



# Diseño y construcción de un prototipo de maquina procesadora de aceites usados de cocina para generar biodiesel, en San Juan de Pasto 2016.

Juan José Arturo.  
jjsantacruz@gmail.com

**Abstract**—These instructions give you guidelines for preparing papers for IEEE Transactions and Journals. Use this document as a template if you are using Microsoft Word 6.0 or later. Otherwise, use this document as an instruction set. The electronic file of your paper will be formatted further at IEEE. Paper titles should be written in uppercase and lowercase letters, not all uppercase. Avoid writing long formulas with subscripts in the title; short formulas that identify the elements are fine (e.g., "Nd-Fe-B"). Do not write "(Invited)" in the title. Full names of authors are preferred in the author field, but are not required. Put a space between authors' initials. Define all symbols used in the abstract. Do not cite references in the abstract. Do not delete the blank line immediately above the abstract; it sets the footnote at the bottom of this column.

**Index Terms**—Enter key words or phrases in alphabetical order, separated by commas. For a list of suggested keywords, send a blank e-mail to [keywords@ieee.org](mailto:keywords@ieee.org) or visit [http://www.ieee.org/organizations/pubs/ani\\_prod/keywrd98.txt](http://www.ieee.org/organizations/pubs/ani_prod/keywrd98.txt)

**Resumen para traducir:** A sustitución de los combustibles denominados fósiles o tradicionales, derivados del petróleo, por otros, de origen biológico, representa uno de los grandes retos que enfrenta la humanidad actualmente. Una de las alternativas más factibles para reemplazar el diesel de petróleo es la producción de biodiesel. Éste es un combustible renovable derivado de aceites vegetales (comestibles o no comestibles; nuevos o usados) y grasas animales que posee propiedades similares a las del petróleo. Además, se ha encontrado que con el uso de biodiesel se logran reducir las emisiones de monóxido de carbono, azufre, hidrocarburos aromáticos y partículas sólidas. La manera convencional de sintetizar biodiesel es mediante la transesterificación de aceites vegetales con metanol y catálisis homogénea. El presente trabajo describe los fundamentos de la producción de biodiesel sintetizado a partir de aceites vegetales, grasas animales o aceites de reúso. con la finalidad de realizar los ensayos productivos y verificar qué tan

eficiente es la producción de biodiesel mediante este método.

## I. INTRODUCCION

L. Actualmente, entre los principales problemas que enfrenta la humanidad, destacan el deterioro ambiental y la crisis energética. Una de las principales causas de la contaminación del aire es la quema de combustibles fósiles, ya que la combustión de los mismos produce grandes cantidades de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno), óxidos de azufre, hidrocarburos no quemados y cenizas finas. Además, este recurso natural es una fuente energética no renovable y, a últimas fechas, se ha informado que las reservas mundiales tarde o temprano se agotarán. Se estima que el petróleo se acabará en 41 años, el gas natural en 63 años y el carbón en 218 años (Agarwal, 2007). Por estas razones, hay interés en el desarrollo de fuentes de combustible alternativas y más limpias. Estudios recientes indican que existen otras fuentes energéticas, las cuales tienen emisiones extremadamente bajas y que parecen tener el potencial para convertirse en fuentes de sustitución de energía para la propulsión de automóviles, entre ellas destacan: alcoholes, gas natural, hidrógeno y biodiesel. El biodiesel es un combustible líquido producido a partir de materias renovables, como los aceites vegetales o grasas animales, que actualmente sustituye parcial o totalmente al diesel de petróleo en los motores diesel. De acuerdo con algunas empresas en Estados Unidos, Francia, Alemania, Brasil y Argentina, que ya usan biodiesel, al incorporarlo a un motor convencional se reducen las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de azufre, hidrocarburos aromáticos y partículas sólidas (Islas et al., 2007). Puede funcionar en cualquier motor diesel, y se presume que duplica la vida útil de los vehículos, no

obstante, algunas de sus propiedades (alta viscosidad, baja volatilidad, menor poder calorífico, estabilidad a oxidación, etc.) deben ser mejoradas para poder lograr reemplazar a 100% el uso de combustibles fósiles.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### A. Descripción del Problema

En la actualidad, la problemática medioambiental es cada vez más evidente, afectando de forma negativa la salud y la vida de los seres vivos, así como también el deterioro de los recursos naturales. Factores como el manejo inadecuado de aceites usados, son una de las causas de mayor contaminación tanto a nivel local como nacional y global. Así pues, gobiernos y organizaciones gubernamentales alrededor del mundo deben implementar alternativas de solución encaminadas a la mitigación de la problemática en cuestión.

