

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

ANEXOS

Exoesqueleto Robótico de Miembro Superior para la Asistencia de Carga y Prevención de Lesiones Musculo-esqueléticas en Trabajadores de Construcción Civil

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Mecatrónico**, que presenta el bachiller:

Arturo Mendoza Quispe

ASESOR: Francisco Fabián Cuéllar Córdova

Lima, 12 julio del 2013

Anexo 1: Encuesta

Como parte del desarrollo del proyecto, se realizó la observación metódica del trabajo y una pequeña encuesta a los trabajadores de construcción civil del Consorcio Unión que actualmente se encuentran realizando la nueva Unidad de Cuidados Intensivos en el Instituto de Ciencias Neurológicas.

Se encuestó a 15 personas, de ello se obtuvieron las siguientes respuestas:

- Número de horas que trabajan al día:
 - 8 horas diarias en promedio
- Número de bolsas de cemento que cargan al día:
 - 20 bolsas de cemento en promedio
- Distancia que recorren cargando las bolsas de cemento:
 - De 15 a 20 metros
- ¿Cómo llevan cemento a un segundo piso?
 - Utilizando escalera o rampa
- ¿Se pondría una mochila que le ayude a cargar peso?
 - Sí
- ¿Ha tenido algún trastorno músculo-esquelético?
 - Sí: dolor en espalda, cintura, hombro y brazo

Como resultado de esta experiencia, se validó la información obtenida a través de diversas fuentes bibliográficas y se extrajeron, además, los requerimientos del exoesqueleto robótico, los cuales deben permitir el funcionamiento correcto del sistema bajo las condiciones de trabajo vistas, así como de prevenir las lesiones músculo-esqueléticas que actualmente sufren los trabajadores de construcción civil.

Anexo 2: Análisis de concentración esfuerzos en el cuerpo humano y soluciones propuestas

Durante el diseño del exoesqueleto robótico se presentó la complicación de la falta de piernas robóticas para la asistencia en la carga del peso.

Es posible esquematizar la distribución de los huesos del cuerpo humano para un análisis más fácil y completo. De esta forma observamos que la carga que se alivió de los miembros superiores con ayuda del exoesqueleto robótico, aún debe ser soportada por el tronco y por los miembros inferiores. Notándose que habría gran concentración de esfuerzos en la zona lumbar (vértebras lumbares) y en los fémures en las regiones cercanas a la pelvis debido a la unión entre estos tres huesos.

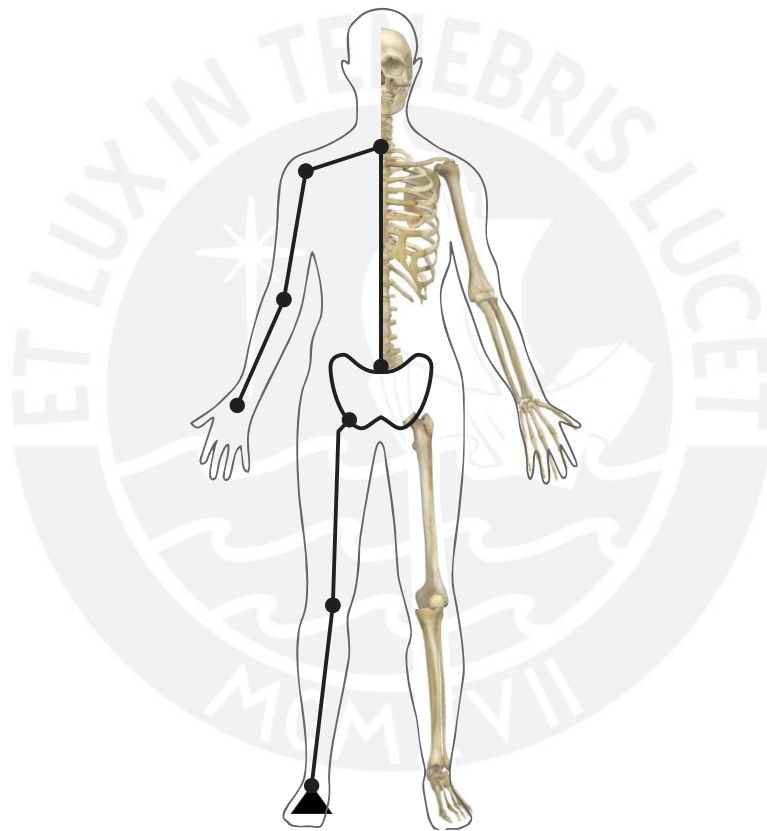


Figura 42: Esquema de huesos de cuerpo humano

En primer lugar, el fémur, el hueso más fuerte del cuerpo humano, está articulado con la pelvis y con la rodilla. El trocánter es cualquiera de las dos apófisis que se encuentran por debajo del cuello del fémur (cerca de la unión con la pelvis) y sobre el cual se insertan los músculos respectivos. Debido a su forma particular, es allí donde se realizan varias fracturas de diversos grados; siendo uno de los lugares más afectados debido a la carga repetida de peso.

Por ello, la solución planteada consiste en soportes laterales que se sujetan a los muslos de modo que transmiten la fuerza directamente hacia la parte media del fémur, evitando así el trocánter y ejerciendo el menor esfuerzo posible sobre dicha unión.

Es posible realizar un DCL de las fuerzas presentes en el fémur, así como un análisis de ejes tal como lo realizaron en [20] para la verificación analítica de los altos momentos presentes debido únicamente al peso propio; evidentemente, en este caso particular, donde están presentes cargas externas los momentos son muchísimo más altos.

A continuación una representación de las fuerzas presentes en el fémur en este caso:

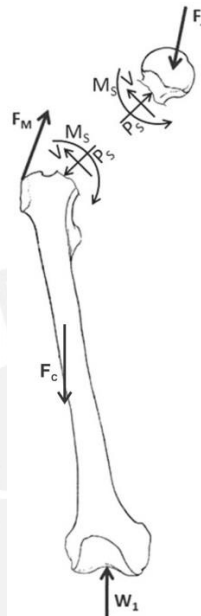


Figura 43: Análisis de fuerzas presentes en el fémur

Donde F_M es la fuerza resultante de los músculos abductores de la cadera en el gran trocánter, F_j es la fuerza de reacción aplicada por la pelvis sobre el fémur, W_1 es la fuerza de reacción en la rodilla, la cual es equivalente al peso corporal menos el peso de la pierna inferior (8/9 del peso corporal) más el peso de la carga, y F_C es la fuerza de la carga transmitida a través de los soportes laterales. De este modo:

$$F_{jy} + F_C = W_1 + F_{My} \quad (1)$$

De lo cual, se desea reducir los valores de F_{jy} y F_{My} de modo que el momento presente en el cuello del fémur sea lo mínimo posible. Queda claro que la presencia de la fuerza F_C ayuda a cumplir este objetivo, pues de lo contrario, F_{jy} tendría un valor de magnitud comparable con W_1 .

Finalmente, con el motivo de aliviar los efectos producidos en la zona lumbar por efecto de la carga, se plantea que un cojín espaldar ortopédico así como fajas de soporte lumbar sean parte del exoesqueleto robótico.

Anexo 3: Antropometría y ergonomía

Evidentemente, el diseño del exoesqueleto robótico debe tener en cuenta la antropometría del usuario final, así como la ergonomía durante su uso; por ello, se utilizaron las dimensiones descritas en [21] por A.V. Ramírez para el diseño de un modelo de una persona. Dicho estudio logra realizar una caracterización antropométrica fundamental de una población de trabajadores peruanos.

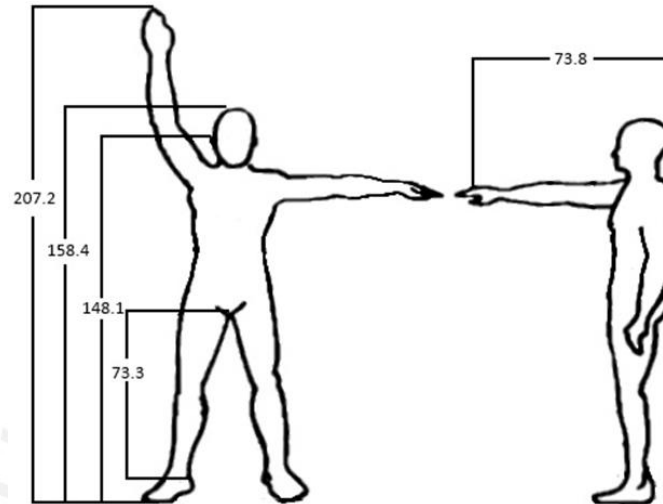


Fig. 1 Medidas antropométricas principales

Se utilizó como base el modelo *dude* del portal *zxys.com*, el cual fue redimensionado de modo que tuviera las dimensiones correspondientes a las de un usuario promedio. Así, al contar con un modelo 3D del usuario final se pudo diseñar correctamente las piezas de modo que éstas se adapten, de la mejor manera, a las extremidades y torso.



Fig. 2 Modelo 3D adecuadamente dimensionado

En aras de hacer un sistema que sea cómodo de usar, se plantea que las partes internas de los eslabones brazo y antebrazo tengan zonas acolchadas, para ello se evaluó la posibilidad de utilizar plastazote a lo largo de las zonas en contacto con el usuario. De igual manera, se plantea que el exoesqueleto pueda ser usado como una mochila, con arneses en la parte superior y a la altura de la cintura para una mejor sujeción. Se recomienda que el exoesqueleto sea usado en conjunto con una faja laboral y un cojín lumbar, para aliviar particularmente la zona lumbar, pues es una de las zonas más afectadas.



Figura 44: Ejemplo de faja laboral



Figura 45: Ejemplo de cojín lumbar

Por otro lado la sujeción del miembro superior al exoesqueleto robótico se realizará a través de una codera de neopreno (donde además irán sensores), una parte irá cosida al plastazote, mientras que lo demás quedará libre. De este modo, al sujetarla, se podrá controlar a voluntad y sin problemas los brazos y antebrazos del exoesqueleto robótico.



Figura 46: Tipo de codera propuesta para el proyecto

En lo que respecta a la sujeción con la pierna, se plantean la utilización de brazaletes como los usados en las férulas articuladas para cadera.



Figura 47: Ejemplo de férula para cadera articulada

De esta forma, el exoesqueleto robótico no creará zonas de contacto incómodo, por lo que se espera que se pueda usar sin necesidad de removerlo durante el periodo de trabajo de 8 horas promedio (ver Anexo 1: Encuesta).

