



Exotraje que facilita el levantamiento de grandes cargas de peso

____CIN2018A20205

Escuela: _____
Colegio Alemán Alexander von Humboldt, Plantel Sur

Autor (es):
Rodrigo Hernández Hernández

Asesor(es): Rodrigo Guadarrama Almeida

Área de conocimiento: Ciencias Fisicomatemáticas y de las Ingenierías
Disciplina: Mecatrónica y Robótica

Tipo de investigación Experimental

Lugar y Fecha: Ciudad de México, 16 de febrero de 2018

Resumen

El hombre siempre se ha visto en la necesidad de levantar grandes cantidades de peso a lo largo de su existencia. En muchos casos se han empleado máquinas

que facilitan el trabajo en las tareas que requiera de un esfuerzo físico para el hombre. En la actualidad, existen infinidad de máquinas que facilitan estas tareas; sin embargo, en muchos casos las máquinas pueden tener alto riesgo para la integridad del operador así para las la de las personas que se encuentran a sus alrededor.

Un exotraje simula los movimientos del ser humano, ya que se puede colocar sobre sus articulaciones, además de brindarle características específicas, las cuales pueden ir desde otorgar mayor fuerza y movilidad.

Actualmente, hay infinidad de exotrajés en desarrollo, pero aún falta mucho sobre el desarrollo de las tareas humanas. La propuesta que presento es un exotraje sencillo de manejar, económico de producir y que cuente con características que faciliten las tareas de carga pesada; además, no compromete la integridad del ser humano. La idea de fabricar este exotraje, fue a raíz de los sismos ocurridos en septiembre 2017, por la necesidad de levantar enormes cantidades de peso y salvaguardar la integridad de las personas.

Abstract

Man has always been in need of lifting large amounts of weight throughout its existence. In many cases machines have been used that facilitate work in tasks that require a physical effort. Currently, there are many machines that facilitate these tasks; however, in many cases the machines can have high risk for the integrity of the operator as the people around them.

An exotrament simulates the movements of the human, since it can be placed on the joints, as well as providing specific characteristics, which can range from giving greater strength and mobility.

Currently, there are many exotrajés in development, however there is a shortage on the development of human tasks, the proposal that I present is an exotraje simple to manage, economical to produce and that has features that facilitate the heavy load tasks, besides it does not compromise the integrity of the human being. The idea of manufacturing this exotraje, was in the wake of the earthquakes that occurred in September 2017, due to the need to lift huge amounts of weight and safeguard the integrity of people.

Introducción

Planteamiento del problema

En los sismos ocurridos el 7 y 19 de septiembre 2017 se hizo evidente, que el hombre necesita del apoyo de maquinaria para levantar grandes cantidades de peso. Los buldóceres que se emplearon, implicaron un riesgo a la integridad de las personas que los operaban, así como de la estructura que se pretendía remover en los escombros. Gracias a la Biomecánica ahora es posible imitar los movimientos del ser humano. En este proyecto presentó un exotraje capaz de levantar grandes cantidades de peso. Investigadores tales como Peter Cavanagh, Vladimir Zatsiorsky, Virginia Fortney y Richard Nelson, han sentado las bases para el desarrollo de las nuevas formas en las que la Biomecánica se puede aplicar para imitar los movimientos del ser humano. El exotraje, no sólo se plantea para utilizar en casos de emergencia, sino también cuenta con infinidad de posibilidades, las cuales engloban levantar cargas mayores de 200 kg.

Justificación

Este proyecto se realizó pensando en las deficiencias que presenta el ser humano al realizar una tarea en la que este requiera de mucha fuerza; sin embargo, el exotraje tiene como finalidad facilitar, de una manera significativa en las catástrofes naturales, donde se requiera que se remueven grandes cantidades de escombros, De esta manera, las labores de los rescatistas serían mucho más rápidas y eficientes. Aun si el exotraje se usa en labores humanitarias éste tendría un gran impacto en la industria y la construcción de edificaciones, debido a que sus características que posee son de gran utilidad para sustituir a las enormes máquinas que se usan en estos lugares. Ya se ha probado la efectividad de los exotrajés, un ejemplo de este es el exotraje “Hal-5” el cual le proporciona al hombre una fuerza mayor a la que esta posee y no sólo eso permite a la gente discapacitada en cuestión de caminar pueda volver a hacerlo. Este exotraje a diferencia del “Hal-5” no contara con tanto peso, y su fabricación será mucho más

sencilla para que de esta manera pueda haber más de los trajes y sus utilización no sea tan costosa. Los problemas que presenta el hombre para el levantamiento de grandes cantidades peso se resolverán gracias a las cualidades que presenta el traje, y no solo eso este será sencillo de manejar y en extremo ligero, para que sea más cómoda su utilización.