La reutilización de aceites usados, es muy importante, puesto que, de esta forma se reduce la cantidad de aceite contaminante en pro de la permanente búsqueda de soluciones encaminadas al desarrollo tecnológico amigable con el medio ambiente, en este sentido, se podría buscar formas de utilizarlo en diferentes campos como podría ser emplearlo como combustible para el funcionamiento de máquinas de combustión interna.

Reutilizar el aceite quemado para usarlo como combustible de una maquina sería una alternativa bastante factible, puesto que, con esta se disminuiría los desechos tóxicos que deja este aceite, se contribuiría con el desarrollo regional explotando la industria y por qué no generando empleo mediante la recolección del mismo.

Por lo tanto, buscar soluciones con respecto a estos desechos es viable en el campo ecológico y asegura un cambio importante en el sector tecnológico de la ciudad. Con base en lo anterior, la presente investigación tiene por objetivo darle funcionamiento a una maquina procesadora de aceite de cocina usado para así generar biodiesel.

### B. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cómo procesar el aceite de cocina usado para obtener biodiesel en san Juan de Pasto en 2016?

### C. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Este proyecto es una alternativa al uso de fuentes de energía limpia y renovable. El uso de máquinas para

producir biocombustibles podría generar además un beneficio en sectores económicos como el transporte y el agro, en donde se presentaría una buena alternativa a las constantes alzas en precios de combustibles y una buena contribución al medio ambiente. Por otra parte se minimizan los riesgos existentes en la producción artesanal o “casera” en los cuales se emplean algunos materiales que podrían ser peligrosos de no manejarse adecuadamente. Las máquinas para producir biocombustibles para uso propio no están disponibles a nivel nacional.

Ante la importancia de las problemáticas ambientales que se presentan en el mundo, causadas principalmente por la ignorancia y apatía del ser humano en cuanto a este tema, como también por el uso indebido y exagerado de los recursos naturales. Cabe resaltar que es muy importante generar espacios, realizar acciones y crear proyectos encaminados a concientizar y responsabilizar a las personas en este tipo de temas y problemáticas con el objetivo de tener una visión de conservación y sostenibilidad del ambiente. Este proyecto es beneficioso para la corporación universitaria autónoma de Nariño ya que es alta la expectativa al incursionar en el campo de los biocombustibles.

Asimismo, el valor del avance y desarrollo tecnológico, es de gran importancia para el desarrollo de una civilización en diversos campos que la hacen competente en un mundo globalizado, entro otros están el desarrollo en la industria, la agricultura, lo artesanal, desarrollo de infraestructura entre otras, en donde las maquinas toman gran importancia como pilares bases en el proceso de producción. Con base en lo anterior es importante resaltar que, la relación entre máquina y ambiente debe ser amigable, porque de esta forma no se frena el desarrollo tecnológico y los recursos naturales que se toman del medio ambiente para este, no se ven afectados al punto de acabarse.

Así pues, la importancia social del proyecto en primera instancia, es darle uso al aceite de cocina usado, con el fin de disminuirlo, puesto que, es uno de los contaminantes de mayor impacto en el ambiente, por otro lado, es conseguir utilizar este aceite para procesarlo y obtener biodiesel, para reducir el porcentaje de contaminación de un residuo altamente nocivo para el agua.

Partiendo del punto, que la importancia de la construcción de una maquina radica en solventar una necesidad o sencillamente para mejorar la producción de productos en cuestión de calidad y tiempo, o para hacer más fácil la mano de obra. Este proyecto trata de darle utilidad a una sustancia altamente toxica, contribuyendo con el medio ambiente en el sentido de disminuir un contaminante que se produce a gran escala.