Anexo 4: Obtención de solicitaciones mecánicas y electrónicas

A4.1. DCL en miembro superior

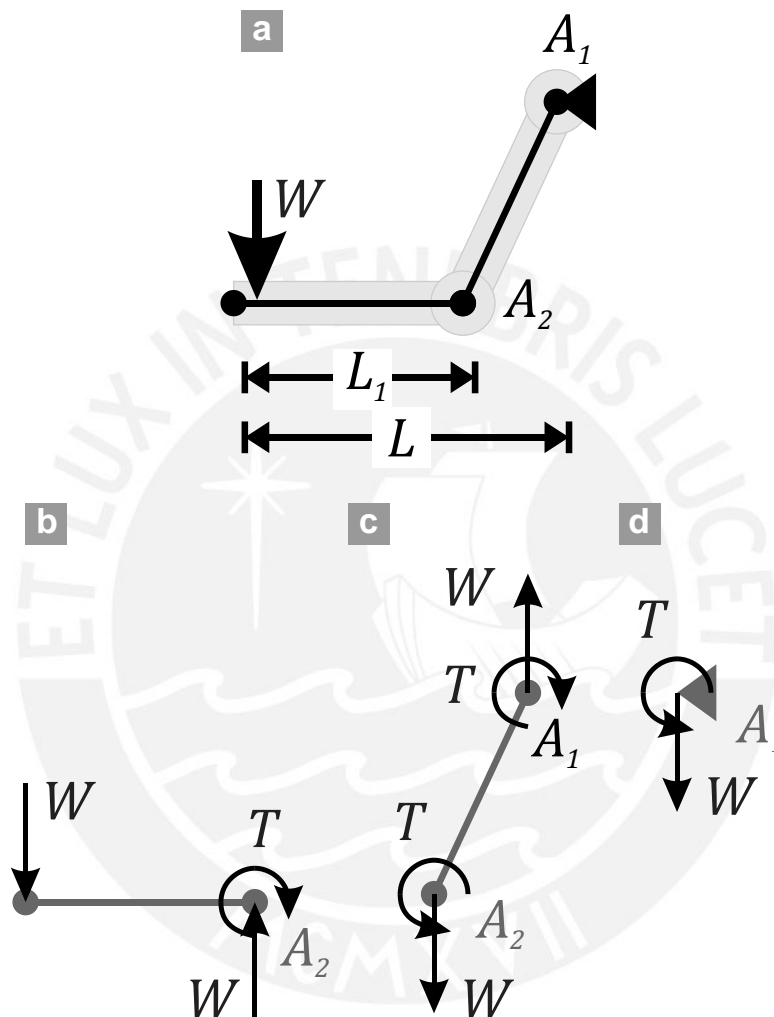


Figura 48: (a) Posición inicial y fuerza presente (b) DCL de Antebrazo (c) DCL de Brazo (d) DCL de Soporte

A continuación se identificarán las fuerzas presentes en cada uno de los eslabones pertenecientes al exoesqueleto robótico correspondientes al miembro superior.

En primer lugar, las fuerzas externas a considerar son: la carga a llevar (bolsa de cemento: 42.5 kg) y el peso de los eslabones del exoesqueleto robótico (aprox. 2 kg); se asumirá una carga total de 50 kg de modo que se pueda contar con un FS adicional a los calculados, pues la carga en sí es un 10% menor. Luego, en una posición "normal", las distancias L y L_1 , que corresponden a la distancia de la aplicación de la fuerza hasta el hombro del exoesqueleto y a longitud de antebrazo del mismo, respectivamente; se encuentran en una relación de $L/L_1 = 16$, por lo cual, se simplifica el modelo a $L_1 = L$

Así, se plantea equilibrio para b, c y d, con $L = 225 \text{ mm}$, pues la carga distribuida se asume puntual en la posición media de la longitud de aplicación:

$$\Sigma F_x = 0 \qquad \Sigma F_y = 0 \qquad \Sigma T = 0 \qquad (2)$$

$$W = 50 \cdot 9.82 \cdot 0.5 = 245.5 \text{ N} \qquad (3)$$

$$T = W \cdot L = 55,237.5 \text{ Nmm} \qquad (4)$$

A4.2. DCL en articulaciones

Anteriormente se halló el torque aplicado sobre cada articulación, el cual es aplicado sobre la ratchet rotatoria y que luego es transmitido, a través de los dientes hacia la ratchet deslizante. Dicho torque puede ser descompuesto para hallar las fuerzas presentes en cada diente (cada área de contacto).

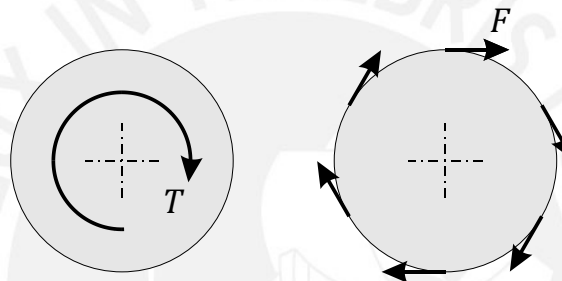


Figura 49: Equivalencia de Torque con Pares de Fuerzas

Se utiliza la equivalencia entre ambos sistemas para plantear:

$$F = \frac{2 \cdot T}{D \cdot n} \qquad (5)$$

Donde F [N] es el valor de cada una de las fuerzas que contribuyen al torque, T [N-mm] es el torque aplicado al disco, D [mm] es el diámetro del disco y n es el número de dientes. Entonces, reemplazando:

$$F = \frac{2 \cdot W \cdot L}{D \cdot n} \qquad (6)$$

Además, el contacto entre dientes de las ratchets puede asemejarse al de dos cuñas.

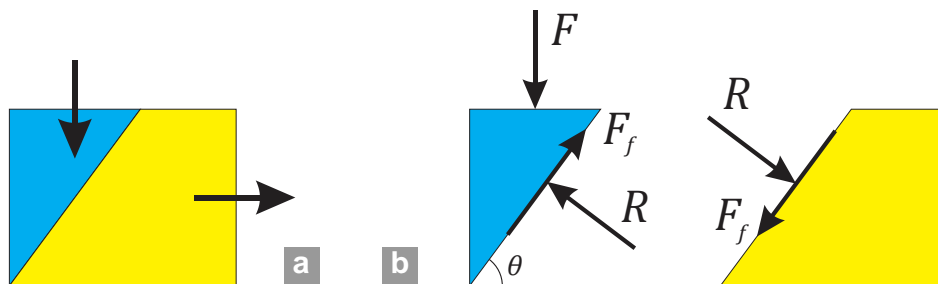


Figura 50: (a) La cuña cian representa a la ratchet rotatoria; la cuña amarilla, a la ratchet deslizante. Cada diente de esta ratchet tiene un desplazamiento relativo perpendicular a la ratchet deslizante (b) DCL del problema

Analizando la cuña cian:

$$\Sigma F_x = 0 : \quad F_{fx} = R_x \quad (7)$$

$$\Sigma F_y = 0 : \quad F = F_{fy} + R_y \quad (8)$$

Donde:

$$F_f = \mu \cdot R \quad (9)$$

Reemplazando (9) en (8) y descomponiendo las fuerzas:

$$F = \mu \cdot R \cdot \text{sen}(\theta) + R \cdot \text{cos}(\theta) \quad (10)$$

$$R = \frac{F}{\mu \cdot \text{sen}(\theta) + \text{cos}(\theta)} \quad (11)$$

Luego, analizando la cuña amarilla, la fuerza que genera el movimiento inminente es:

$$F_{dir} = R_x - F_{fx} \quad (12)$$

$$F_{dir} = R \cdot \text{sen}(\theta) - \mu \cdot R \cdot \text{cos}(\theta) \quad (13)$$

$$F_{dir} = F \cdot \frac{\text{sen}(\theta) - \mu \cdot \text{cos}(\theta)}{\text{cos}(\theta) + \mu \cdot \text{sen}(\theta)} \quad (14)$$

Y reemplazando (6) en (14)

$$F_{dir} = \frac{2 \cdot W \cdot L}{D \cdot n} \cdot \frac{\text{sen}(\theta) - \mu \cdot \text{cos}(\theta)}{\text{cos}(\theta) + \mu \cdot \text{sen}(\theta)} \quad (15)$$

Finalmente, con $D = 50\text{mm}$, $n = 20$ dientes, $\theta = 21^\circ$, $\mu = 0.15$:

$$F_{dir} = 24.43 \text{ N} \quad (16)$$

A4.3. Análisis de mecanismo de tuerca husillo

El mecanismo de husillo y tuerca permiten convertir el movimiento rotacional del husillo en desplazamiento lineal (relativo) de la tuerca, cabe mencionar que la inducción del movimiento sólo se da en dicho sentido.

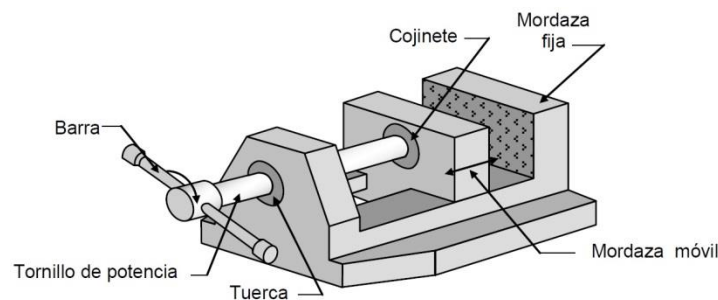


Figura 51: Ejemplo de aplicación de mecanismo de tuerca husillo en prensa manual de tornillo

Para su aplicación se escogió el tipo de tornillo de potencia con rosca trapecoidal (Acme) con las siguientes características:

Tabla 4: Características del husillo elegido

Diámetro mayor d (in)	Diámetro medio d_m (in)	Diámetro menor d_r (in)	Paso p (in)	Hilos por pulgada	Área de esfuerzo a tracción A_t (in ²)
0.5	0.45	0.4	0.1	10	0.142

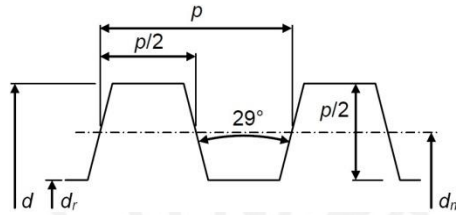


Figura 52: Detalle de una rosca trapecoidal o Acme

Con esto, podemos establecer la siguiente relación:

$$\omega = 2\pi \cdot \frac{v}{p} \quad (17)$$

Donde v [mm/s] es la velocidad lineal de desplazamiento de la tuerca y ω [rad/s] es la velocidad angular del husillo.

Claramente, en esta aplicación es necesario calcular el par de torsión requerido para desplazar la carga (tuerca) ya sea a favor o en contra de la fuerza oponible (fuerza del resorte), es decir, se deben hallar los pares de torsión de subida y de bajada, T_s y T_b respectivamente. Para ello se debe realizar un análisis como el que se hizo en [22], hallando:

$$T_s = F \cdot \frac{d_m}{2} \cdot \frac{l + \frac{\mu \cdot \pi \cdot d_m}{\cos \alpha_F}}{\pi \cdot d_m - \frac{\mu \cdot l}{\cos \alpha_F}} \quad T_b = F \cdot \frac{d_m}{2} \cdot \frac{\frac{\mu \cdot \pi \cdot d_m \cdot l}{\cos \alpha_F}}{\pi \cdot d_m + \frac{\mu \cdot l}{\cos \alpha_F}} \quad (18)$$

Donde T_s y T_b [Nmm] son los pares de torsión de subida y de bajada, F [N] es la carga aplicada, 2α [deg] es el ángulo entre flancos, l [in] está definida por el número de hélices, en este caso 1.