Objetivo general y específicos

El objetivo general es diseñar un exotraje que facilite las tareas del humano, para levantar una cantidad de peso de alrededor de 200 a 250 kg sin que éste ponga en riesgo a su integridad física.

Los objetivos específicos consisten: en un prototipo ligero, sencillo de manejar y resistente que funcione a base de pistones y palancas para que facilite levantar una cantidad de 200 kg a 250 kg.

Hipótesis o conjeturas

Es posible que el exotraje consiga darle al hombre la fuerza necesaria para las tareas en la cual este lo requiera, sin la necesidad de que necesite de un esfuerzo físico para la realización de la tarea que se busque resolver. Además de que este le brinde la seguridad necesaria para no ver comprometida su integridad.

Fundamentación teórica

Significado de exoesqueleto

Exo viene de la palabra “fuera”, siendo opuesto al esqueleto interno en los humanos, que soporta a todo el cuerpo, el exoesqueleto es un blindaje externo al cuerpo que ayuda a soportarlo y aumenta su fuerza. Para la construcción de este exoesqueleto se plantea ubicar pistones y palancas en las cuatro extremidades del ser humano y no solo eso sino también en la espalda para que este soporte grandes cantidades de peso.

Grados de libertad y rango de movimiento

Hay muchos factores a considerar en el diseño de un exotraje, sin embargo los dos factores principales son:

Grado de libertad: Determinan el número de actuadores para que el exoesqueleto realice el ciclo de marcha del ser humano y las variables a controlar para definir el tipo del sistema de control.

Rango de movimiento: En los exoesqueletos diseñados para caminar los rangos de movimiento son siempre mayores que los que están en fase de estancia, por lo tanto deben ser grandes para evitar cualquier restricción del miembro inferior durante la fase de locomoción.

Concepto de pistón

Se denomina pistón Se trata de un émbolo que se ajusta al interior de las paredes del cilindro mediante aros flexibles llamados segmentos. Efectúa un movimiento alternativo, obligando al fluido que ocupa el cilindro a modificar su presión y volumen o transformando en movimiento el cambio de presión y volumen del fluido. En todas las aplicaciones en que se emplea, el pistón recibe o transmite fuerzas en forma de presión de a un líquido o de a un gas.

Transmisión de potencia

Una fuerza mecánica, trabajo o potencia es aplicada en el pistón A. La presión interna desarrollada en el fluido por su la densidad ejerciendo una fuerza de empuje en el pistón B. Según la ley de Pascal la presión desarrollada en el fluido es igual en todos los puntos por la que la fuerza desarrollada en el pistón B es igual a la fuerza ejercida en el fluido por el pistón A, asumiendo que los diámetros de A y B son iguales y sin importar el ancho o largo de la distancia entre los pistones, es decir por donde transitará el fluido desde el pistón A hasta llegar al pistón B.

Concepto de palanca

La palanca es una máquina simple que se emplea en una gran cantidad de aplicaciones. La palanca fue uno de los primeros mecanismos utilizados por

hombre. La palanca está constituida por una barra rígida, un punto de apoyo o fulcro, y dos o más fuerzas presentes. La distancia que hay entre el punto de apoyo y el lugar donde se ejerce la fuerza, se denomina brazo.

Ley de la palanca

Galileo Galilei cito: “Dadme un punto de apoyo y moveré al mundo”. En realidad obteniendo ese punto de apoyo y utilizando una palanca lo suficientemente grande eso es posible. Con los cuatro elementos tecnológicos de la palanca se elabora la denominada Ley de la palanca la cual cita “La potencia por su brazo es igual a la resistencia por el suyo”.

Tipos de palancas

La ubicación del fulcro respecto a la carga y la potencia o esfuerzo definen el tipo de palanca.

