

Mecatrónica Deportiva

Seth Gaed Plancarte Silva A01638066

Javier Ramírez Robles A01637537

Manuel Salvador Zazueta Paredes A01741115

*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
Guadalajara, México*

Abstract— El propósito de este documento es brindar información respecto al dispositivo a diseñar (máquina de remo), investigando y plasmando cómo vivimos en un mundo cambiante, en el que se están imponiendo hábitos de consumo cada vez más saludables. Este reto tiene el objetivo de diseñar un equipo de ejercicio para el equipo de Fútbol Americano, equipo representativo del Tecnológico de Monterrey, el cual consta de un tipo de remadora con distinciones de la habitual, con limitaciones y diferencias para que se le sea aún más fácil el uso de ella para los jugadores (usuarios).

Etapas 1

I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto es sobre una máquina la cual realiza la simulación de remar, con el solo propósito de hacer ejercicio y a este se le conoce como remo indoor al cual actualmente se le denomina deporte. A esta máquina se le puede conocer como remadora, ergómetro o remoergómetro.[2] Se llevará a cabo el diseño, procesamiento, software, y preparación de una máquina de remar como propuesta principal para aportar una alternativa a los problemas de salud en los que México es conocido mundialmente, la obesidad/sobrepeso. Pero también lo tomamos como una área de oportunidad dada la alta demanda de equipos para hacer ejercicio y con la pandemia actual, equipos indoor, se espera un crecimiento exponencial el cual pensamos aprovechar para futuro.

Además del apoyo mutuo entre nuestro socio formador con nosotros para un proyecto justo con las necesidades requeridas y eficaz.

II. ESTADO DEL ARTE

El origen del remo surge como un método de propulsión muy antiguo, para las embarcaciones marítimas. Algunos ejemplos son las embarcaciones utilizadas en el Antiguo Egipto, en el Nilo y en Grecia con los trirremes (naves de guerra, Fig. 1.1).[1]

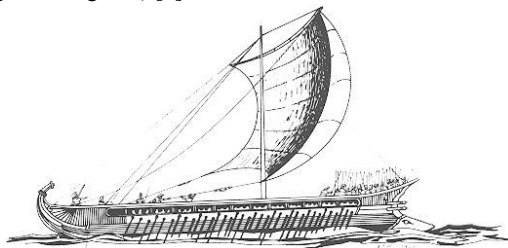


Fig. 1.1

El Remo se comenzó a considerar un deporte durante el siglo XVII en Gran Bretaña, siendo una actividad destinada a la alta nobleza de la sociedad británica que después se esparció a distintos países de Europa. Durante los siglos siguientes esta actividad fue evolucionando mucho, agregando a este deporte nuevas tecnologías para la construcción de remos y botes, así mismo la técnica para remar fue evolucionando. Actualmente el remo es un deporte extendido a la mayor parte de los países de Europa, América, Asia, Oceanía y África y forma parte de los

Juegos Olímpicos desde la segunda Olimpiada de la Era

Moderna (Paris 1900) ya que en los primeros juegos olímpicos de Atenas (1896) el gran viento que hacía impidió realizar esta actividad.



Fig. 1.2 Juegos Olímpicos 2016

Esta actividad también llevó a la creación del *ergómetro* o también llamado *remoergómetro*, una máquina para realizar una simulación de remar con el propósito de hacer ejercicio y entrenar para el deporte en el exterior. La historia de estas máquinas comienza a finales del siglo XIX en donde ya se encontraban distintos modelos patentados. El primero ampliamente utilizado fue un modelo hidráulico patentado por William Buckingham Curtis en 1872.

Estos primeros modelos eran demasiado básicos y no emulaban realmente el movimiento del remo real, fue hasta 1900 y mediados del siglo cuando la empresa "*Narragansett Machine Company*" en Rhode Island, comenzó a crear máquinas de remos indoor resistentes y fiables (Fig. 1.3), las cuales rápidamente llegaron a manos de universitarios, donde los equipos de remo las utilizaban para entrenar fuera de temporada.

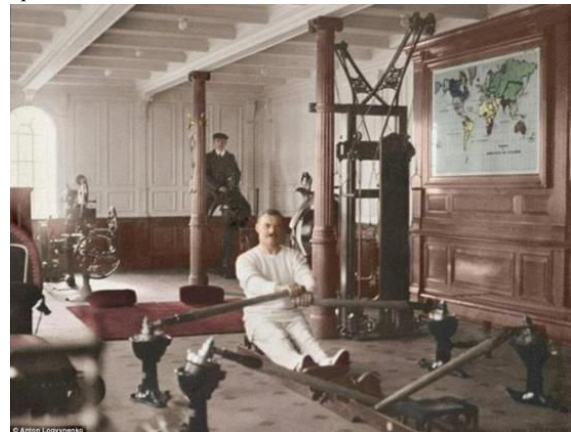


Fig. 1.3. Original photograph by Father Frank Browne

En algunos casos estas máquinas viajaban con el equipo con el fin de seguir entrenando a pesar de su difícil transporte.

En 1970, Gjessing-Nilson realizó un gran avance muy importante en la historia de esta máquina, utilizando un sistema de frenado por fricción y correas industriales atadas al volante. En estas correas se colocaron pesas, lo que permitió a los usuarios calcular la cantidad de resistencia producida y considerar a esta máquina como de las mejores y precisas en ese momento (Fig.1.4).[2]



Fig. 1.4. Ergómetro de remo Gjessing-Nilson

En la década de 1980 fueron introducidos los primeros ergómetros de resistencia al aire por la empresa "Repc". En 1981, Peter y Richard Dreissigacker, y Jonathan Williams, solicitaron la protección de una patente estadounidense, como inventores conjuntos de una "Unidad de remo estacionaria".[3] La patente fue concedida en 1983 (US 4396188A) y la máquina fue comercializada con el nombre de *Concept2*. Ofreciendo primeramente el Modelo A, el cual tenía un diseño con un asiento deslizante de marco fijo que usaba una rueda de bicicleta con aletas unidas para resistir el aire. Posteriormente el Modelo B (Fig. 1.5), el cual fue presentado en 1986, trajo consigo un volante de inercia de fundición sólida (encerrado por una jaula) y el primer monitor de rendimiento digital, que resultó revolucionario (Fig. 1.6). La capacidad de esta máquina de calibración precisa combinada con una fácil transportabilidad dio lugar al deporte del remo en interiores competitivo y revolucionó los procedimientos de entrenamiento. [4]



Fig. 1.5 Concept2 Modelo B



Fig. 1.6 Monitor de Rendimiento

En 1995, Casper Rekers, un ingeniero holandés, obtuvo una patente estadounidense para un (US 5382210A) "Simulador de remo dinámicamente equilibrado". Este

dispositivo era diferente a la técnica anterior en la que el volante y los reposapiés estaban fijados a un carro, ya que en este, el carro estaba libre para deslizarse hacia adelante y hacia atrás sobre un riel o rieles soldados al bastidor. El asiento también se podía deslizar libremente hacia adelante y hacia atrás sobre un riel o rieles integrados en el marco. A este ergómetro se le denominó "Rowperfect" (Fig. 1.7).