Entonces, con $F = 488.59$ N, $d_m = 0.45$ in, $\alpha = 14.5^\circ$ (para rosca trapecoidal), $l = 0.1$ in, $\mu = 0.15$:

$$T_s = 637.12 \text{ Nmm} \quad T_b = 232.56 \text{ Nmm} \quad (19)$$

Además, es necesario comprobar que el sistema es auto-asegurante, esto es que $T_b > 0$ para todo caso, entonces la fuerza que ejerce la carga no generará desplazamiento alguno; entonces:

$$\mu > \frac{l \cdot \cos \alpha_F}{\pi \cdot d_m} = 0.07 \quad (20)$$

Comprobándose, así que el tornillo cumplirá con el requerimiento de auto-aseguramiento.

Finalmente, se comprueba que dicho tornillo soportará los esfuerzos inducidos por la fuerza axial a la que está sometido ($S = F/A_t$).

$$S = \frac{F}{A_t} = 5.34 \text{ MPa} < S_{adm} \quad (21)$$

A4.4. Análisis de requerimientos electrónicos

A continuación se listarán los componentes electrónicos mayores y sus respectivos requerimientos, la información mostrada fue extraída de las hojas de datos respectivas (ver Anexo 9: Hojas de Datos) y de los cálculos realizados para el motor:

Tabla 5: Requerimientos de componentes electrónicos

Componente	Cant	Corriente (mA)	Voltaje (V)	Potencia (mW)
Controlador de motores	4	2.20	5.00	44.00
Encoder	4	14.00	5.00	280.00
Sensor de fuerza Flexiforce	4	2.50	5.00	50.00
Arduino Mega 2560 R3	1	14.00	5.00	70.00
Motor 10:1 Micro Metal GM	4	87.56	6.00	2,101.40
TOTALES	17	439.03		2195.16

Para el motor se tuvo en consideración la lógica de control que no permite que los motores se queden en parada consumiendo los 1.6 A., se calculó el valor de intensidad pues se conocen los valores de voltaje y potencia de funcionamiento.

Anexo 5: Cálculos para selección de sensores y actuadores

En esta sección se utilizarán los datos hallados en el Anexo 4: Obtención de sollicitaciones mecánicas y electrónicas.

A5.1. Selección de resortes

Se desea obtener una contracción mayor de resorte $3 < \Delta x < 5 \text{ mm}$ para que la distancia entre ratchets sea cuando menos mayor a la profundidad de dientes. Entonces, podemos calcular el rango de constante de resorte deseado:

$$K = \frac{n \cdot F_{dir}}{\Delta x} \quad (22)$$

$$97.72 < K < 162.86 \text{ Nmm} \quad (23)$$

Se optó por elegir un resorte del catálogo de Smalley Steel Ring Co., estos wave springs permiten reducir el espacio de trabajo hasta en un 50%. De entre los 10,000 productos que ofrece, se buscó aquellos que cumplan con el requisito antes mencionado, y que, a la vez, tenga el tamaño apropiado para el sistema. De esta forma se eligió el **CMS45-L1** que cuentan con diámetro exterior 45mm, diámetro interior 35mm y constante de resorte 114.94N/mm.

Finalmente, como se conoce la fuerza que se aplicará y la constante del resorte, se puede hallar la contracción de éste:

$$\Delta x = \frac{n \cdot F_{dir}}{K} = 4.25 \text{ mm} \quad (24)$$

Con lo cual se verifica que el desplazamiento obtenido es cercano al deseado por diseño.

A5.2. Selección de motores

En primer lugar, las características de velocidad angular y torque de los motores DC están típicamente relacionadas de la siguiente forma:

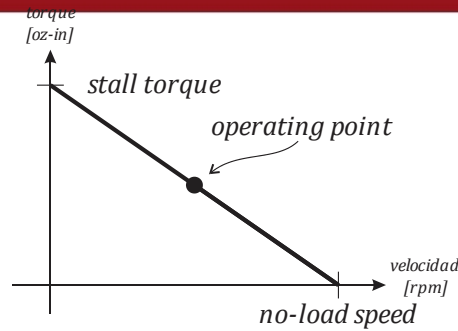


Figura 53: Gráfico de torque vs velocidad típico de un motor DC

Donde τ_s [Nmm] es el torque de arranque y representa el punto en que el torque es máximo pero el eje no está rotando; ω_n [rad/s] es la velocidad sin carga (no-load speed) es la máxima velocidad que se puede obtener cuando ningún torque se aplica al eje. Esta relación lineal se puede describir de la siguiente forma:

$$\tau = \tau_s - \frac{\omega \cdot \tau_s}{\omega_n} \quad (25)$$

Además, se sabe que:

$$P = \tau \cdot \omega \quad (26)$$

$$P = \tau_s \cdot \omega - \frac{\omega^2 \cdot \tau_s}{\omega_n} \quad (27)$$

De donde podemos hallar la máxima potencia, que se puede obtener cuando $dP/d\omega = 0$:

$$\frac{dP_m}{d\omega} = \tau_s - \frac{2 \cdot \omega \cdot \tau_s}{\omega_n} = 0 \quad (28)$$

$$\omega_{P_{max}} = \frac{\omega_n}{2} \quad (29)$$

$$\tau_{P_{max}} = \frac{\tau_s}{2} \quad (30)$$

Luego, la potencia máxima que el motor puede entregar resulta:

$$P_{max} = \frac{\omega_n \cdot \tau_s}{4} \quad (31)$$

Ahora, para la aplicación específica de este problema, el par de torsión se calculó anteriormente $T_s = 637.12$ Nmm y se estableció una relación entre velocidad lineal y angular del husillo, para ello se propone que el acople y desacople del mecanismo demore un tiempo $t = 3$ s, entonces, reemplazando en (17):

$$\omega_{husillo} = \frac{2\pi \cdot 3}{2.54 \cdot 3} = 2.47 \text{ rad/s} \quad (32)$$

Para obtener la velocidad angular a la que gira el motor, establecemos la relación:

$$\omega_{husillo} \cdot D_{husillo} = \omega_{motor} \cdot D_{motor} \quad (33)$$

Donde $D_{motor} = 30$ mm y $D_{husillo} = 10$ mm, entonces:

$$\omega_{motor} = 0.82 \text{ rad/s} \quad (34)$$

Entonces, se puede hallar la potencia requerida:

$$P = T_s \cdot \omega_{motor} = 525.35 \text{ mW} \quad (33)$$

De esta forma, los motores **10:1 Micro Metal Gearmotor HP** que a 6V entregan 3000RPM, 120mA en free-run, 4oz-in (0.3kg-cm) y 1.6A con rotor parado entregan una potencia máxima según lo calculado en (31):

$$P_{max} = 3000 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot 4 \cdot 7.06 = 2218.45 \text{ mW} \quad (34)$$

Finalmente se observa que el motor cumple con la potencia requerida:

$$FS = \frac{2218.45 \text{ mW}}{525.35 \text{ mW}} = 4.22 \quad (35)$$

A5.3. Selección de los sensores de fuerza

Se eligieron los sensores de fuerza **Flexiforce A301**, los cuales funcionan como resistencia de valor variable, teniendo inicialmente un valor máximo de más de 5 MΩ cuando se encuentran sin carga. Para su uso el fabricante recomienda una configuración de amplificador inversor, sin embargo, se optó por utilizar una configuración de divisor de tensión por simplicidad y por considerarse poco necesario pues el microcontrolador cuenta ya con buena protección ante las impedancias.

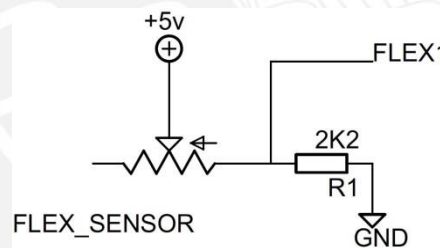


Figura 54: Configuración de divisor de tensión con sensor flexiforce

Luego, se desea que la corriente que pasa a través de las impedancias sea 10 veces mayor a la que ingresa al microcontrolador (1μA) para obtener una buena lectura; se desea, también, que la corriente a través del sensor no supere los 2.5mA, por recomendación del fabricante.

$$10 \mu A < i < 2.5 \text{ mA} \quad (36)$$

De este modo, analizando el caso en que la carga es grande y, por lo tanto, la resistencia del sensor mínima:

$$2 \text{ K}\Omega < R_s < 500 \text{ K}\Omega \quad (37)$$

Se realizó una experiencia práctica donde se comprobó que la resistencia inicial de 5 MΩ reduce hasta casi 2 MΩ presionando levemente con un dedo. Así se ve que la aplicación de una pequeña fuerza significó un cambio del valor de resistencia del 40%, por lo cual se dedujo que la resistencia del sensor no varía linealmente ante la presión

ejercida en el área de contacto. Además, puesto que los sensores irán dentro de unos brazaletes, los cuales ejercerán cierta presión mínima (comparada con la presión de un dedo), se asumirá un valor inicial de resistencia de 2 MΩ.

Luego, para el caso en que el sensor se encuentra sin carga, la resistencia R_s es despreciable en comparación con la del sensor, así:

$$i = \frac{5V}{2M\Omega} = 2.5\mu A \quad (38)$$

De esto, se observa que la respuesta del sensor para pequeñas cargas no será leída adecuadamente por el microcontrolador, por lo cual se decidió desestimar la respuesta del sensor para estas cargas pequeñas pues para la aplicación particular de este exoesqueleto las cargas serán grandes y, por ende, la resistencia del sensor será mucho menor. Es claro que son necesarias más pruebas in situ para hallar el valor umbral a partir del cual la lectura puede considerarse fiable.

Finalmente, se opta por una resistencia de 2.2 KΩ pues asegura un rango de funcionamiento óptimo para el microcontrolador. De este modo, el valor a ser leído por el microcontrolador aumentará proporcionalmente a la carga aplicada en el sensor:

$$V_{FLEX} = V \cdot \frac{R_s}{R_{FLEX} + R_s} \quad (39)$$

A5.4. Selección de batería

Las baterías se caracterizan por la energía que puede entregar en un lapso de tiempo (tiempo de vida de la batería) a fin de cumplir con el requerimiento de potencia. Así para las 4 baterías de 1.5 V cada una conectadas en serie, tenemos 6 V con 1.5 Ah. Además, sabemos que el mecanismo de acople y desacople toma 6 s en total (se asumirá 12 s), y los requerimientos de corriente y potencia (ver Anexo 4: Obtención de solicitudes mecánicas y electrónicas), entonces podemos hallar:

$$t = \frac{Capacidad}{i_{total}} = \frac{1500mAh}{439.03mA} = 3.42h \quad (40)$$

$$\#_{usos} = \frac{3.42 \cdot 3600s}{12s} = 1024.98 \text{ usos} \quad (41)$$

Lo cual, contabilizado en días laborales y un uso promedio de 20 veces diario (ver Anexo 1: Encuesta), resulta en:

$$\#_{meses} = \frac{1024 \text{ usos}}{\frac{20 \text{ usos}}{\text{dia}} \cdot \frac{5 \text{ dias}}{\text{semna}} \cdot \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}}} = 2.56 \text{ meses} \quad (42)$$

Otro método de cálculo es a través de la potencia requerida, así:

$$E = Voltaje \cdot Capacidad = 4 \cdot 1.5V \cdot 1.5Ah = 9VAh \quad (43)$$

$$E = 9VAh \cdot \frac{C/s}{A} \cdot \frac{J}{VC} \cdot \frac{3600s}{h} = 32400J \quad (44)$$

Conociendo la potencia total:

$$t = \frac{E}{P} = \frac{32400 J}{2.20 W} \cdot \frac{Ws}{J} \cdot \frac{1 h}{3600 s} = 4.10 h \quad (45)$$

$$\#_{usos} = \frac{4.10 \cdot 3600 s}{12 s} = 1229.98 usos \quad (46)$$

$$\#_{meses} = \frac{1229 usos}{\frac{20 usos}{día} \cdot \frac{5 días}{semana} \cdot \frac{4 semanas}{mes}} = 3.07 meses \quad (47)$$

De esta forma, se comprueba que la batería elegida cumple con el requisito de autonomía del exoesqueleto robótico.