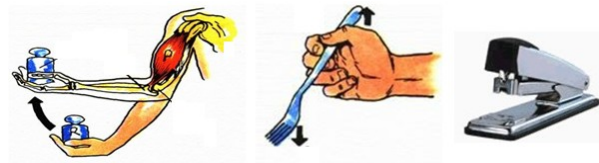
Palanca de primer tipo: Se caracteriza por tener el fulcro entre la fuerza a vencer y la fuerza a aplicar. Esta palanca amplifica la fuerza que se aplica, es decir, consigue fuerzas más grandes a partir de otras más pequeñas.



Palanca de segundo tipo: Se caracteriza porque la fuerza a vencer se encuentra entre el fulcro y la fuerza a aplicar, algunos de los ejemplos más comunes son los encontrados en carretillas, destapadores de botellas y rompe nueces.

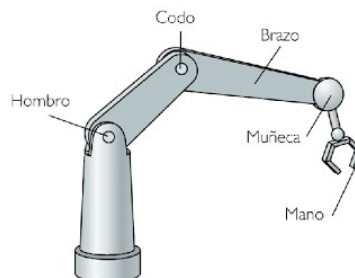


Palanca de tercer tipo: Se caracteriza por ejercerse la fuerza “a aplicar” entre el fulcro y la fuerza a vencer. Esta palanca se puede encontrar fácilmente en el movimiento del brazo humano.



Brazo hidráulico

Un brazo hidráulico es una estructura o aparato mecánico que se divide en tres partes unidas entre sí y que se pueden mover independiente mente una de la otra y dichos movimientos son realizados por aumento o disminución de la presión ejercida.

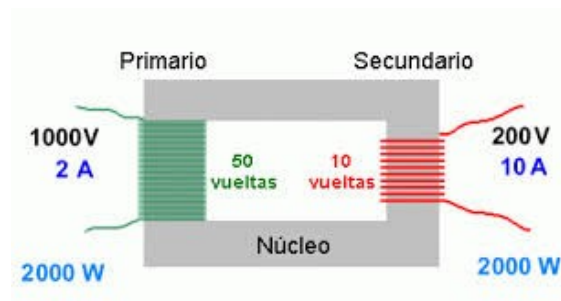


Aplicación de las planchas en el brazo hidráulico

El tipo de palanca que se utilizará para este proyecto es la de tipo tres, ya que en este tipo de palancas la fuerza aplicada debe ser mayor a la fuerza a levantar y en las situaciones que se plantean resolver es de vital importancia levantar objetos pesados.

Transformadores de corriente

Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia.



La primera bobina se conecta a la C.A (corriente alterna) esta genera un campo magnético que induce a la corriente a través de un núcleo de metal hacia la bobina secundaria en la cual la corriente sale ya transformada.

Biomecánica del ser humano

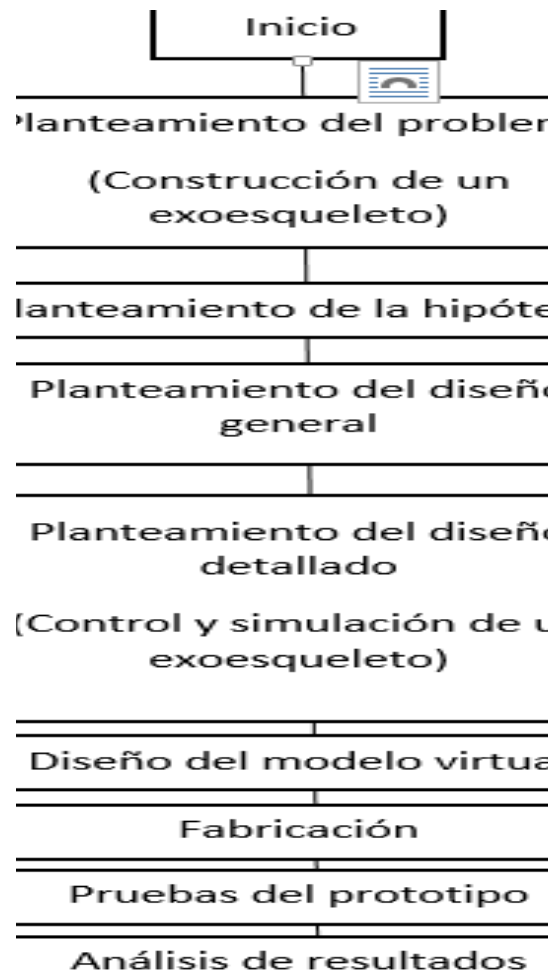
Se denomina biomecánica al análisis de la mecánica del movimiento del cuerpo humano. Se trata de la ciencia que explica cómo y por qué el cuerpo humano se mueve de la forma que lo hace.