Fig. 1.7. Rowperfect

III. CASOS DE APLICACIÓN

A. Tipología de las máquinas de remo

Existen distintos tipos de máquinas de remo los principales tipos son: remos con resistencia magnética, remos de aire y remos con resistencia por agua.

Remos con resistencia magnética (remo con resistencia magnética, Fig. 2.1) estos emplean grandes imanes que tienen la función de acercar y alejar al volante para que con esto se pueda regular la resistencia, en este tipo de remos la resistencia siempre es constante la cual se puede fijar desde la consola, estas máquinas tienden a ser muy silenciosas y la mas economicas del mercado. [5]



Fig. 2.1 remo con resistencia magnética

Remos de aire (remo de aire, Fig. 2.2) la resistencia ejercida es mediante una turbina, la resistencia se ejerce de forma manual o progresiva, esto significa que cuanto más fuerza ejerzas al remar más resistencia se generará, este equipo es el más adecuado para trabajos con altas intensidades.[5]



Fig. 2.2 remo de aire

Remo con resistencia por agua (remo con resistencia por agua, Fig. 2.3) son el remo ideal para las personas que realizan esta actividad sobre el agua porque es la que lo simula con la mayor exactitud, ya que se puede controlar la cantidad de agua que contiene para aumentar o disminuir la resistencia y por lo general tienden a ocupar un poco más de espacio ya que cuentan con un tanque para el agua.[5]



Fig. 2.3 con resistencia por agua

B. Beneficios del remo

Las máquinas de remo tienen como objetivo ejercitar el sistema cardiovascular y todos los grupos musculares mayores: pierna, abdomen, glúteos, brazos y espalda (músculos trabajados , Fig. 2.4 y 2.5). Al practicar remo se trabaja fuerza, movilidad y la flexibilidad.[6]

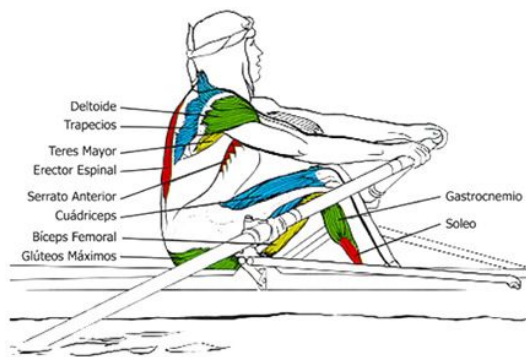


Fig. 2.4 músculos trabajados

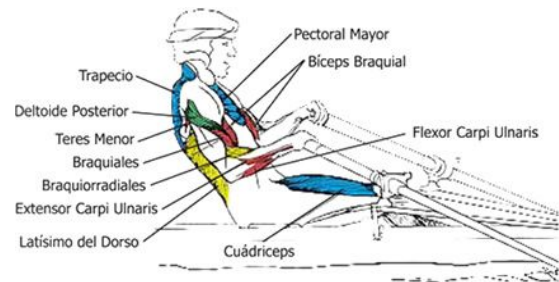


Fig. 2.5 músculos trabajados

El remo al ser un gran ejercicio de acondicionamiento aeróbico también lo convierte en un gran quemador de calorías, además es una actividad en la cual no hay límite de edad porque el movimiento realizado es suave, rítmico y no realiza impactos en las articulaciones, el trabajo que se realiza tiene una gran relación de tiempo/efectividad ya que no requiere de mucho tiempo para poder obtener grandes beneficios.[6]

IV. ÁREAS DE OPORTUNIDAD

La área de oportunidad que gira entorno a nuestra remadora es relativamente grande debido a los usos y beneficios que este tipo de máquina ofrece para y cuando haces ejercicio.

Económicamente hablando si existe oportunidad debido al problema de sobrepeso en México con el 72.6 % de la población que la sufre, se ve una alta demanda de instrumentos y espacios para el cuidado de la salud. Por lo que se espera un crecimiento anual del 20% y una expansión del 300% en los próximos años. En el entorno de salud ayudando a dar alternativas a los espacios dedicados como centros, gimnasios, hogares, etc.

Además la colaboración con el socio formador el cual nos brindará opiniones, comentarios y lo que les gustaría como adición al prototipo.

Lo que buscamos en pocas palabras es, resistencia, usabilidad, diseño, rentabilidad y distinción.

V. USABILIDAD

El término usabilidad es la palabra utilizada para categorizar la experiencia de un usuario acerca de algún producto o servicio en nuestro caso se estima una usabilidad de 10/10 pero para ello se necesitan realizar estudios de mercado/usabilidad.

VI. ERGONOMÍA

Realizaremos estudios encaminados a aumentar el rendimiento y la salud del usuario a través de diversos métodos e investigaciones pero principalmente junto con nuestros socio-formadores los cuales nos brindaron a detalle las necesidades y/o situaciones que les gustaría que le mejoráremos a la remadora habitual, tomando en cuenta el uso que se le dará, los parámetros de altura y peso del usuario, los cuales van de 1.73m-1.93m y un promedio de 90kg, respectivamente. Además identificamos la necesidad de adaptar el asiento fijo y deslizante, para trabajar durante rehabilitaciones después de una lesión, o bien trabajar solamente la parte superior del cuerpo y así poder aprovechar la máquina de diferentes maneras. [7]

Existen diferentes ayudas en el estudio de ergonomía y en este proyecto utilizaremos todas para su realización como la de materiales, fisiológicos y psicológicos para que el deportista (usuario) sienta una experiencia única.

VII. SEGURIDAD.

La seguridad es un factor muy importante al

momento de interactuar con la máquina, lo más importante es que el usuario utilice el calzado y la ropa adecuada para ejercitarse, de igual manera es recomendable para los principiantes comenzar con resistencias bajas para que a la par se perfeccione la técnica correcta y adecuada para cada tipo de entrenamiento.