Anexo 6: Análisis de esfuerzos

Para los análisis y simulaciones mostrados a continuación, se utilizaron los valores calculados en Anexo 4: Obtención de solicitaciones mecánicas y electrónicas, $W = 245.5 \text{ N}$ y $T = 55,237.5 \text{ Nmm}$.

Para las simulaciones, se asumió el caso de un extremo del sistema fijo, mientras que en el otro se aplicaron las solicitaciones mecánicas, de este modo, se simuló el comportamiento del exoesqueleto robótico.

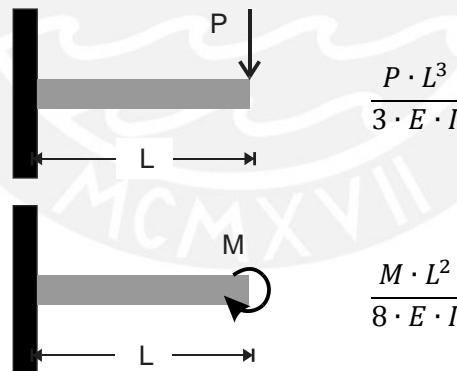
Con respecto al material escogido, el **ALUMINIO SAE 2024**, sus características son las siguientes:

Tabla 6: Características de aluminio 2024

Característica	Valor
Límite elástico	75.83 MPa
Límite de tracción	186.13 MPa
Módulo elástico	73000.00 MPa
Coefficiente de Poisson	0.33
Densidad	2800.00 kg/m ³
Módulo cortante	28000.00 MPa

Además, se sabe que la deflexión máxima para una viga es:

Tabla 7 : Deflexión según carga aplicada a viga



A6.1. Análisis de antebrazo

Se realizará un análisis de deflexiones de vigas para conocer la deformación máxima:

$$I = \frac{1}{12} \cdot 9 \cdot 50^3 = 93,750 \text{ mm}^4 \quad (49)$$

$$\Delta = 1.49 \text{ mm} \quad (50)$$

Resultados de simulaciones:

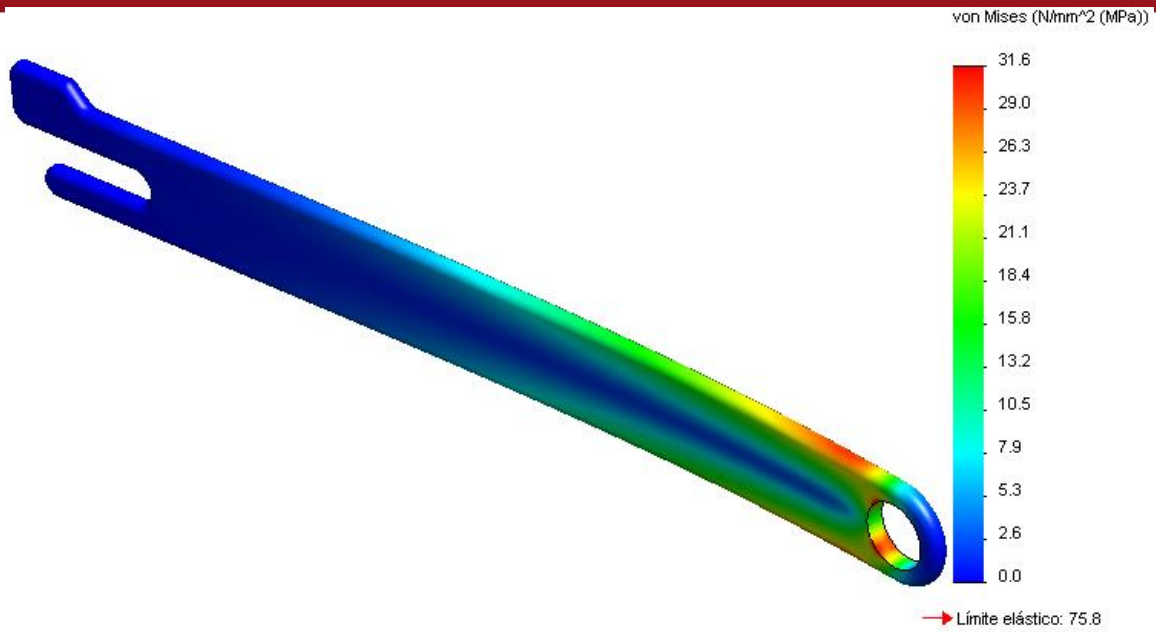


Figura 55: Evaluación de esfuerzos por von Mises, escala de deformación: 45 veces

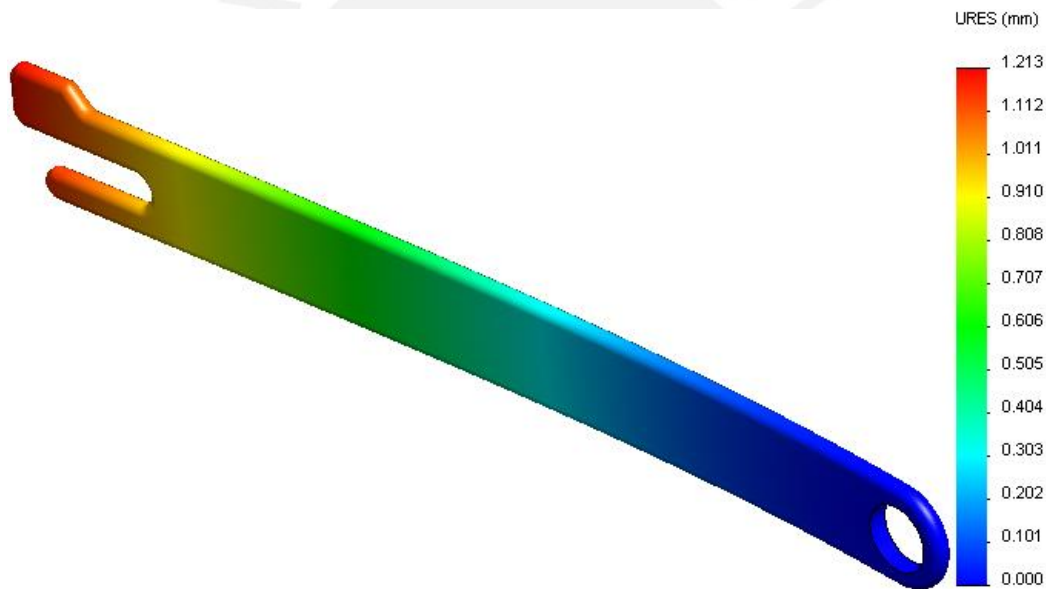


Figura 56: Evaluación de deformaciones, escala de deformación: 45 veces

Como se observa, para esta pieza se cuenta con un FS = 2.40 y una deformación máxima de 1.21 mm.

A6.2. Análisis de brazo

Se realizará un análisis de deflexiones de vigas para conocer la deformación máxima:

$$I = \frac{1}{12} \cdot 9 \cdot 54^3 = 118,098 \text{ mm}^4 \quad (51)$$

$$\Delta = 0.56 \text{ mm} \quad (52)$$

Resultados de simulaciones:

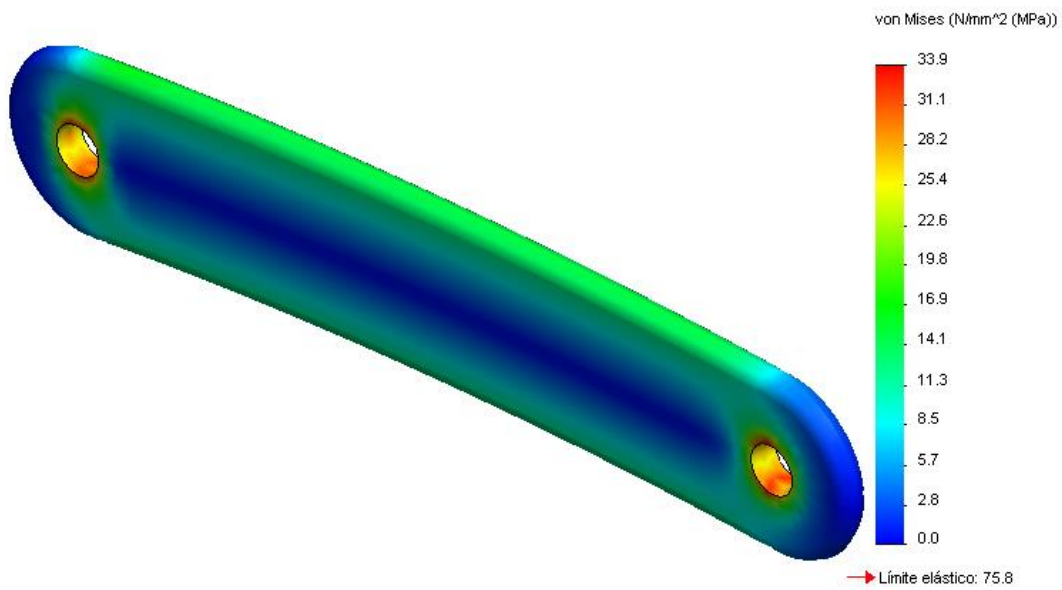


Figura 57: Evaluación de esfuerzos por von Mises, escala de deformación: 87 veces

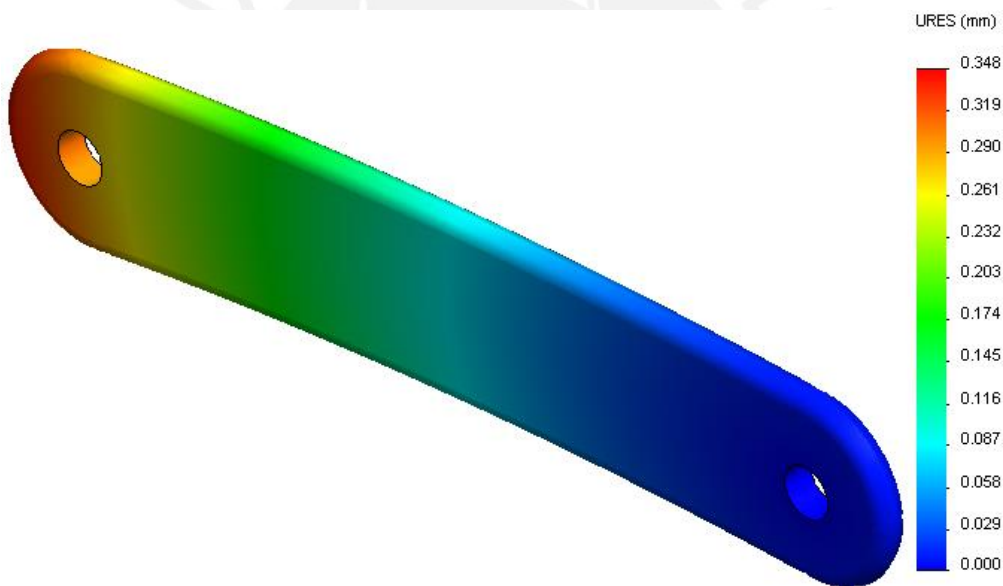


Figura 58: Evaluación de deformaciones, escala de deformación: 87 veces

Como se observa, para esta pieza se cuenta con un FS = 2.24 y una deformación máxima de 0.35 mm.