Este proyecto, enfoca su importancia básica y principalmente en reutilizar el aceite de cocina usado como combustible, por tanto su novedad radica en aprovechar el aceite de cocina usado que es altamente contaminante para el agua, finalmente porque es una alternativa de solución a la necesidad de darle un manejo adecuado a estos aceites.

## II. ANALISIS DE DISEÑO

### A. CÁLCULOS

1). *Cálculos aplicables al proyecto:* Lo primero que se debe realizar para poder diseñar los elementos del mecanismo, es conocer las cargas a las que va estar sometido el sistema, una vez conocidas, se considerara el movimiento que va a realizar el mecanismo, se analizara este movimiento para poder determinar las variables que intervienen en el desplazamiento y así determinar el valor numérico de cada una de ellas.

La forma en la que se obtienen los datos necesarios para el diseño de las partes, dependerá del tipo de parámetro que se esté buscando. Para esto lo primero será realizar el diagrama de movimiento que se hace cuando se camina, en este diagrama se observan las variables que intervienen además de mostrarlas idealizaciones correspondientes para su mejor análisis, este se muestra en la figura 1.

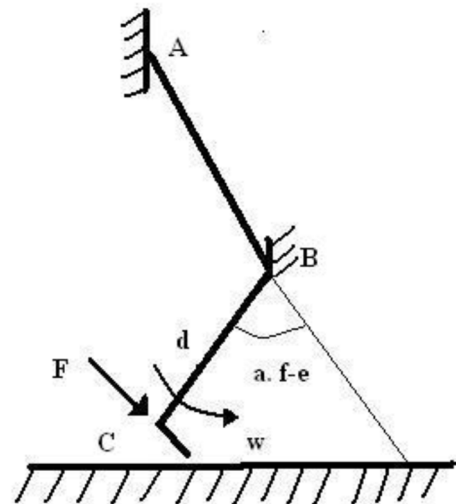


Fig 1. Sistema de barras para el análisis de la marcha humana.

La anterior figura muestra un sistema de barras ABC el cual representa a la extremidad en posición de máxima flexión al caminar y también se muestran las variables involucradas en este movimiento.

Dónde:

- F: fuerza impulsora del movimiento circular
- W: velocidad angular del movimiento
- a.f.e: ángulo de flexión de la rodilla
- d: radio de curvatura

Las consideraciones que se tomaron en cuenta para el análisis de este movimiento fueron las siguientes:

- i. La barra AB es una barra fija.
- ii. El punto B es un centro de rotación fijo.
- iii. La barra BC está realizando un movimiento circular uniforme.
- iv. La fuerza impulsora esta aplicada en el punto C.

El parámetro que se medirá en este análisis y que es necesario para el diseño de nuestros elementos es la fuerza (F). Para poderla calcular nos apoyaremos en la segunda ley de Newton:

Dónde:

$\omega$  – velocidad angular

r – radio de curvatura

Velocidad angular (w)

$$w = (\theta_f - \theta_i) / t$$

Dónde:

$\Theta_f$  – ángulo de flexión

$\Theta_i$  – ángulo de extensión

$$F = \frac{dp}{dt} = m \frac{dv}{dt}$$

Dónde:

p- cantidad de movimiento

m- masa

v- velocidad

Desarrollando:

m = constante

v = constante

Por lo tanto:

$$dv/dt = 0$$

Entonces:  $F = m * 0 = 0, dp/dt = 0$

Esto dice que el sistema está en equilibrio.

Para el análisis se considera que la posición que se observa en la figura 1, el ángulo de flexión (a.f-e =Θf) y Θi es igual al ángulo de extensión, el ángulo Θf =65° es un valor inicial y que se muestra en la figura 1; el ángulo de extensión es igual a 0° ya que se considera que la posición de extensión como la posición de arranque del movimiento.

