesis de rodilla".

[http://www.ottobock.com/cps/rde/xchg/ob\\_com\\_en/hs.xsl/611.html](http://www.ottobock.com/cps/rde/xchg/ob_com_en/hs.xsl/611.html)

[2] C.W. Radcliffe, "Four-bar linkage prosthetic knee mechanisms: kinematics, alignment and prescription criteria", Mechanical Engineering, University of California Berkeley, ISPO, Prosthetic and Orthotics International, Vol. 18, 159-173, 1994.