A6.3. Análisis de espalda

Resultados de simulaciones:

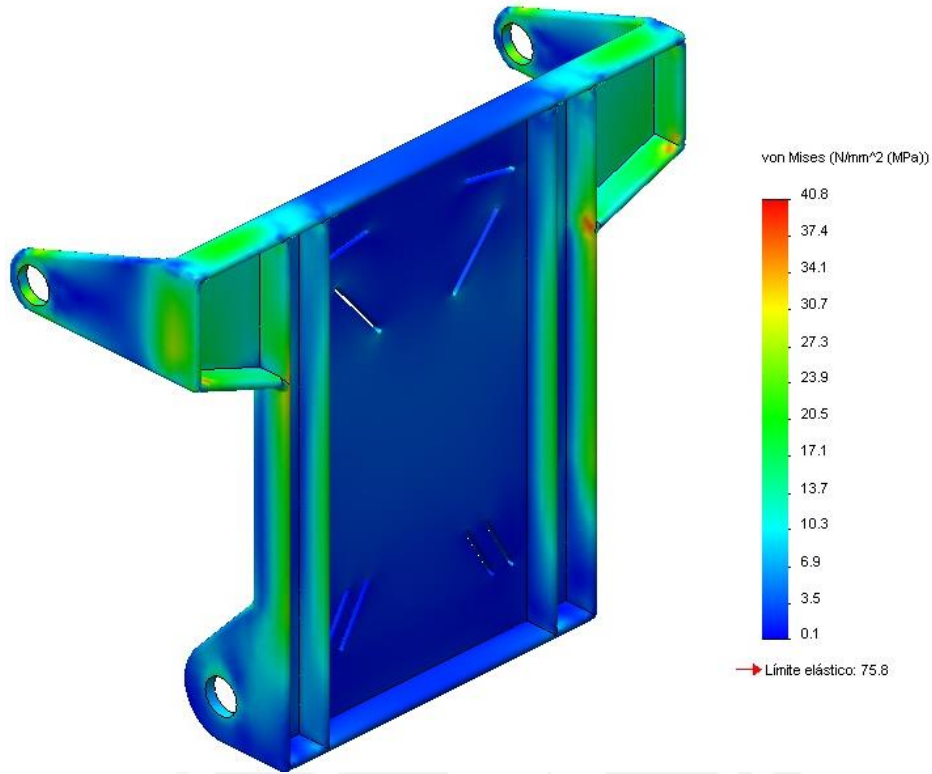


Figura 59: Evaluación de esfuerzos por von Mises, escala de deformación: 42 veces

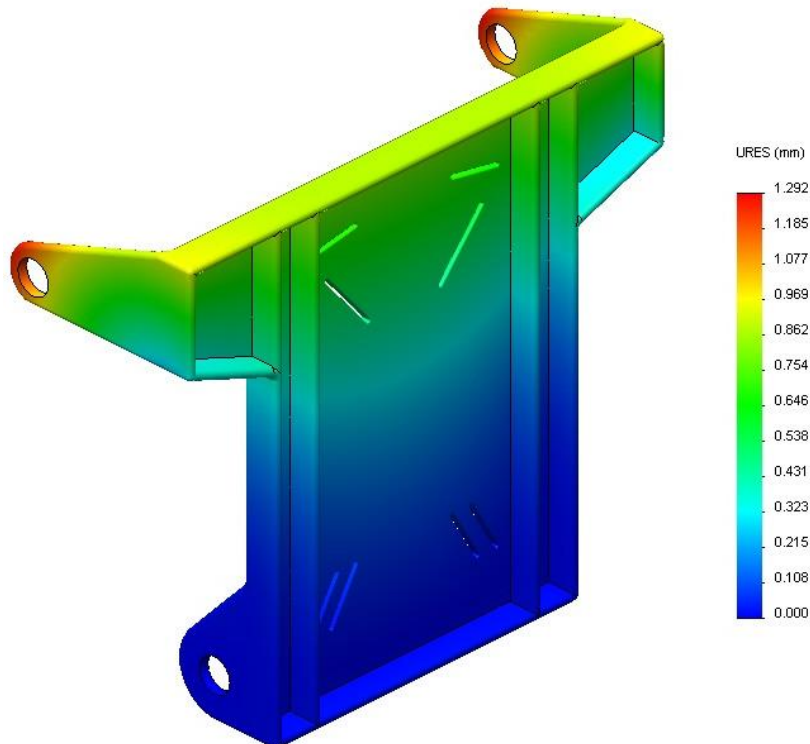


Figura 60: Evaluación de deformaciones, escala de deformación: 42 veces

Como se observa, para esta pieza se cuenta con un FS = 1.86 y una deformación máxima de 1.30 mm.

A6.4. Análisis de soporte de piernas

Resultados de simulaciones:

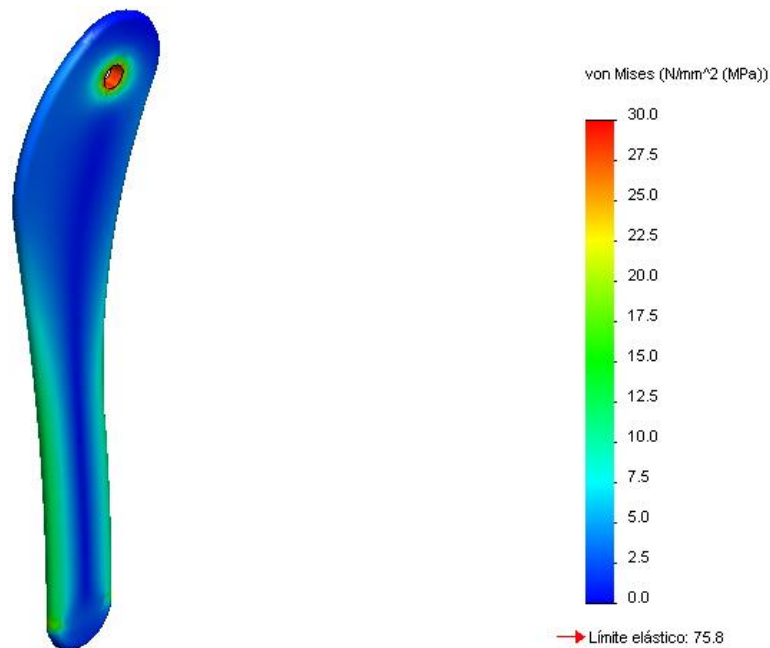


Figura 61: Evaluación de esfuerzos por von Mises, escala de deformación: 95 veces

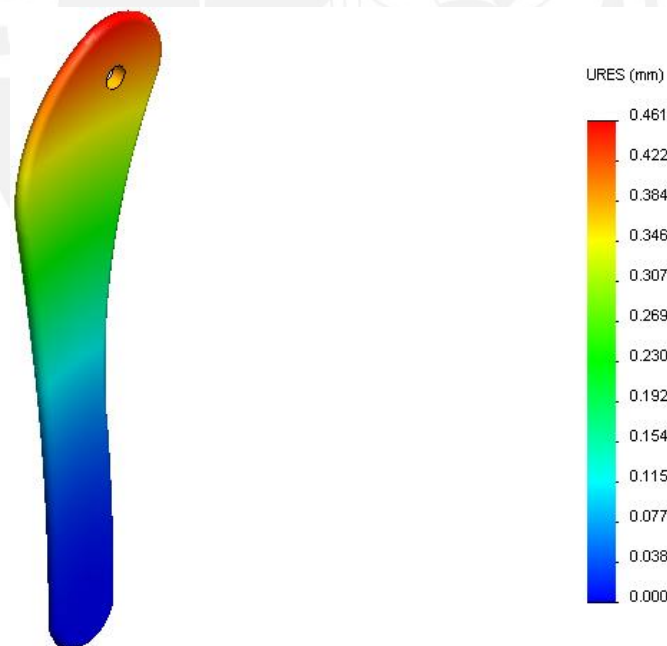


Figura 62: Evaluación de deformaciones, escala de deformación: 95 veces

Como se observa, para esta pieza se cuenta con un FS = 2.53 y una deformación máxima de 0.46 mm.