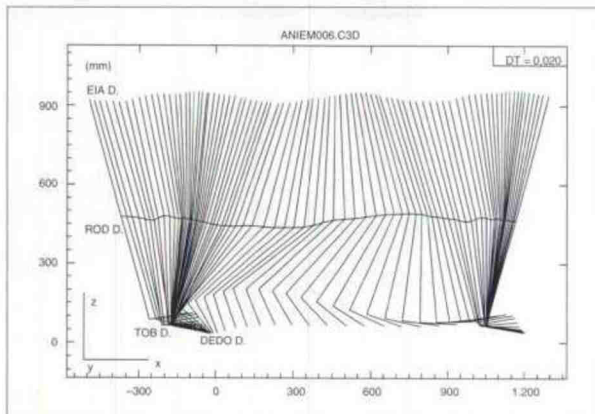


Fig. 2. Movimientos de la rodilla durante el ciclo de marcha.

En esta imagen, la línea continua representa el marcador colocado en la rodilla. En el momento preciso del contacto del talón, la rodilla está en extensión casi total (extensión completa a velocidad muy lenta flexión cada vez más marcada al aumentar la velocidad). Se flexiona 20° durante todo el periodo de apoyo monopodal y, entre el 15 y el 45% el tríceps sural garantiza la estabilidad de cada rodilla semiflexionada. La rodilla se extiende de nuevo justo antes de que los dedos despeguen, y después se flexiona (65°) para facilitar el paso del pie bajo la pelvis durante la fase oscilante.

Se considera también que la velocidad lineal en esta misma posición vi es igual a cero ya que se considera que esta es su posición de reposo, una vez que se tomaron en cuenta todas estas consideraciones la ecuación (2) nos queda como se muestra:

$$a = (\omega r) / t$$

Sustituyendo ecuación (5) en ecuación (1) tenemos:

$$F = (m \omega r) / t$$

Dónde:

m – masa de la barra BC

La incógnita de la ecuación (6) es la fuerza (F) por lo que debemos tener comodatos a la masa (m), la velocidad angular (ω), el radio de curvatura (r) y el tiempo en que se realiza el movimiento de flexión (t).

TABLA I.  
PORCENTAJE DEL PESO CORPORAL TOTAL Y LOCALIZACIÓN DE LOS CENTROS DE MASA

Peso parcial y proporción peso corporal total	Localización de los centros de masa
Cabeza : 6.9%	En el seno esfenoidal, 4 mm más allá del margen anteroinferior de la silla. (En la superficie lateral, sobre la fosa temporal sobre o cerca de la línea nasioniniana.)
Cabeza y cuello: 7.9%	Sobre la superficie inferior del hueso basioccipital o dentro del hueso 23 ± 5 mm de la cresta del dorso de la silla. (En la superficie lateral, 10 mm anterior a la escotadura supratragal por arriba de la cabeza de la mandíbula)
Cabeza, cuello y tronco: (59%)	Anterior a la onceava vertebra torácica
<b>MIEMBRO SUPERIOR</b>	
	Miembro superior. Justamente por arriba de la articulación del codo.
Brazo: 2.7 %	En la cabeza media del tríceps, adyacente al surco radial; 5 mm proximal al extremo distal de la inserción del deltoides
Antebrazo 1.6 %	11 mm proximal a la parte más distal de la inserción del pronador redondo; 9 mm anterior a la membrana interósea.
Mano (en posición de reposo) (0.6 %)	Sobre el eje del tercer metacarpiano, generalmente a 2 mm por dentro de la superficie cutánea externa; 2 mm proximales al pliegue cutáneo transverso palmar, en Angulo entre los pliegues transverso proximal y radial longitudinal.
Miembro superior: 4.9 %	
Antebrazo y mano : 2.2 %	
<b>MIEMBRO INFERIOR</b>	
	Miembro inferior. Justamente por arriba de la articulación de la rodilla
Muslo : 9.7 %	En el muslo aductor corto (vasto interno) 13 mm por adentro de la línea áspera,



	profundamente en el canal aductor ; 29 mm debajo del ápex del triángulo femoral y 18 mm proximal a la fibras más distales del aductor corto
Pierna: 4.5 %	35 mm por debajo del poplíteo, en la par
Pie: (1.4 %)	Pie. En los ligamentos plantares o justamente superficial en os músculos profundos adyacentes del pie; por debajo de mitades proximales del segundo y tercer huesos cuneiformes. Sobre una línea entre el centro de la articulación del tobillo y la bola del pie en el plano del segundo metacarpiano
Miembro inferior: (15.6%)	
Pierna y pie: (6%)	