Es una ciencia que utiliza los principios y los métodos de la mecánica (una parte de la física), para el estudio de los seres vivos desde el punto de vista del movimiento. La mecánica es la parte de la física que estudia el movimiento de los cuerpos. También estudia la falta de movimiento (equilibrio), en relación con las fuerzas que la provocan; en los seres humanos es la biomecánica y al igual que la mecánica podemos dividirla así:

1. Cinemática
2. Dinámica
 - 2.1. Estática
 - 2.2. Cinética

Metodología de la investigación

En la simulación y la construcción del exoesqueleto se empleó el uso de una bitácora. La planeación de este se basó en:



Como principales características requeridas en la planeación y simulación para la ejecución de modelos en los cuales se obtengan generaciones automáticas y validaciones globales en los resultados, se deben tener presentes:

La Flexibilidad: Que se una herramienta disponible para la adaptación o modificación que esté presente durante el diseño.

La Modularidad y escalabilidad: Debe tener la posibilidad de validar sistemas y los distintos ambientes de trabajo en que se encuentren cuando nuevos componentes o funciones se agreguen.

La Precisión: Debe permitir al diseñador escoger los niveles de precisión, y dependiendo de estos puede dividirse en dos consideraciones que deben existir: tiempo de validación y validación funcional.

Análisis de sistema

Para mantener un sistema funcional es necesario realizar estudios específicos considerando propiedades tales como las mecánicas electrónicas y sistemas de potencia. Esto ayudará a que el esqueleto no presente una sobrecarga de potencia a la hora de realizar un trabajo manual.

Por ello, se realizarán análisis antes de la construcción del prototipo, algunos de los análisis más importantes se presentara a continuación.

- a) Modelo de piezas: Tener animaciones electrónicas para el producto final.
- b) Elemento de esfuerzos: Este estudio nos permitirá conocer la distribución de los esfuerzos a los que están sometidas las piezas.
- c) Cinemático: Conocer los ángulos y posiciones finales que se desean obtener, además de conocer la trayectoria de cada eslabón y la posición de cada articulación en cada momento.
- d) Dinámico: Ayudará a conocer el tipo de fuerzas que estarán presentes durante el desenvolvimiento del sistema.

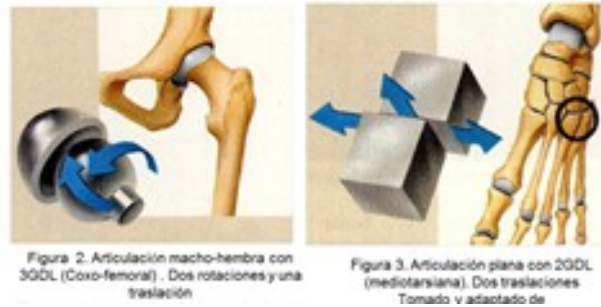
Rangos de movimiento de las articulaciones.

El cuerpo humano es una unidad totalmente dinámica que se fracciona en una serie de componentes segmentales. Cada segmento está unido por una o más articulaciones que ayudan y también restringen su capacidad teórica total de movimiento. Este concepto se ha denominado la teoría de los grados de libertad (GDL) del movimiento

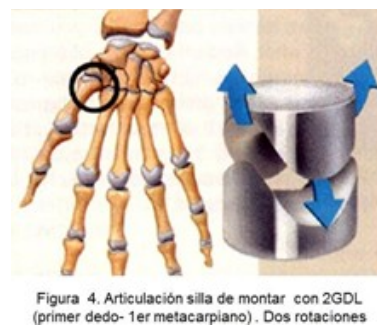
Los grados de libertad (GDL) de una articulación son definidos como las coordenadas independientes requeridas para caracterizar completamente un cuerpo, sistema o posición.

Las articulaciones diartrosis (sinoviales) o móviles del cuerpo humano poseen mayor o menor número de GDL y son clasificadas teniendo 1, 2, o 3 GDL. El número máximo teórico de GDL por cada articulación es de 6 si estuviesen suspendidas en el espacio pero este no es el caso del cuerpo humano que esta interconectado.

Las articulaciones planas (Inter-metacarpianas) y macho-hembra (Coxo-femoral o Gleno-humeral) tienen tres grados de libertad ·GDL (ver figuras 2 y 3).