A6.5. Análisis de ratchet rotatoria

Resultados de simulaciones:

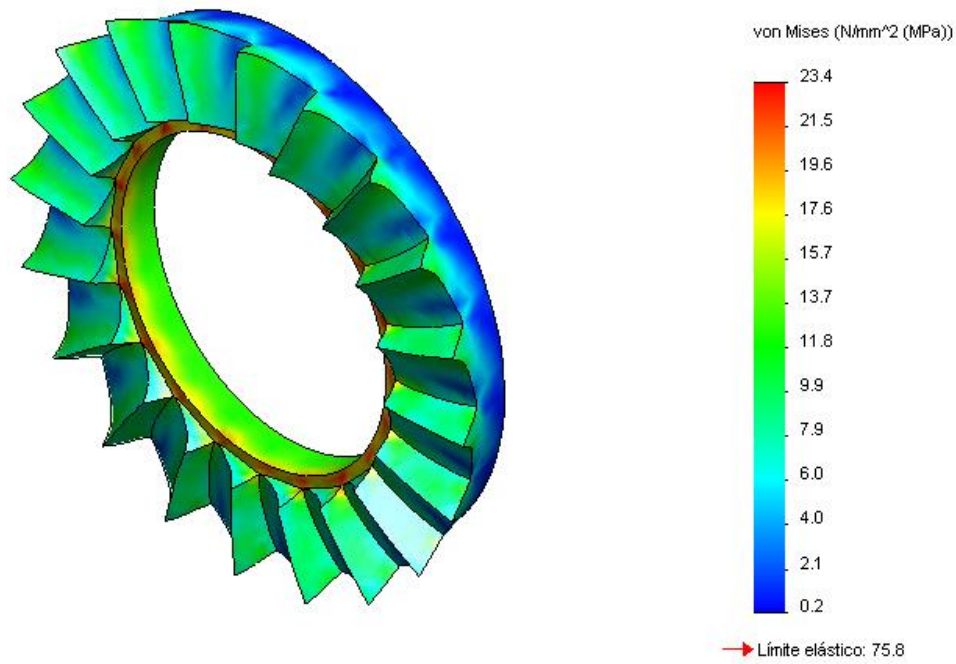


Figura 63: Evaluación de esfuerzos por von Mises, escala de deformación: 1650 veces

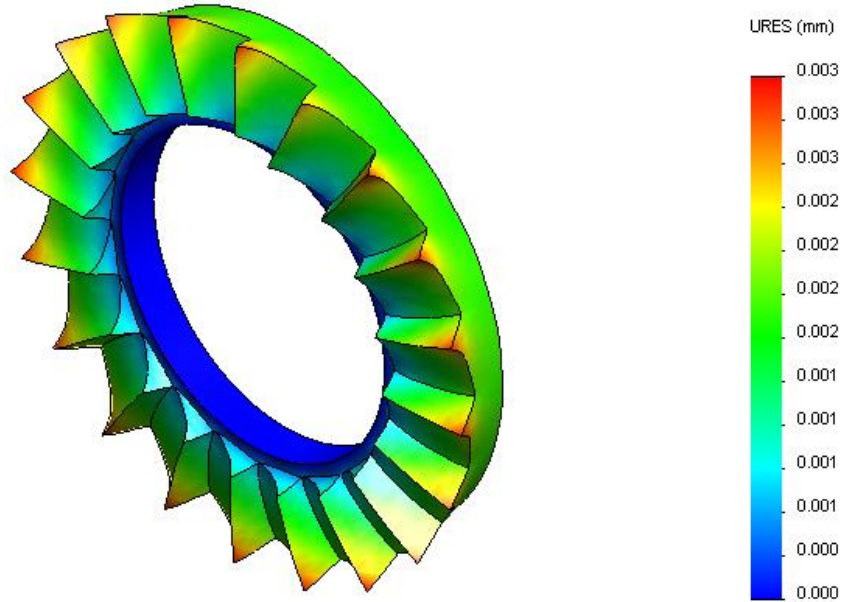


Figura 64: Evaluación de deformaciones, escala de deformación: 1650 veces

Como se observa, para esta pieza se cuenta con un FS = 3.24 y una deformación máxima de 0.01 mm.

A6.6. Análisis de ratchet deslizante

Resultados de simulaciones:

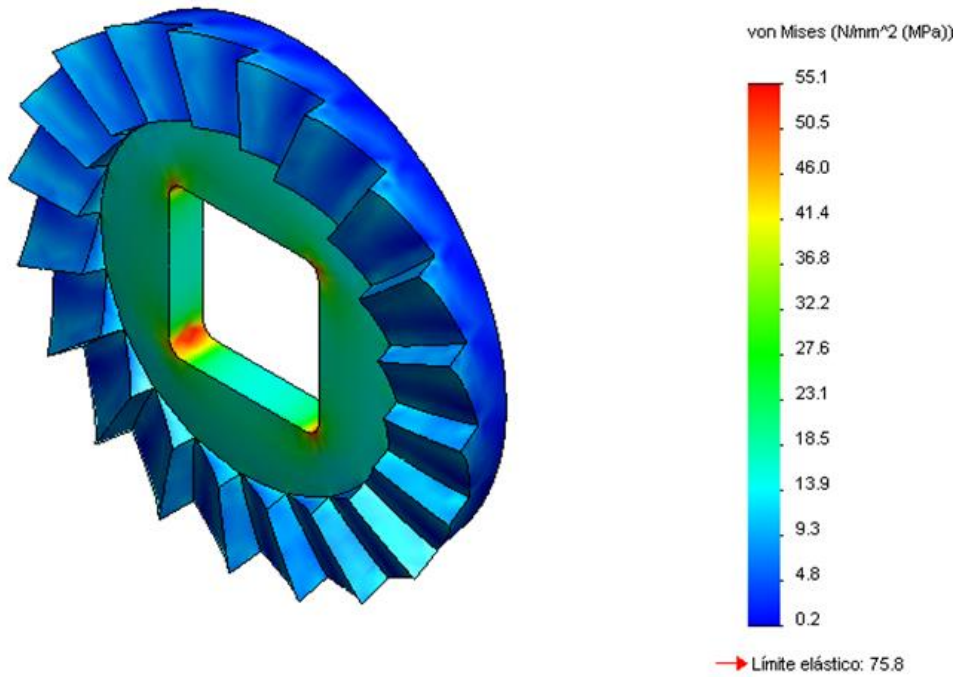


Figura 65: Evaluación de esfuerzos por von Mises, escala de deformación: 698 veces

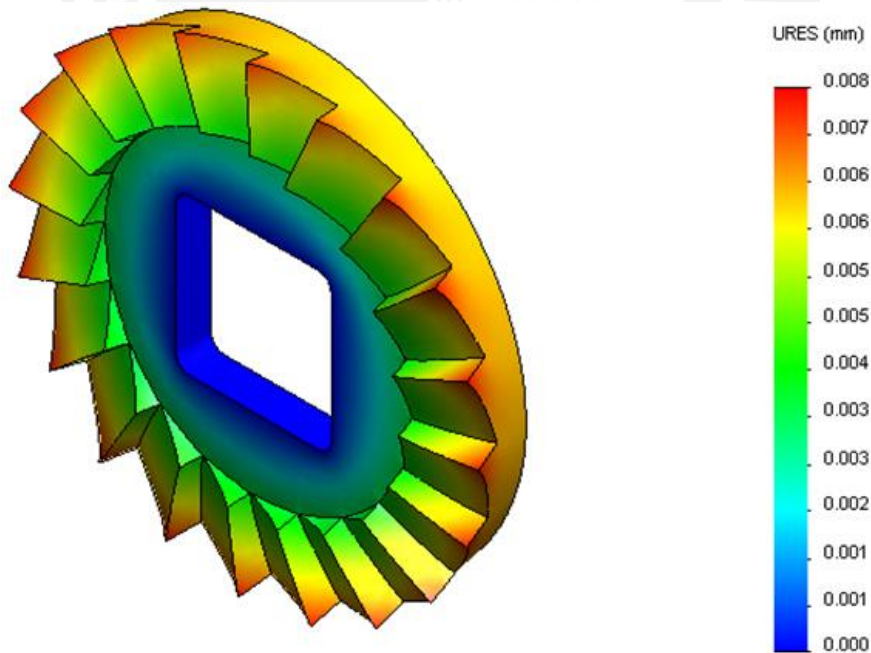


Figura 66: Evaluación de deformaciones, escala de deformación: 698 veces

Como se observa, para esta pieza se cuenta con un FS = 1.38 y una deformación máxima de 0.01 mm.

Anexo 7: Cotizaciones

A continuación, se detallarán las proformas de venta, cotizaciones y valores venta de los elementos necesarios para la fabricación del exoesqueleto robótico, así como de los procesos de fabricación.

A7.1. Elementos mecánicos

OFFERING:

2024 T351

.375" x 20.50" x 26"

1 plate at \$ 375.50

.3750" x 3.6" x 7.10"

2 plates at \$231.36 each

.375" x 6" x 21.30"

2 plates at \$ 255.00 each

FOB NH

Cut and ship in 3-5 business days

ORDERING: First Time Buyers: We accept all major credit cards or cash in advance for your first order with us. If you would like to establish open credit terms on subsequent orders, please feel free to request our credit application form.

PRICING: Price in Effect at time of shipment. Material is subject to availability at time of order. Extended price is subject to change based on actual quantity shipped. Customer is responsible for complying with all United States laws including, but not limited to U. S. export laws and regulations.

ORDER ACCEPTANCE: Acceptance of your order by Metal Suppliers Online LLC is conditional upon your agreement to our terms and conditions of sale, which can be viewed here: <http://bit.ly/aW1X1U>

Material Quoted and or sold by Metal Suppliers Online LLC is not to be exported or re-exported to the following US embargoed countries: Cuba, Iran, Syria, North Korea, Myanmar and Sudan.

Thank you.

Barbara Gage

Metal Suppliers Online | 35 Gigante Drive | Hampstead, NH 03841 ([map](#))

Office - (603) 329-0101 x 104

Figura 67: Cotización de planchas de aluminio 2024



QUOTATION
Spirolox® Retaining Rings
Wave Springs

555 Oakwood Rd • Lake Zurich, IL 60047 • Fax: (847) 719-5999 • (847) 719-5900 • sales@smalley.com • www.smalley.com

Quotation Number: 427100 June 24, 2013

PUCP – Pontifical Catholic University of Peru
Av. Universitaria 1801
San Miguel, Lima 32
Peru
Tel: 511 98035823

Attn: Arturo Mendoza Quispe

Re: Your request for quotation dated June 22, 2013

Thank you for your inquiry. We are pleased to submit our quotation:

Smalley **Crest-to-Crest** Spirawave® / Compression Spring, Shim Ends
Carbon Steel, Spring Temper
Smalley Part Number: CMS45-H1

Purchase Quantity

1 through 4
5 through 9

Price

\$25,00 lot charge
\$5,32 / each

Figura 68: Cotización de resortes CMS45-H1

Rodamientos Huanuco E.I.R.L.
Distribuidor Oficial

Av. Aviación 1954, Urb. Sta. Catalina, La Victoria, Lima www.skfhuanuco.com
Telefax: 224-8385 Nextel: 8247830 / 4014063 Email: huanuco@skfhuanuco.com

SRNS:

RUC: 20302241598

R.U.C. No: 20509085006

PROFORMA
001 - 045231

ITEM	CANT	MARCA	CODIGO / DESCRIPCION	P. UNITARIO	IMPORTE
52937	4	SKF	RODAJES 61800-27	23.73	94.92
52722	4	SKF	RODAJES 63002-2RS1	29.66	118.64
52246	2	SKF	RODAJES 6002-2Z	11.02	22.04

NO RETENER IGV, BUEN CONTRIBUYENTE
R.I. 0230050020467

SOLES	MONEDA	IGV	TOTAL
DOSCIENTOS SETENTA Y OCHO Y 01/100 NUEVOS SOLES	235.60	42.41	278.01

BCP Cta Cte en S/. 191-1849029-0-59 , Cta Cte en US\$ 191-1513420-1-80

Figura 69: Cotización de rodamientos SKF

Cotización N°2013-PUCP-M-35

ATENCIÓN: Pontificia Universidad Católica del Perú.
Departamento de Ingeniería-Mecatrónica
Arturo Mendoza Quipe



DIRECCIÓN: Av. Universitaria 1801-San Miguel
FECHA: 06-07-2013

De nuestra mayor consideración :

En atención a su amable solicitud de cotización, tenemos el agrado de presentarles nuestra oferta económica

POS	MODELO	DESCRIPCION	CANT	Precio Unitario	Precio Total
1		LINEA 1: Fabricación: Eje de Ratchet, según planos enviados.	4	85.00	340.00
2		LINEA 2: Fabricación de Antebrazo, según planos enviados.	2	425.00	850.00
3		LINEA 3: Fabricación de Pieza "Brazo", por arranque de viruta, según planos enviados.	2	550.00	1100.00
4		LINEA 4: Fabricación de Ratchet Rotatoria, según planos enviados.	4	705.00	2820.00
5		LINEA 5: Fabricación de Ratchet, según planos enviados.	4	705.00	2820.00
6		LINEA 6: Fabricación de "Soporte para Pierna", por arranque de viruta , según planos enviados	2	385.00	770.00
7		LINEA 7: Fabricación: Pieza "Espalda", por soldadura , no doblado, según planos enviados	1	875.00	875.00

Cotización en NUEVOS SOLES PERUANOS

Anotaciones: Incluye material SAE 1020 y Aluminio 2024*

Forma de Pago	40% del total con la orden de compra, 60% restante 5 días después de entregada la mercadería y emitida la factura.	Precio en soles	9575.00
Forma de entrega	En sus instalaciones, 45 días útiles después de emitida la orden de compra y/o emisión de la factura, para cambios de mercadería y otros validez de 5 días, se aplican condiciones. *La fecha de entrega está sujeta a la disponibilidad del material Aluminio 2024, ya que este es importado.	IGV 18%	1723.50
Validez de la oferta	20-07-2013	Total soles	11298.50

Agradeciendo a la atención que brinde a la presente, quedamos a su disposición para cualquier consulta que considere necesaria.