Otro punto a considerar debe ser el mantenimiento, que al igual que cualquier aparato dentro de un gym, deben de estar en perfectas condiciones para su uso. Así mismo es importante considerar los tipos de materiales que se utilizarán, obteniendo todos sus parámetros y comportamientos bajo diversos tipos de esfuerzos. Se estima que la máquina será utilizada por mínimo 10 personas al día

VIII. PROTOTIPO.

El prototipo que proponemos es una máquina de remo con funcionamiento de resistencia por agua porque es la más adecuada para entrenamientos con deportistas, ya que ejercitan el 80% del cuerpo sin realizar un impacto muscular alto, contará con dimensiones promedio de 208 cm x 48 cm x 58.5 cm, El prototipo que se realizará deberá medir: resistencia, distancia, tiempo, velocidad y se ve la posibilidad de medir la frecuencia cardiaca. El asiento será diseñado con el propósito de ser deslizante a lo largo de la máquina y también con la posibilidad de quedarse fijo y trabajar solamente el tren superior.

Etapas 2

I. BOSQUEJOS DEL PROTOTIPO

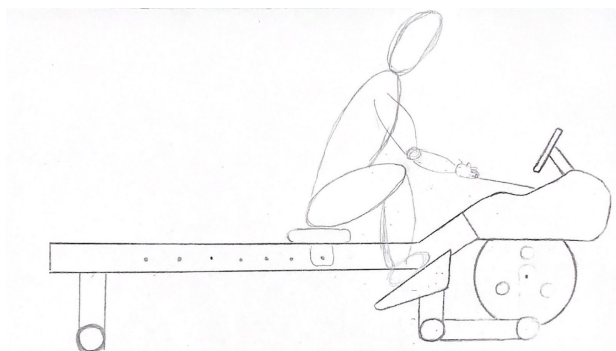


Fig. 3.1 bosquejo 1

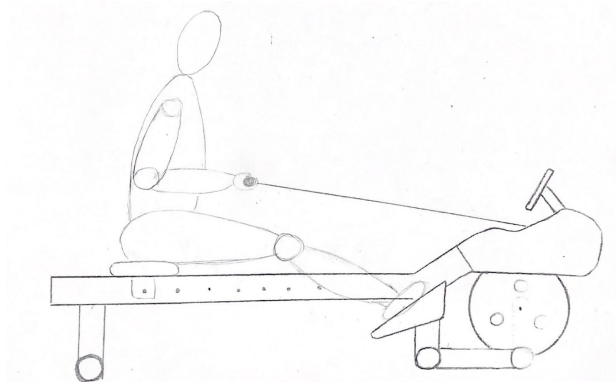


Fig. 3.2 Bosquejo 2

Bosquejo 1 y 2.- Es la etapa del funcionamiento principal de la máquina a diseñar con modelo de usuario

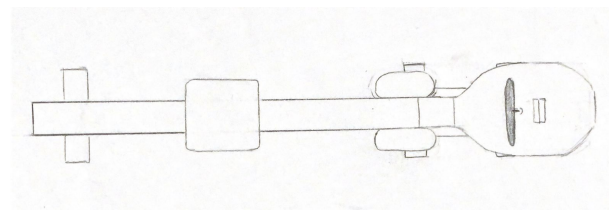


Fig. 3.3 Bosquejo 3
Vista aérea

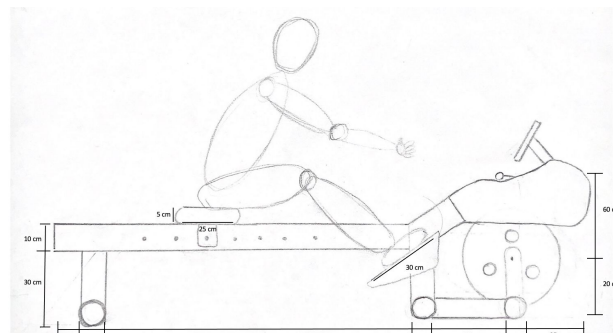


Fig. 3.4 Bosquejo 4
Dimensiones generales aproximadas de la máquina, construcción del soporte principal.

II. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Se utilizó el software LucidChart para la realización del diagrama de flujo sobre el funcionamiento completo de la remadora a realizar.

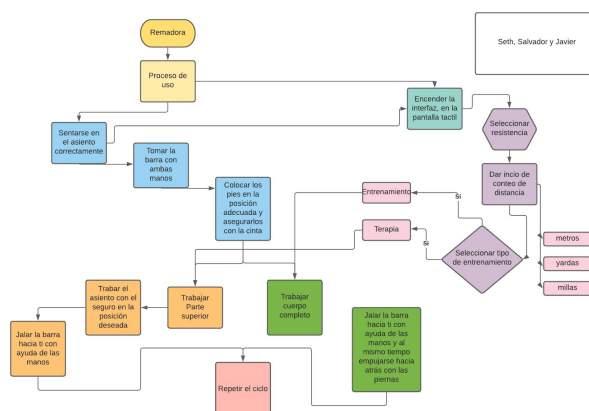


Fig. 4.1 Diagrama de flujo del proceso

Anexo link del diagrama de flujo.-

<https://lucid.app/lucidchart/invitations/accept/fc774e29-02af-475f-b7ba-76299aed69c8>

III. STORYTELLING

A continuación se describe paso por paso el procedimiento para utilizar la máquina:

Variante 1 (trabajo de cuerpo completo)

1. Sentarse de frente a la pantalla de control apoyando correctamente ambos pies en los apoyos.

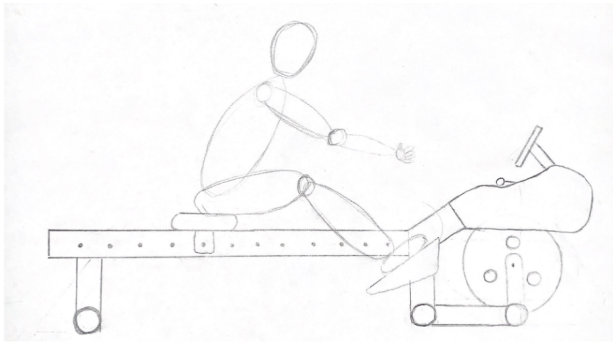


Fig. 5.1

2. De ser necesario ajuste las cintas para asegurar que los pies no se muevan.

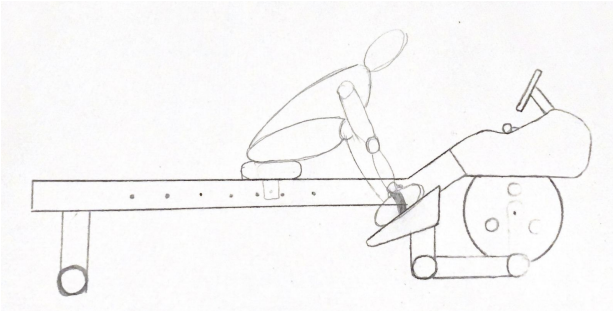


Fig. 5.2

3. Tome la barra y tire hacia usted con ambos brazos, al mismo tiempo que se empuja hacia atrás con los pies para provocar que la consola inicie.