Para cada miembro inferior se tiene:

M: según la Tabla 1, el 15.6% de la masa corporal del usuario de estudio, por cada uno de sus miembros inferiores, constituido ese porcentaje por 9.7% del muslo, 4.5% de la pierna y 1.4% pie; entonces si el usuario tiene un peso de 43 Kg la masa de cada uno de sus miembros inferiores será:

$$Mm = 43kg \times 9.7\% = 4.171 \text{ kg}$$

$$Mpr = 43kg \times 4.5\% = 1.935 \text{ kg}$$

$$Mp = 43kg \times 1.4\% = 0.602 \text{ kg}$$

$$Mmi = 43kg \times 15.6\% = 6.708 \text{ kg}$$

$$M_{pr+pi} = 43kg \times 6\% = 2.58 \text{ kg}$$

$\omega$ : esta velocidad se la considera a partir de la velocidad de salida del motor actuador y la relación desarrollada por el mecanismo tornillo sinfín corona, da un valor de 64, ósea que se reduce 90 veces la velocidad aumentando 90 veces el torque. Entonces nominalmente, tiene 8 kg-cm de torque y 350 rpm de las cuales con la reducción del mecanismo, se obtiene un torque 720 kg-cm y 3.888rpm, en rad/seg sería:

$$\omega = 3.8888 \frac{rev}{min} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0.4072 \text{ rad/seg}$$

r: se considera el radio de curvatura el largo de cada una de las fracciones del miembro inferior, por lo tanto:

$$r_m = 38 \text{ cm} = 0.38m$$

$$r_p = 43 \text{ cm} = 0.43 \text{ m}$$

$$r_{mi} = r_m + r_p = 81cm = 0.81m$$

t: se le considera 1 segundo por cada instante de flexión.

Entonces la barra BC siendo la pierna:

$$F_{bc} = \frac{(2.58 \text{ Kg} \times 0.4072 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \times 0,38 \text{ m})}{1 \text{ s}}$$

$$F_{bc} = 0,3992 \text{ N}$$

Considerando el muslo como la barra A B se tiene:

$$F_{ab} = \frac{(4.171 \text{ Kg} \times 0.4072 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \times 0,43 \text{ m})}{1 \text{ s}}$$

$$F_{ab} = 0.7303 \text{ N}$$

Considerando el miembro inferior como la barra A B C se tiene:

$$F_{abc} = \frac{(6.708 \text{ Kg} \times 0.4072 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \times 0,81 \text{ m})}{1 \text{ s}}$$

$$F_{abc} = 2.2125 \text{ N}$$

Estos tres resultados son las fuerzas impulsoras necesarias para accionar el movimiento. Ahora bien hay otra fuerza a vencer que es la fuerza normal de atracción la cual se la considera de la siguiente manera como se ve en la ecuación (1). Para esto se debe identificar los puntos de movimiento donde esta fuerza se hace mayor:

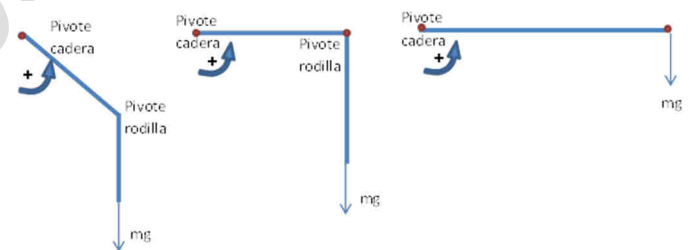


Fig. 3 Instantes de movimiento donde mg es mayor

$$F = m \cdot a = m \cdot g = (6.708 \text{ kg} + 2.5kg) \times 9.81 \frac{m}{s} = 90.3 \text{ N}$$