Las articulaciones de silla de montar y elipsoidales permiten movimientos rotacionales hacia atrás y hacia delante, arriba y hacia abajo pero no permite rotación transversal por consiguiente son del tipo 2 GDL (ver Figura 4)



Con un grado de libertad son llamadas mecánicamente en bisagra o gozne o pivót y permite la retracción o extensión de uno de los extremos (ver Figura 5).



Una manera de clasificar las articulaciones es con base en su función o cantidad de ejes que posee

Uní-axiales: Representan aquellas articulaciones donde el movimiento angular se realiza en un solo eje. Un ejemplo es la articulación del codo (húmero-luneta), la cual permite flexión y extensión alrededor de un eje frontal-horizontal o sea 1 GDL.

Bi-axiales: Permiten movimientos en dos ejes diferentes. Por ejemplo, la articulación a nivel de la muñeca (radio-carpiana) permite movimientos de extensión y flexión alrededor de un eje frontal-horizontal, y abducción y aducción alrededor de un eje sagital-frontal o sea 2GDL

Tri-axiales: En estos tipos de articulaciones, los movimientos se producen en tres ejes. El ejemplo clásico es la articulación del hombro y cadera permiten flexión y extensión alrededor de un eje frontal-horizontal, abducción y aducción alrededor de un eje sagital-frontal y rotación alrededor de un eje vertical o sea 3 GDL

No-axial: Éstas solo permiten pequeños movimientos de deslizamiento (movimiento no axial pero es trasnacional). Por ejemplo, la articulación formada entre los huesos carpianos y metacarpianos de la muñeca y tobillo respectivamente o sea 1 GDL

Control y simulación del Exotraje

La simulación inicial del modelo mecánico para hacer el control, es simplificar el modelo en eslabones, es decir sólo considerar el modelo vectorial, además del peso y la altura en la simulación. El modelo simplificado de la representación de la pierna es con tres eslabones: la unión cadera-rodilla, rodilla-tobillo y tobillo-pie, incluyendo sus respectivas uniones. Todas las uniones son de revolución y tienen sensores que van con el actuador.

La fuente de energía que se utiliza para el exoesqueleto es la pila de iones de litio gracias a los transformadores es posible aumentar su carga eléctrica para que esta alimente de una manera más efectiva al traje, esto con la finalidad de que su pila tenga una duración más prolongada.

Diseño mecánico

Corresponde en esta parte acoplar la cinemática del exoesqueleto a la cinemática del cuerpo humano, para determinar el rango de movimiento de las articulaciones teniendo en cuenta las siguientes consideraciones: Seguridad del paciente o usuario, Grados de Libertad o Posicionamiento de sensores, Posicionamiento de actuadores o Rangos de Movimiento o Estabilidad o Topes mecánicos por adaptación del sistema mecánico y electrónico o de control.

Estudio de materiales

Considerando criterios como disponibilidad del material, resistencia mecánica, peso, resistencia a la corrosión y carencia de efectos sobre el medio ambiente o las personas, resistencia a la torsión, resistencia a la flexión, resistencia a la compresión, resistencia a la corrosión, límite elástico, límite de elongación dureza, se realizará un cuadro comparativo para establecer ventajas y desventajas de los diferentes materiales y determinar así los más óptimos

Modelado del control

El control del exoesqueleto es una de las partes más importantes debido a que el acople entre ésta y el diseño mecánico representan la eficiencia del mecanismo. Mientras los actuadores bajo el efecto de control proveen la potencia y la señal correcta de control necesaria para realizar una tarea específica. Los motores que controlan el exoesqueleto, logrando así solventar la pérdida de movilidad parcial de la extremidad.

Bitácora de resultados

El software OPManger se utilizó para las simulaciones del funcionamiento del exotraje, gracias a este se pudo desarrollar de manera más segura las pruebas que este paso.

Los primeros resultados de este fueron un tanto abrumantes debido a que, este no pudo soportar la carga inicial de 200 kg.

Durante la semana siguiente de la primera prueba se comprobó que, el problema del exotraje recedía en las piernas, ya que el modelo planteado no distribuía de manera eficaz el peso.

Después de realizar cambios a las piernas, las pruebas mostraban una mejoría significativo, sin embargo un nuevo problema se presentó, este ahora en la espalda baja.