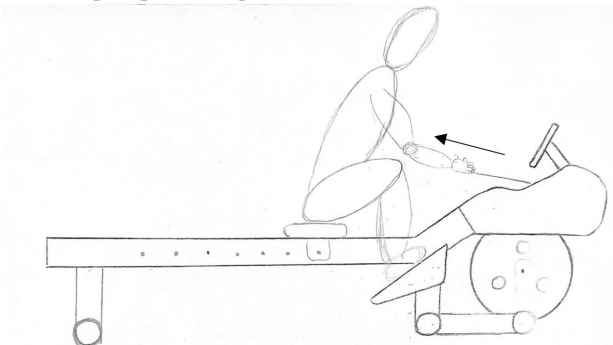


Fig. 5.3

4. Selecciona el nivel de resistencia, entrenamiento, tiempo y/o distancia deseada, interactuando con los botones y la pantalla

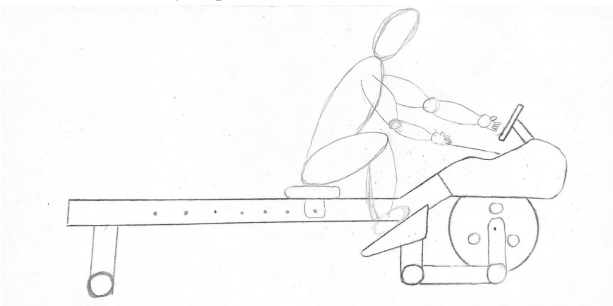


Fig. 5.4

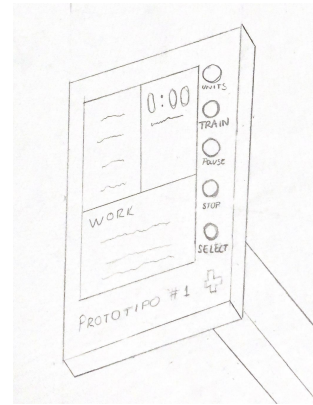


Fig. 5.5

5. Nuevamente toma la barra con ambas manos y tira de ella (trabajando bíceps y pectorales además de la espalda), al mismo tiempo que te empujas hacia atrás con ambas piernas.

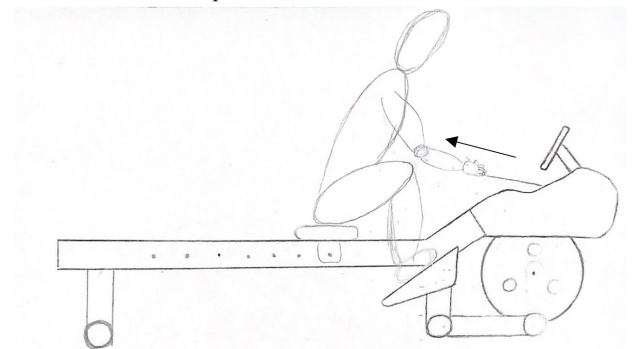


Fig. 5.6

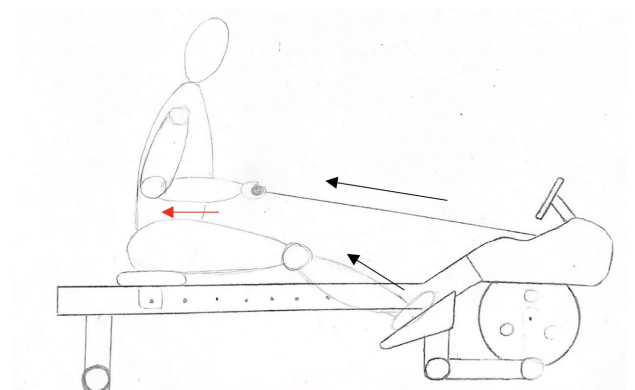


Fig. 5.7

6. Repite el ciclo hasta terminar tu rutina

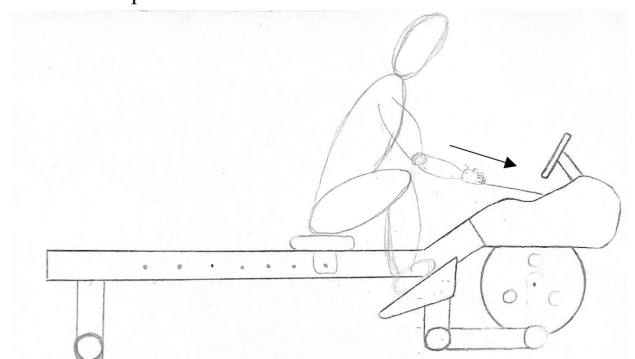


Fig. 5.8

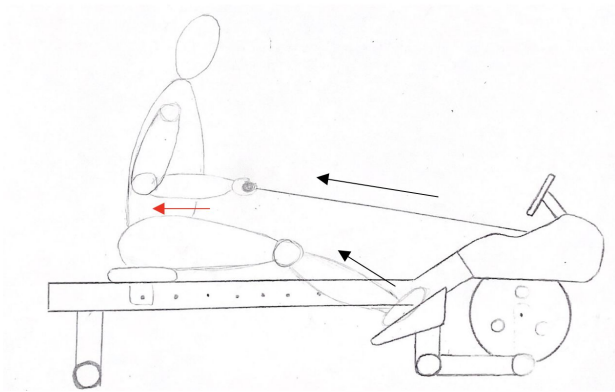


Fig. 5.9

Variante 2 (trabajo de tren superior)