Atentamente

Harold R. La Chira Márquez.

Chief commercial officer -Gerente Comercial

STEINTRICES E.I.R.L. - 20546506470

harold.lachira@steintrices.com

Telephone: 511-4747393

Mobile Phone: 511-992627992

Calle Andrés Costello 190-San Luis

Av. Nicolás Arriola 1061-La Victoria-Lima-Perú

<http://www.steintrices.com>

Figura 70: Cotización de mecanizar piezas del exoesqueleto robótico



Figura 71: Valor venta de espárrago 1/2"

Empresa	Tipo	Material	Dirección	Telefono	Precio	Comentario
Fierro&Acero Center S.A.C	Plancha A. Estructural	ASTM A36	Av. Argentina 2010 Cercado de Lima	336-5705 336-6169 336-9029	S/78	*Es el precio de la plancha entera
	Eje de A. Estructural	ASTM A1020			S/20	*Se vende por metro

Figura 72: Referencias de precios de planchas y ejes de aceros

A7.2. Elementos electrónicos

Paruro.pe
Tu lugar de componentes electrónicos

BUSCAR PRODUCTOS

1. Información de Envío 2. Método de Envío 3. Facturación 4. Revisar pedido 5. Compra finalizada

Product	Price	Quantity	Remove	Total
Arduino Mega2560 - Rev 3	S/173.70	1	Remove	S/173.70

Total: S/173.70

Figura 73: Cotización de Arduino Mega 2560 R3

JOSE BAZAN REYES <jobareci@hotmail.com>
Para: Arturo Mendoza <a20094311@pucp.edu.pe>

4 de julio de 2013 09:07

HOLA ARTURO , EL COSTO DE SUS TARJETASS ES COMO SIGUE:

NO METALIZADA

MOD. ARDUINO SHIELDS 10 X 7.4 CM 45.00 N SOLES

METALIZADA

MOD. ARDUINO SHIELDS 10 X 7.4 CM 135.00 N SOLES

UNA CARA

MOD MOTORS SHIELD 3.9 X 2.25 CM 5.00 N SOLES

ENSAMBLAJE DE 2 TARJETAS (UDS. PROPORCIONARIAN LOS COMPONENTES)
30.00 N SOLES

PRECIOS MAS IGV

SALUDOS JOSE BAZAN
JOBARECI EIRL

Figura 74: Cotización de fabricación y ensamblaje de tarjetas electrónicas



Product	Quantity	Subtotal
 <p>PRT-09835 Battery Holder - 4xAA to Barrel Jack Connector</p>	<input type="text" value="1"/> <input type="button" value="update"/> <input type="button" value="remove"/> in stock	\$2.49
 <p>PRT-09100 1500 mAh Alkaline Battery - AA</p>	<input type="text" value="4"/> <input type="button" value="update"/> <input type="button" value="remove"/> in stock	\$2.00 (\$0.50 ea.)
Subtotal:		\$4.49

Figura 75: Cotización de piezas para batería de Sparkfun

All prices are in US dollars.

Index	Quantity	Part Number	Description	Customer Reference	Available Quantity	Backorder Quantity	Unit Price	Extended Price
1	2	WM4723-ND	CONN HEADER 14POS 3MM R/A TIN		2 Immediate	0	3.37000	\$6.74
2	1	WM1861-ND	CONN HEADER 3POS 3MM RT ANG TIN		1 Immediate	0	1.00000	\$1.00
3	1	WM1816-ND	CONN HEADER 8POS 3MM RT ANG TIN		1 Immediate	0	2.00000	\$2.00
4	1	WM1815-ND	CONN HEADER 6POS 3MM RT ANG TIN		1 Immediate	0	1.63000	\$1.63
5	2	WM2489-ND	CONN RECEPT 14POS 3MM DUAL ROW		2 Immediate	0	0.91000	\$1.82
6	1	WM1846-ND	CONN RECEPT 3POS 3MM SINGLE ROW		1 Immediate	0	0.37000	\$0.37
7	1	WM1786-ND	CONN RECEPT 8POS 3MM VERT DUAL		1 Immediate	0	0.54000	\$0.54
8	1	WM1785-ND	CONN RECEPT 6POS 3MM VERT DUAL		1 Immediate	0	0.46000	\$0.46
Subtotal								\$14.56

Figura 76: Cotización de conectores molex de digikey

All prices are in US dollars.


Index	Quantity	Part Number	Description	Customer Reference	Available Quantity	Backorder Quantity	Unit Price	Extended Price
1	1	MC33269DT-5.0GOS-ND	IC REG LDO 5V 0.8A DPAK		1 Immediate	0	0.90000	\$0.90
Subtotal								\$0.90

Figura 77: Cotización de regulador de voltaje

A7.3. Elementos adicionales

Your shopping cart contains...

[Continue Shopping](#)
[Checkout](#)

Qty.	Description	Unit Price	Price	
1	 Elite Technical Diving Harness(HL208.1220.002)	\$139.95	\$139.95	Remove

[Recalculate](#)

[Checkout](#)

Figura 78: Cotización de arnés sujetado

UNITED STATES POSTAL SERVICE | Postage Price Calculator

International Services Display All Options

Large Package, weight 31 lbs 0 oz to Peru [Price charts and complete information for Peru](#)

Products	Expected Delivery*	Post Office Price	Online Price
GXG and Express Mail® International Options			
<input checked="" type="radio"/> Express Mail® International ⓘ Max. length 36", max. length plus girth 79"	3 - 5 business days	\$167.45	\$150.71
Priority Mail® International Options >> Click to View these Mailing Options			

Product Selected

Express Mail® International

Expected Delivery **3 - 5 business days** Post Office Price **\$167.45** Online Price **\$150.71**

*Designed to be delivered in the number of business days specified for each service depending on origin and destination.

Figura 81: Cotización de envío de piezas de Estados Unidos



Anexo 8: Usabilidad y portabilidad

El exoesqueleto robótico está diseñado para ser colocado, en primera instancia como una mochila; a continuación se deberá ajustar el arnés para una sujeción óptima. Es recomendable utilizar los elementos ortopédicos sugeridos tales como faja laboral y cojín lumbar.

Luego, se debe proceder a asegurar las correas en los miembros inferiores para luego pasar a las coderas de los brazos. En esta etapa, en la cual el usuario tiene completa movilidad, el usuario tendrá que adoptar la posición inicial de carga.

Para activar el mecanismo bastará con que ejerza presión a ambos lados internos del antebrazo robótico y, de este modo, presionará dos pulsadores que comenzarán a acoplar el mecanismo. Huelga decir que aún no se debe aplicar la carga.

Pasados aproximadamente 3 s, el usuario deberá pasar a probar el mecanismo de la ratchet extendiendo tan sólo un poco sus brazos. De este modo se asegura un acople adecuado.

Recién con el mecanismo de la ratchet acoplado, se procederá a colocar la carga sobre los antebrazos, para luego ser transportada hasta otra ubicación. El diseño particular de la ratchet permitirá al usuario ajustar la posición de carga, pero sólo hacia arriba, por lo cual se recomienda empezar con la posición más inferior para luego elegir la que mejor se adecúe a la situación.

Para la descarga, el exoesqueleto robótico recién desacoplará el mecanismo cuando detecte que no hay carga, esto por motivos de seguridad.

Una vez se haya terminado de utilizar el exoesqueleto robótico, esto podrá ser plegado de modo de modo que no ocupe más espacio de que el una mochila de viaje. En esta modalidad, ocupa un espacio de 55 x 55 x 24 cm.

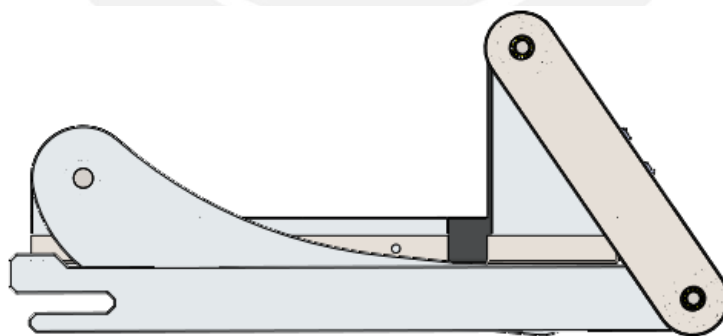


Figura 82: Exoesqueleto robótico completamente plegado, listo para su transporte

Anexo 9: Hojas de Datos

A continuación, se muestran la primera hoja de las respectivas hojas de datos de los componentes involucrados en el exoesqueleto robótico.