Se observó que durante el levantamiento de la carga inicial que la espalda baja del exotraje cargaba de manera inequitativa el peso, esté en casos reales sería un problema grave para la espalda de un ser humano, ya que el operador tendría un alto riesgo de lesión.

Solucionado el problema de la espalda baja, se observó que este necesitaría de una gran cantidad de energía para un funcionamiento óptimo, por lo cual se planea incorporar una batería de litio junto con transformadores, para que estos le brinden la energía necesaria.

Los resultados finales demostraron que este traje no solo llega a levantar 200 kg de peso sin problema si no también alcanza a levantar 300 kg sin verse afectado.

Resultados esperados

Obtener un traje que sea capaz de levantar de 200 kg a 250 kg, para que se utilice en labores de remoción de escombros, y provea a l portador de seguridad fuerza necesaria para levantar peso mayor a 200 kilos. Además de fácil maniobrabilidad y sistemas de control. Con esto el traje puede ser utilizado por cualquier persona, sin que ésta necesite de un curso para aprender a usarlo, para que en los casos de emergencia se pueda operar de una manera rápida y eficaz. El traje poseerá una estructura resistente de plástico liviano, para que el operador no tenga problemas l de peso.

Propuestas

Al probar el funcionamiento del traje se propone que se utilice en labores de rescate por la seguridad que posee, tanto para el operador como para levantar el peso de una losa en los escombros. El diseño es de fácil manejo, es económico, es seguro para que posteriormente este pueda ser ensamblado en grandes

cantidades para disponibilidad de todo el público. Este traje se puede utilizar en maquinaria para construcciones

La institución gubernamental IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial) ofrece la posibilidad de otorgarle los derechos de autor al proyecto. Esta ofrece una gran cantidad de empresas certificadas las cuales otorgan estos registros. La empresa que se eligió, fue “indenBiz” el cual solicita los siguientes pasos:

- **Chequeo de Viabilidad**
 - Verificamos si la marca que deseas registrar cumple con los requisitos legales y no existen registros similares previos.
- **Ficha de Cliente**
 - Ingresas tus datos personales, ya sea a través de nuestro sitio web o telefónicamente y el sistema te envía la factura a tu Email.
- **Instrucciones**
 - Luego de acreditado tu pago, el sistema te envía automáticamente un instructivo con la documentación que deberás enviarnos firmada.
- **Inicio del Expediente**
 - Luego de recibir tu documentación firmada, uno de nuestros abogados especialistas en Propiedad Intelectual iniciará la solicitud de registro ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.
- **Seguimiento del Trámite**
 - El abogado a quien se asigne tu solicitud hará el debido seguimiento del trámite, publicación en la Gaceta de la Propiedad Industrial, así como todas las acciones legales necesarias para obtener tu registro.
- **Envío de Título**
 - Luego de completado el trámite y obtenida la resolución de concesión, te enviaremos el correspondiente título de marca ya sea en formato electrónico o por correo postal.

Conclusiones

Gracias a la tecnología que se posee en la actualidad, es posible diseñar y fabricar máquinas que faciliten la vida del ser humano y no sólo eso, que lo protejan en situaciones de desastre. Los conocimientos en las ramas de biomecánica, macarrónica y robótica dan pie a la planeación de exotrajes, y el que se propone es parte de esta.

Refererencias

González, Esther Lugo-

Fecha de aceptación: 1 de mayo de 2014 .

*-Co-simulación del Diseño Biomecánico para un Exoesqueleto Robótico del Miembro Inferior-*Revista mexicana de ingeniería biomédica-Fecha de recepción: 1 de mayo de 2014 ,Fecha de aceptación: 29 de junio de 2014.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-95322014000200004

OLIVEIRA JOANA-

22 JUN 2017-

Los exoesqueletos personalizados reducen el gasto energético al caminar

El país

https://elpais.com/elpais/2017/06/21/ciencia/1498042005_237432.html

Plaza Torres Mauricio, Aperador William, Cifuentes Andrés-

Sistemas biomecánicos para patologías musculares y cargas pesadas-Rev Cubana Invest Bioméd vol.35 no.4 Ciudad de la Habana
-http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002016000400006

[Nordin Margareta, Dirsci-](#)

[Fecha de publicación original: 1 de octubre de 2011](#)

-Bases Biomecanicas Del Sistema Musculoesqueletico-Lippincott Williams & Wilkins, 20/02/2013 - 712 páginas