1. Sentarse de frente a la pantalla de control apoyando correctamente ambos pies en los apoyos.

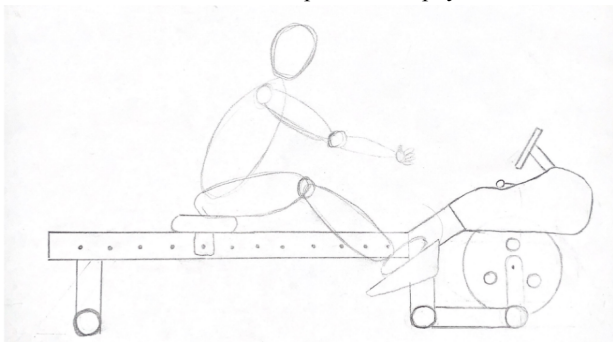


Fig. 5.10

2. De ser necesario ajuste las cintas para asegurar que los pies no se muevan.

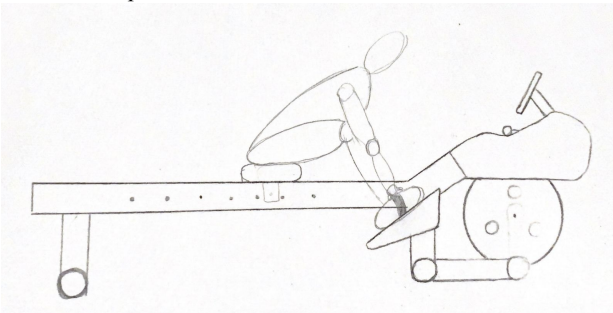


Fig. 5.11

3. Ajustar y asegurar el asiento a la distancia deseada o indicada por el entrenador para que no se mueva

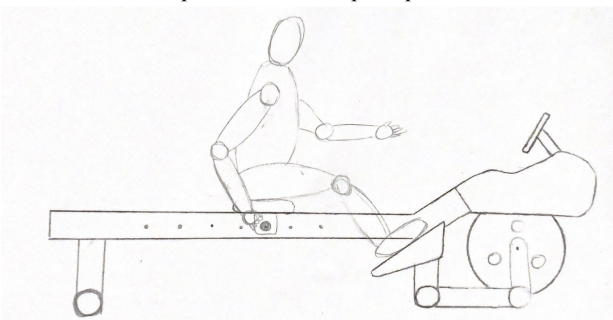


Fig. 5.12

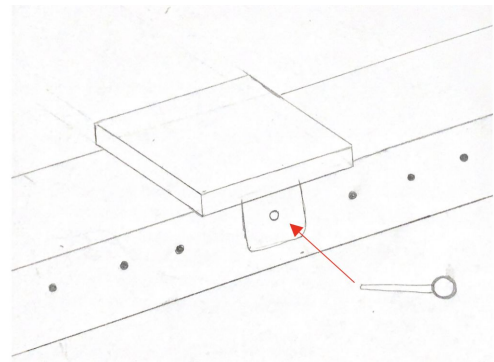


Fig. 5.13

4. Tome la barra y tire hacia usted con ambos brazos, para provocar que la consola inicie.

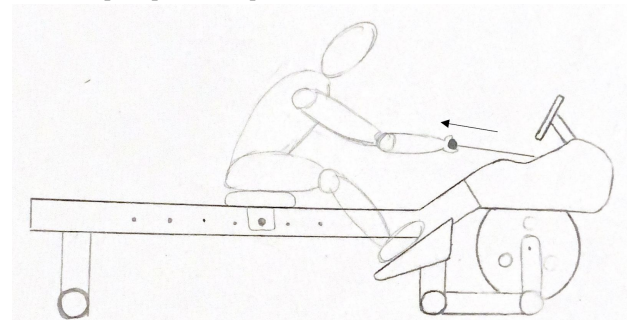


Fig. 5.14

5. Selecciona el nivel de resistencia, entrenamiento, tiempo y/o distancia deseada, interactuando con los botones y la pantalla.