Features

- High Performance, Low Power Atmel® AVR® 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 135 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
 - On-Chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 64K/128K/256KBytes of In-System Self-Programmable Flash
 - 4Kbytes EEPROM
 - 8Kbytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles:10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/ 100 years at 25°C
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
 - Endurance: Up to 64Kbytes Optional External Memory Space
- Atmel® QTouch® library support
 - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
 - QTouch and QMatrix® acquisition
 - Up to 64 sense channels
- JTAG (IEEE std. 1149.1 compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - Four 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare- and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four 8-bit PWM Channels
 - Six/Twelve PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
 - Output Compare Modulator
 - 8/16-channel, 10-bit ADC (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
 - Two/Four Programmable Serial USART (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte Oriented 2-wire Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 54/86 Programmable I/O Lines (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
 - 64-pad QFN/MLF, 64-lead TQFP (ATmega1281/2561)
 - 100-lead TQFP, 100-ball CBGA (ATmega640/1280/2560)
 - RoHS/Fully Green
- Temperature Range:
 - -40°C to 85°C Industrial
- Ultra-Low Power Consumption
 - Active Mode: 1MHz, 1.8V: 500µA
 - Power-down Mode: 0.1µA at 1.8V
- Speed Grade:
 - ATmega640W/ATmega1280W/ATmega1281V:
 - 0 - 4MHz @ 1.8V - 5.5V, 0 - 8MHz @ 2.7V - 5.5V
 - ATmega2560V/ATmega2561V:
 - 0 - 2MHz @ 1.8V - 5.5V, 0 - 8MHz @ 2.7V - 5.5V
 - ATmega640/ATmega1280/ATmega1281:
 - 0 - 8MHz @ 2.7V - 5.5V, 0 - 16MHz @ 4.5V - 5.5V
 - ATmega2560/ATmega2561:
 - 0 - 16MHz @ 4.5V - 5.5V



**8-bit Atmel
Microcontroller
with
64K/128K/256K
Bytes In-System
Programmable
Flash**

**ATmega640/V
ATmega1280/V
ATmega1281/V
ATmega2560/V
ATmega2561/V**

2549P-AVR-10/2012



Figura 83: Hoja de datos de ATmega2560, incluido en el arduino

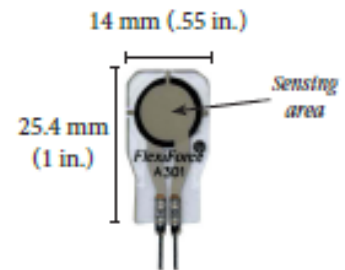
FlexiForce®

Standard Force & Load Sensors Model # A301

Physical Properties

Thickness	0.208 mm (0.008 in.)
Length	25.4 mm (1 in.)
Width	14 mm (0.55 in.)
Sensing Area	9.53 mm diameter (0.375 in.)
Connector	2-pin Male Square Pin
Substrate	Polyester (ex: Mylar)
Pin Spacing	2.54 mm (0.1 in.)

✓ ROHS Compliant



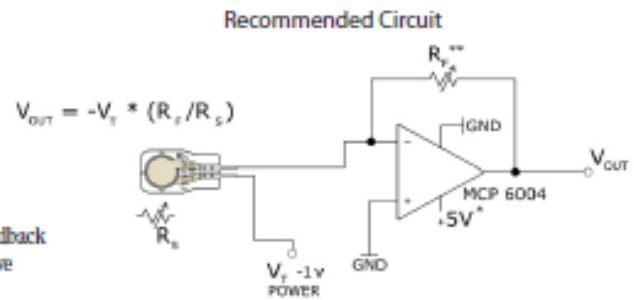
Actual size of sensor

Standard Force Ranges (as tested with circuit shown below)

- Force Range:**
 Low: 0 - 1 lb. (4.4 N)
 Medium: 0 - 25 lb. (110 N)
 High: 0 - 100 lb. (440 N)*

Force Range Adjustments:

In order to measure higher forces, apply a lower drive voltage (-0.5 V, -0.10 V, etc.) and reduce the resistance of the feedback resistor (1kΩ min.) To measure lower forces, apply a higher drive voltage and increase the resistance of the feedback resistor.



- * Supply Voltages should be constant
- ** Reference Resistance R_f is 1kΩ to 100kΩ
- Sensor Resistance R_s at no load is >5MΩ
- Max recommended current is 2.5mA

Typical Performance

Linearity (Error)	< ±3%
Repeatability	< ±2.5% of full scale
Hysterests	< 4.5 % of full scale
Drift	< 5% per logarithmic time scale
Response Time	< 5 usec

Operating Temperature -40°F - 140°F (-40°C - 60°C)*
 *Force reading change per degree of temperature change = ±0.2%/°F (0.36%/°C)

Evaluation Conditions

Line drawn from 0 to 50% load
 Conditioned sensor, 80% of full force applied
 Conditioned sensor, 80% of full force applied
 Constant load
 Impact load, output recorded on oscilloscope
 Time required for the sensor to respond to an input force

Tekscan, Inc. 307 West First Street South Boston, MA 02127-1309 USA tel: 617.464.4500/800.248.3669
 fax: 617.464.4266 e-mail: marketing@tekscan.com URL: www.tekscan.com



Figura 84: Hoja de datos de sensor Flexiforce de Tekscan

MC33269, NCV33269

800 mA, Adjustable Output, Low Dropout Voltage Regulator

The MC33269/NCV33269 series are low dropout, medium current, fixed and adjustable, positive voltage regulators specifically designed for use in low input voltage applications. These devices offer the circuit designer an economical solution for precision voltage regulation, while keeping power losses to a minimum.

The regulator consists of a 1.0 V dropout composite PNP-NPN pass transistor, current limiting, and thermal shutdown.

Features

- 3.3 V, 5.0 V, 12 V and Adjustable Versions
2.85 V version available as MC34268
- Space Saving DPAK, SO-8 and SOT-223 Power Packages
- 1.0 V Dropout
- Output Current in Excess of 800 mA
- Thermal Protection
- Short Circuit Protection
- Output Trimmed to 1.0% Tolerance
- NCV Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Unique Site and Control Change Requirements; AEC-Q100 Qualified and PPAP Capable
- These are Pb-Free Devices

DEVICE TYPE/NOMINAL OUTPUT VOLTAGE

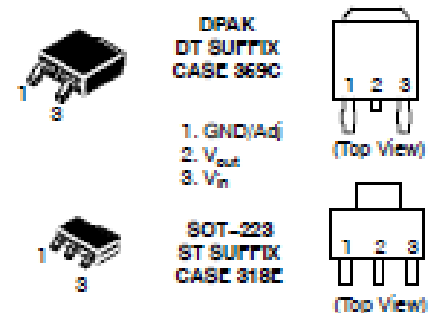
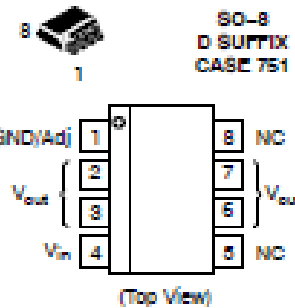
MC33269D	Adj	MC33269D-5.0	5.0 V
NCV33269D*	Adj	MC33269DT-5.0	5.0 V
MC33269DT	Adj	NCV33269DT-5.0*	5.0 V
NCV33269DTRK*	Adj	NCV33269DTRK-5.0*	5.0 V
MC33269T	3.3 V	MC33269T-5.0	5.0 V
MC33269D-8.3	8.3 V	MC33269D-012	12 V
MC33269DT-8.3	8.3 V	MC33269DT-012	12 V
NCV33269DTRK-3.3*	3.3 V	NCV33269DTRK-012*	12 V
MC33269T-8.3	8.3 V	MC33269T-012	12 V
MC33269ST-8.3			

*NCV Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Unique Site and Control Change Requirements; AEC-Q100 Qualified and PPAP Capable.

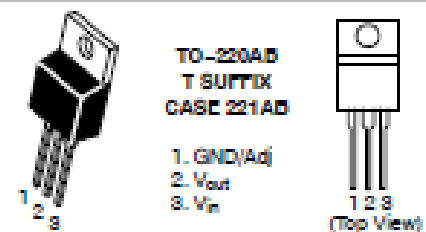


ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>



Heatbink surface (shown as terminal 4 in case outline drawing) is connected to Pin 2.



Heatbink surface (shown as terminal 4 in case outline drawing) is connected to Pin 2.

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 7 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 8 of this data sheet.

Figura 85: Hoja de datos del regulador de voltaje utilizado

TOSHIBA

TB6612FNG

Toshiba Bi-CD Integrated Circuit Silicon Monolithic

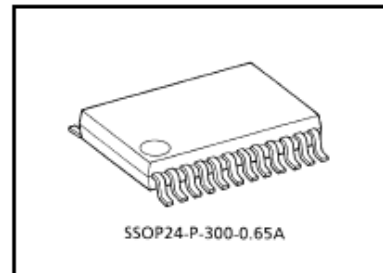
TB6612FNG

Driver IC for Dual DC motor

TB6612FNG is a driver IC for DC motor with output transistor in LD MOS structure with low ON-resistor. Two input signals, IN1 and IN2, can choose one of four modes such as CW, CCW, short brake, and stop mode.

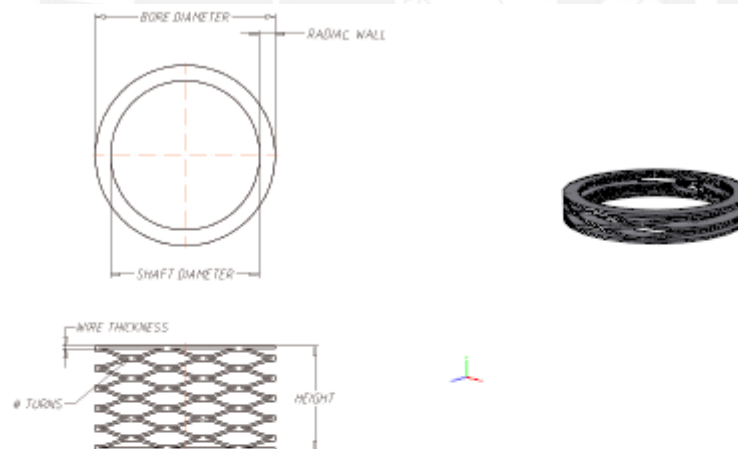
Features

- Power supply voltage; $V_M = 15 \text{ V(Max)}$
- Output current; $I_{OUT} = 1.2 \text{ A(ave)} / 3.2 \text{ A(peak)}$
- Output low ON resistor; 0.5Ω (upper+lower Typ. @ $V_M \geq 5 \text{ V}$)
- Standby (Power save) system
- CW / CCW / short brake / stop function modes
- Built-in thermal shutdown circuit and low voltage detecting circuit
- Small faced package(SSOP24: 0.65 mm Lead pitch)
- Response to Pb free packaging



質量: 0.14 g (標準)

Figura 86: Hoja de datos de controlador de motores, incluido en la tarjeta respectiva



Part No.	CMS45-H1
Material	Carbon Steel SAE 1070-1090
Operates in Bore Diameter (mm)	45.000
Clears Shaft Diameter (mm)	35.000
Load (N)	400
Work Height (mm)	6.430
Free Height Ref. (mm)	9.910
Number of Waves	4.5
Number of Turns	3
Wire Thickness (mm)	0.610
Radial Wall (mm)	3.760
Spring Rate Ref. (N/mm)	114.04
Number of Shims	0

Figura 87: Hoja de datos de resortes Smalley Steel Ring Co.

Anexo 10: Planos de despiece y ensamble

Lista de planos:

- PL0 - A1 EXOESQUELETO ROBÓTICO
- PL1 - A2 Espalda
- PL2 - A3 Brazo
- PL3 - A3 Antebrazo
- PL4 - A3 Miembro Inferior
- PL5 - A3 Ratchet Rotatoria
- PL6 - A3 Ratchet Deslizante
- PL7 - A4 Eje de Ratchet
- PL8 - A4 Tuerca Husillo
- PL9 - A4 Husillo
- PL10 - A4 Eje de Miembro Inferior
- PL11- A3 Cubierta de Espalda