Ósea que 90.3 N es la fuerza que se ejerce la gravedad sobre la pierna. Luego se puede identificar el torque necesario para que el mecanismo desarrolle el movimiento esperado.

$$T = F \cdot d \tag{7}$$

$$90.3 \text{ N} \times 0.81 \text{ m} = 73.14 \text{ N} \cdot \text{m} = 745.116 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

Luego, para calcular la rapidez con la que se desplaza un ser humano procederemos a utilizar la siguiente ecuación.

$$v = \frac{s}{T}$$



Dónde:

s = es la zancada del ser humano

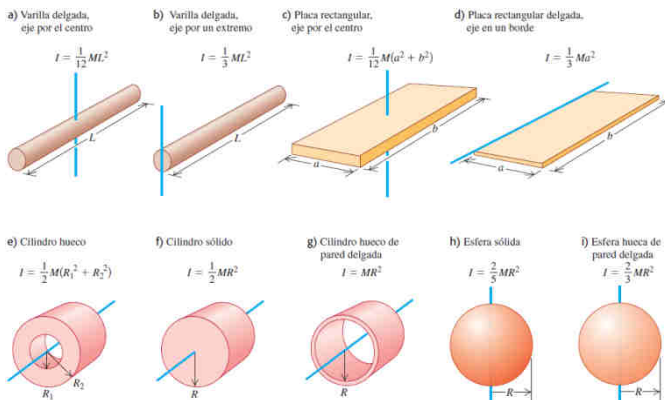
T=el tiempo que el ser humano se demora para dar una zancada.

Para determinar

T=el tiempo que el ser humano se demora para dar una zancada utilizaremos la ecuación.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}$$

El I = momento de inercia se tomara de la figura 4 sección b varilla delgada con eje en un extremo.



Sustituyendo I en 9:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{3}ml^2}{mgd}} = T = 2\pi \sqrt{\frac{2l}{3g}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2(0,81m)}{3(9,81 m/s)}} = 1,47 s$$

$$v = \frac{s}{T}$$

$$s = 0,605m$$

$$T = 1,47 s$$

$$v = \frac{0,605m}{1,47s} = 0,41156 m/s$$

La velocidad obtenida, será multiplicada por tres, para lograr que la velocidad aplicada al dispositivo, sea condscendiente con el posible usuario/paciente con paraplejia, y asi evitar daños mayores a su fisionomía.

$$0,41156 m/s * 3 = 1.23468 m/s$$

El I = *momento de inercia* se tomara de la fig. 4, sección b, varilla delgada con eje en un extremo

$$i = \frac{1}{3}ml^2$$

Dónde: m = *masa de la barra*

l = *longitud de la barra*

Momento de inercia del miembro inferior completo

$$m = 6,24 kg$$

$$l = 0,81 m$$

$$i = \frac{1}{3}(6.24kg)(0.81m)^2 = 1.6848 kg.m^2$$

Momento de inercia de la pierna

$$m = 1.8 kg$$

$$l = 0,43 m$$

$$i = \frac{1}{3}(1,8kg)(0,43m)^2 = 0,258 kg.m^2$$

Ahora calcularemos los esfuerzos a los que esta expuesta la estructura principal, mas específicamente las barras de soporte de la estructura ferulizada.

Calculo esfuerzo normal muslo

$$Esfuerzo normal = \sigma = \frac{F}{A}$$

$$F = MxA$$

$$Masa corporal cabeza, cuello y tronco = 30 Kg$$

$$A = 9,81 m/s^2$$

$$F = 30 Kg x 9,81 m/s^2$$

$$F = 294,3 N$$

A= *área*

$$A = 0,0254m x 0,0095250 m$$

$$A = 2,41935 x 10^{-4}$$

$$\sigma = \frac{294,3 N}{2,41935 x 10^{-4}}$$

$$\sigma = 1.216442433 Mpa$$



F

F

Fig. 5. Fuerzas que actúan en los esfuerzos a los que se encuentra sometida cada barra.