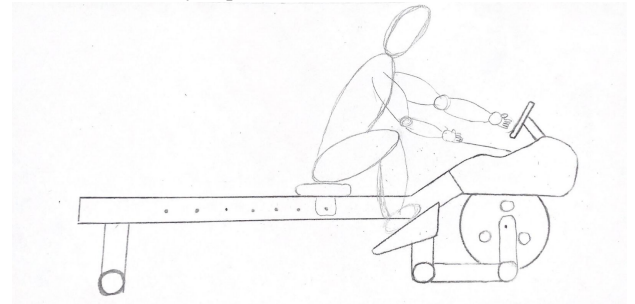


Fig. 5.15

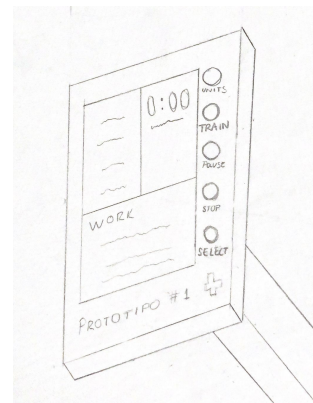


Fig. 5.16

6. Nuevamente toma la barra con ambas manos y tira de ella trabajando bíceps y pectorales además de la espalda.

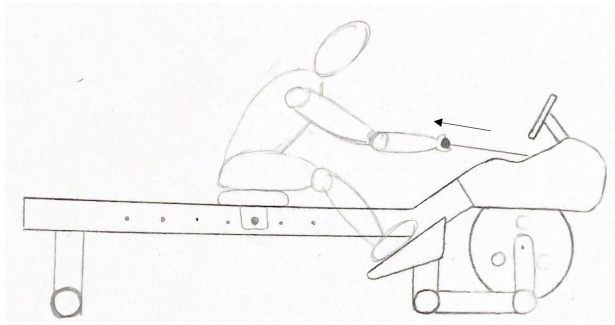


Fig. 5.17

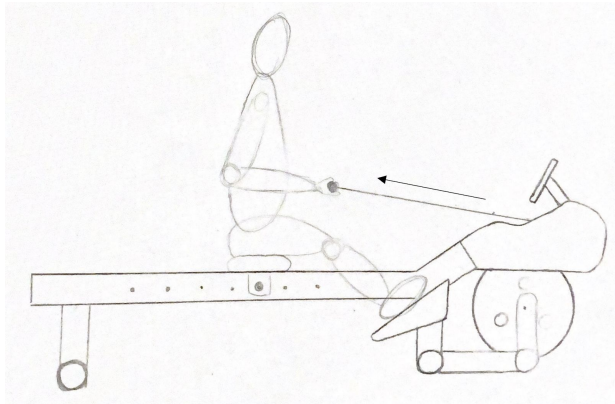


Fig. 5.18

7. Repite el ciclo hasta terminar tu rutina.

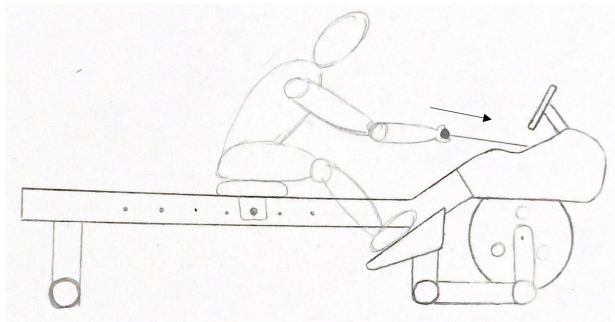


Fig. 5.19

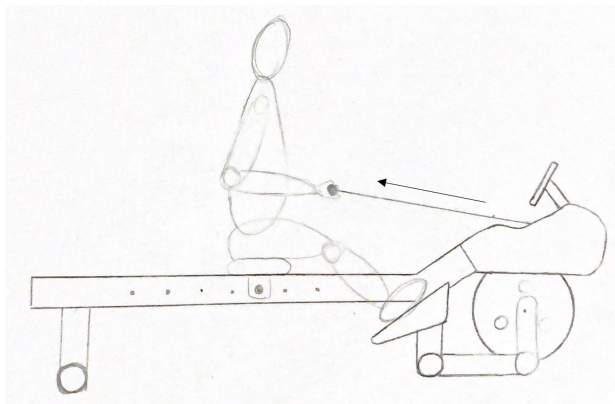


Fig. 5.20

Etapas 3

IV. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE

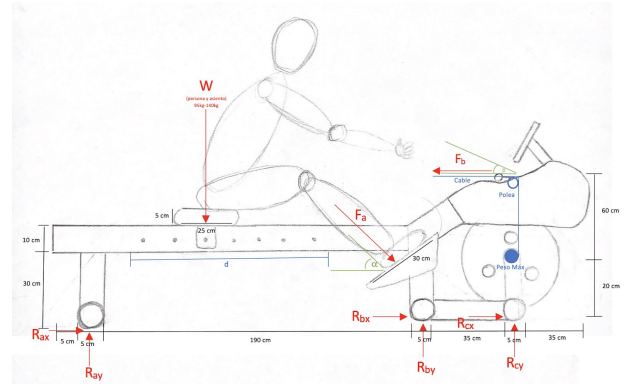


Fig. 6.1

En el diagrama de cuerpo libre (Fig. 6.1) se representan las fuerzas que actuarán sobre la máquina

V. CÁLCULOS DE FUERZAS

Lo primero que es necesario realizar, es convertir el peso máximo de nuestros usuarios que utilizaran la máquina de kg a N, para así comenzar a trabajarla como cualquier fuerza.

$$W = m \times g$$

$$W = (140 \text{ kg}) \times (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$W = 1370.40 \text{ N}$$

Para F_a :

Se debe considerar α , siendo este el ángulo inicial y el ángulo final de la posición de los pies.

$$\alpha_{\text{inicial}} = 83^\circ$$

$$\alpha_{\text{final}} = 31^\circ$$

Un atleta es capaz de generar un promedio de fuerza/kg de 4.4 N

$$F_a = 4.4 \text{ N/kg (Peso máx)}$$

$$F_a = 4.4 \text{ N/kg (140 kg)} = 616 \text{ N}$$

Para F_b :

Se debe considerar β , siendo este el ángulo inicial y el ángulo final de la barra y las manos

$$\beta_{\text{inicial}} = 55^\circ$$

$$\beta_{\text{final}} = 0^\circ$$

$$F_a = F_b$$

$$F_b = 616 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = -W + R_{ay} + R_{by} + R_{cy} - F_a \sin(\alpha) + F_a \sin(\beta) = 0$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_A = & -(d + 0.125)W + R_{by}(1.95) - F_a(1.95) + (2.325)R_{cy} + \\ & (2.325)F_a + F_a(0.20) - F_a(0.80) = 0 \\ = & -W(d + 0.125) + R_{by}(1.95) + F_a[-1.95 + 0.20 + 2.325 - 0.80 + \\ & + R_{cy}(2.325)] = 0 \\ = & -W(d + 0.125) + R_{by}(1.95) + R_{cy}(2.325) + F_a(-0.225) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_B = & -W(d + 0.425) - R_{ay}(1.95) - F_a(0.20 + 0.40 - 0.80) \\ & + R_{cy}(0.40) = 0 \end{aligned}$$

$$F_y$$

$$R_{cy} = W - R_{ay} - R_{by} + F_a \sin(\alpha) - F_a \sin(\beta)$$

$$M_B$$

$$\begin{aligned} = & -W(d + 0.425) - R_{ay}(1.95) - F_a(-0.20) + (W - R_{ay} - R_{by} + F_a \sin(\alpha) \\ & - F_a \sin(\beta))(0.40) = 0 \end{aligned}$$

$$-W(d-0.025)+R_{ay}(-2.35)-R_{by}(0.40)+F_a(0.20)+F_a\sin(\alpha)-F_a\sin(\beta)=0$$

M_a

$$0=-w(d+0.125)+R_{by}(1.95)+(W-R_{ay}-R_{by}+F_a\sin\alpha-F_a\sin\beta)(2.325)+F_a(-0.225)$$

$$-W(d-2.20)+R_{by}(-0.375)-R_{ay}(2.325)+F_a(-0.225)+F_a\sin\alpha(2.325)-F_a\sin\beta(2.325)=0$$

$$R_{by}=\frac{W(d-2.20)+R_{ay}(2.325)+F_a(0.225)-F_a\sin\alpha(2.325)+F_a\sin\beta(2.325)}{-0.375}$$

M_b

$$0=-W(d-0.025)-R_{ay}(2.35)-$$

$$\frac{(W(d-2.20)+R_{ay}(2.325)+F_a(0.225)-F_a\sin\alpha(2.325)+F_a\sin\beta(2.325))}{-0.375}(0.40)+F_a(0.20)+F_a\sin\alpha-F_a\sin\beta$$

$$\frac{-W(0.62d-711.55)-R_{ay}(144.90)-F_a(1.20)+F_a\sin\alpha(74.70)-F_a\sin\beta(74.70)}{0.30}=0$$

$$R_{ay}=\frac{-W(0.62d-711.55)-F_a(1.20)+F_a\sin\alpha(74.70)-F_a\sin\beta(74.70)}{144.90}$$

$$R_{by}=-\frac{W(0.02d+3561.53)+F_a(79.50)-F_a\sin\alpha(435.24)+F_a\sin\beta(435.24)}{144.90}$$

$$R_{cy}=W-\frac{-W(0.62d-711.55)-F_a(1.20)+F_a\sin\alpha(74.70)-F_a\sin\beta(74.70)}{144.90}-\frac{W(0.02d+3561.53)+F_a(79.50)-F_a\sin\alpha(435.24)+F_a\sin\beta(435.24)}{144.90}+F_a\sin(\alpha)-F_a\sin(\beta)$$

$$R_{cy}=\frac{W(0.32d+1497.44)+F_a(40.35)-F_a\sin\alpha(182.52)+F_a\sin\beta(182.52)}{72.45}$$

Resultados.-

$$F_a=621.6 \text{ N}$$

$$F_a=F_b \text{ N}$$

$$W=1370.40 \text{ N}$$

$$\alpha=31^\circ-83^\circ$$

$$\beta=0^\circ-55^\circ$$

$$d=0-1.40 \text{ m}$$

Con valores máximos

$$d=1.4 \text{ m}$$

$$R_a=6771.732 \text{ N}$$

$$R_b=-33700.934 \text{ N}$$

$$R_c=28407.394 \text{ N}$$

Con d en posición inicial

$$d=0$$

$$R_a=6779.941 \text{ N}$$

$$R_b=-33700.67 \text{ N}$$

$$R_c=28398.909 \text{ N}$$

Discusión.-

A través del análisis e investigación de la máquina a desarrollar planteamos las ecuaciones que nos indican las cargas presentes en la estructura durante la operación y uso del mismo teniendo en consideración las posiciones críticas del usuario.

Establecimos como:

F_a La fuerza de los pies que el usuario aplica a la máquina.

F_b La fuerza con las manos que el usuario aplica a la máquina.

W El peso total de la persona.

α El ángulo de los pies.

β El ángulo de las manos.

d La distancia en la que se moverá el asiento y recibirá el peso del usuario.

R_a La fuerza aplicada en el soporte a

R_b La fuerza aplicada en el soporte b

R_c La fuerza aplicada en el soporte c

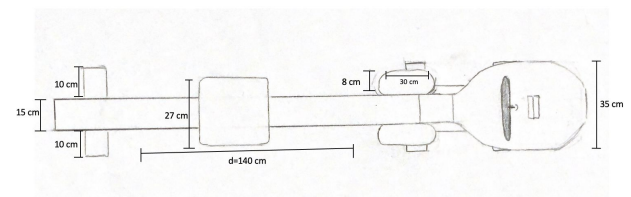
Todas estas incógnitas aparecen en el diagrama de cuerpo libre de la parte de arriba en la fig.6.1.

Llegamos a todo el planteamiento anterior trabajando con valores máximos en las fuerzas y en los ángulos.

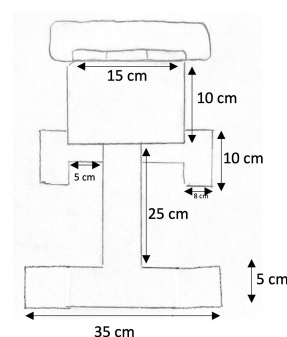
En esta fase se realizó el diagrama de cuerpo libre, identificando todas las fuerzas que la persona ejerce a la máquina, así como las reacciones dentro de la máquina, las cuales contrarrestan las fuerzas antes mencionadas, siendo esta un sistema en equilibrio en un análisis de equilibrio estático.

Etapa 4

VI. CÁLCULO DE ESFUERZOS



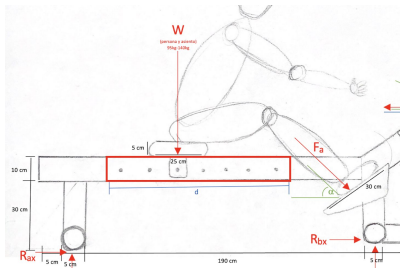
Para el cálculo de los esfuerzos es necesario obtener las áreas en donde se aplicará la fuerza, siendo una la parte deslizante de la viga, y los soportes de los pies. Es necesario obtener las medidas transversales de la máquina.



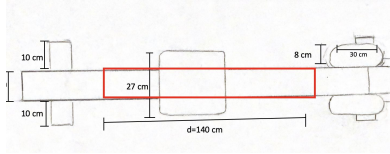
Para el esfuerzo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\sigma = F/A$$

Comenzando por el área donde se desliza el asiento:



Vista lateral



Vista aérea

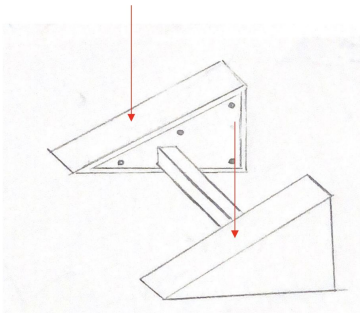
$$A = (0.15 \text{ m})(1.4 \text{ m}) = 0.21 \text{ m}^2$$

$$F = 1370.4 \text{ N}$$

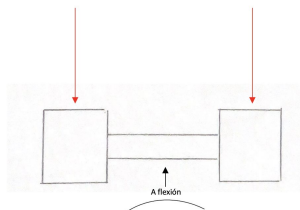
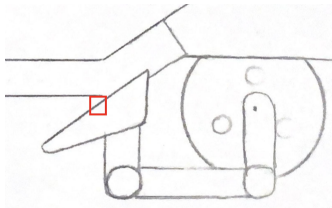
$$\sigma = (1370.4 \text{ N})/(0.21 \text{ m}^2) = 6525.71 \text{ N/m}^2$$

Debido a que la fuerza es hacia abajo, y los soportes tienen una reacción contraria en los extremos de la barra se puede concluir que este segmento estará sometido a una flexión

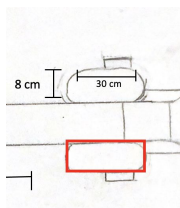
Para el área de apoyo para los pies:



Los soportes para los pies estarán anclados a una barra, la cual estará soldada en la mitad, entre el soporte B y la viga principal



En este caso la fuerza utilizada es $F_a = 621.6 \text{ N}$, considerando que esta fuerza es producida por ambos pies, cada pie ejerce una fuerza de 310.8 N



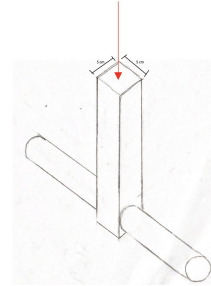
$$A = (0.08 \text{ m})(0.30 \text{ m}) = 0.024 \text{ m}^2$$

$$F = 621.6 \text{ N}$$

$$\sigma = (310.8 \text{ N})/(0.024 \text{ m}^2) = 12950 \text{ N/m}^2$$

Debido a que las cargas están en los extremos, y el centro de la barra estará soldada, podemos concluir que este segmento estará sometido a flexión.