Calculo de flexión muslo

$$F_{mecanismo} F_{mecanismo} = Fx = 160,747 N$$

$F_{pierna}$

$$Fy = 119,264 N$$

$$F_{pierna} = 50 N$$

$$\Sigma Mx = 160,747 N \times (0,14 M) = 22,50 N \times M$$

$$\Sigma My = 119,264 N \times (0,14M) + 50 N \times (0,44M) = 38,69 N \times M$$

La siguiente tabla presenta un resumen de todos los parámetros que se tuvieron en cuenta para el diseño del dispositivo.

TABLA II.  
RESUMEN DE DISEÑO

PARAMETRO		VALOR
Radio de curvatura (medido desde el pivote de cadera al pivote del tobillo)	Radio miembro inferior	0.81 metros
	Radio muslo	0.38 metros
	Radio pierna	0.43 metros
Masa de los segmentos según porcentaje respecto a la masa total corporal 43 Kg	Miembro inferior (15.6%)	6.708 kg
	Muslo (9.7%)	4.171 kg
	Pierna (4.5%)	1.935 kg
	Pie (2.58%)	0.602 kg
Torque nominal motor		8 kg-cm
Torque transmitido con la reducción de velocidad	Cadera	720 kg-cm
	Rodilla	560 kg-cm
Velocidad nominal motor		350 rpm
Velocidad transmitida con la reducción	Cadera	3.88 rpm = 0.4072 rad/s
	Rodilla	5 rpm
Tiempo de flexión	Cadera	2.5 s
	Rodilla	1.7 s

Fuerzas impulsoras necesarias	Muslo	0.7303 N	
	Pierna	0.3992 N	
	Miembro inferior	2.2125 N	
Fuerza normal por miembro		90.3 N	
Torque necesario (factor de seguridad 3)		745.116 kg-cm	
Rapidez de desplazamiento	Tiempo de zancada	1.47 s	
	Zancada	0.605 m	
	Velocidad	0.41156 m/s	
Momento de inercia	Miembro inferior	1.6848 kg-m <sup>2</sup>	
	Pierna	0.258 kg-m <sup>2</sup>	
Tornillo sinfin	Paso	2.3 mm	
		<b>Cadera</b>	<b>Rodilla</b>
	Diámetro de paso D <sub>G</sub>	65.89 mm 2.5941 pulg	51.24 mm 2.0176 pulg
	Paso diametral P <sub>d</sub>	34.74 th/pulg	34.69 th/pulg
	Paso circular P	0.0904 pulg	0.0905 pulg
	Paso axial P <sub>s</sub>	0.0904 pulg	0.0905 pulg
	Desplazamiento L	0.0904 pulg	0.0905 pulg
	Angulo de desplazamiento γ	2,88°	2,88°
	Distancia Central	1,2942 pulg	1,2942 pulg
	Relación de velocidad VR	90	70
	RPM del engranaje n <sub>G</sub>	3,8888 rpm	5 rpm
	Angulo de presión normal φ <sub>n</sub>	19,97°	
	Torque T <sub>0</sub>	444,4 lb-pulg	
	Fuerza tangencial Wt <sub>G</sub>	343,6236 lb	440,5233 lb
	Velocidad de la línea de paso de engranaje Vt <sub>G</sub>	2,63 pies/min	2,64 pies/min
Velocidad de desplazamiento v <sub>s</sub>	51,45 pies/min		
Coefficiente de fricción	μ = 0,0620		
Fuerza axial, Wx <sub>G</sub>	59,45 lb		
Fuerza radial, Wt <sub>G</sub>	173,06 lb		
Potencia de salida, P <sub>a</sub>	0,02737 hp	0,03526 hp	
Fuerza de fricción, W <sub>f</sub>	31,33 lb		
Perdida de potencia debido a la fricción, P <sub>L</sub>	0,0498 hp		
Potencia de entrada, P <sub>i</sub>	0,06595	0,07384	
Eficiencia, n	58,4989%	52,2481%	
Esfuerzos estructura	Esfuerzo normal, σ	1.216442433 Mpa	
	Esfuerzo de flexión muslo	Mx=22.5 N-m My=38,69 N-m	