Para soporte a:



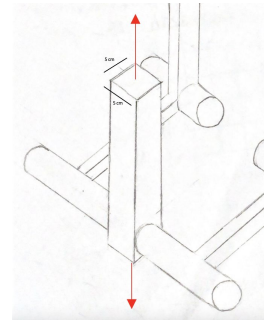
$$A = (0.05 \text{ m})(0.05 \text{ m}) = 0.0025 \text{ m}^2$$

$$F = 6779.941 \text{ N}$$

Ya que esta es la fuerza máxima, estando en la posición inicial $\sigma = (6779.941 \text{ N})/(0.0025 \text{ m}^2) = 2,711,976.4 \text{ N/m}^2$

Debido a que el soporte está recibiendo la carga hacia abajo, este se encuentra en compresión, ya que en el otro extremo se encuentra el suelo.

Para soporte b:



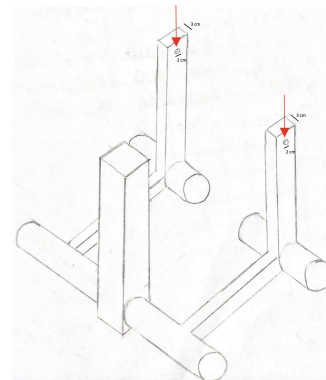
$$A = (0.05 \text{ m})(0.05 \text{ m}) = 0.0025 \text{ m}^2$$

$$F = -33700.934 \text{ N}$$

Para el cálculo se utiliza solamente la magnitud de la fuerza $\sigma = (33700.934 \text{ N})/(0.0025 \text{ m}^2) = 13,480,373 \text{ N/m}^2$

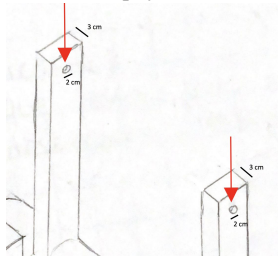
Debido a que la magnitud de la fuerza es negativa, el soporte b se encuentra a tensión.

Para soportes c:



$$A = (0.05 \text{ m})(0.02 \text{ m}) = 0.0010 \text{ m}^2$$

Se utilizó esta área, ya que la fuerza solo se manifiesta en los agujeros donde irá apoyado el disco inercial.



En este caso la fuerza calculada fue de ambos soportes, por lo que al dividirla entre dos se obtiene:

$$F = 28407.394 \text{ N}/2$$

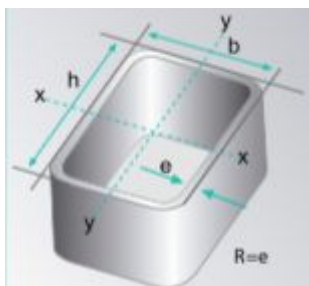
$$F = 14203.7 \text{ N}, \text{ para cada soporte.}$$

$$\sigma = (14203.7 \text{ N}) / (0.0010 \text{ m}^2) = 14,203,700 \text{ N/m}^2$$

VII. PERFILES DE CONSTRUCCIÓN

Debido a la manera de juntar todas las partes de nuestra máquina, decidimos que será por medio de soldaduras comparamos materiales los cuales puedan ser más útiles para nuestro proyecto

Material	Módulo de Elasticidad	Límite elástico	Duración	Precio
Acero	205 GPa	550 MPa	60 años aproximadamente	\$18.90 m ²
Aluminio	71.7 GPa	241 MPa	40 años	\$800 m ²



En la parte superior se encuentra la viga rectangular hueca, que cotizamos con la empresa CORPOMET con las opciones de las medidas que se muestran en la parte inferior, de las cuales seleccionamos la primera para menor peso total de la máquina; Aclarando el largo de la misma será de 1.9 m como se había mencionado anteriormente.

Dimensión h x b mm	Espesor mm	Peso Kg/m	Sección cm ²	Momento de Inercia cm ⁴		Módulo Resistente cm ⁻¹		Radio de Giro cm	
				I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y
150 x 100	3	11.56	14.4	460	247	61.4	49.5	5.65	4.14
150 x 100	4	15.31	18.9	594	318	79.2	63.6	5.60	4.10
150 x 100	5	19.02	23.4	718	383	95.8	76.7	5.55	4.05

link para la cotización de la viga principal.-

http://www.copromet.cl/tubular_rectangular.php

Para la parte de diseño y detalles como la carcasa, pantalla donde estará la interfaz, el disco inercial, etc. Optamos por materiales más maleables y económicos.





Material	Módulo de Elasticidad	Límite elástico	Duración	Precio
----------	-----------------------	-----------------	----------	--------

Plástico (Nylon)	1.4-2.7 GPa	45-90 MPa	3 años	\$90 m ²
Caucho	3-6 GPa	.5-2.5 MPa	5-10 años	\$600 m ²

Como se puede observar en las tablas, en las filas marcadas de amarillo, seleccionamos los mejores materiales para la construcción de nuestra remadora, enfocándonos en lo más ligero, barato y de calidad posible.

A lo largo del semestre analizaremos más materiales para llegar a una decisión precisa y concreta para una máquina funcional de alto nivel y el menor costo posible.

Etapa 5

componentes	Valoración técnica	Valoración económica
 Sensor de velocidad de rotación A1S36	Frecuencia: 10Hz-15kHz Tipo de mov: de rotación Rango de Temp: 0°C-60°C Sensor fotoeléctrico	Por cotizar
 Sensor De Velocidad Encoder Infrarrojo Lm393 [10]	Voltaje de Operación: 3.3V - 5V DC Salidas: Analógica y Digital TTL Rango de Temp: 0°C-70°C Sensor fotodiodo IR	\$69
 Sensor Encoder rotativo Ard-368 [11]	Voltaje: 0-5V Ciclos por revolución: 20	\$29
 Pantalla táctil capacitiva de 7 pulgadas 1024x600 HD Entrada HDMI estándar Salida de audio [13]		\$1983

COMPONENTES SIMULADOS

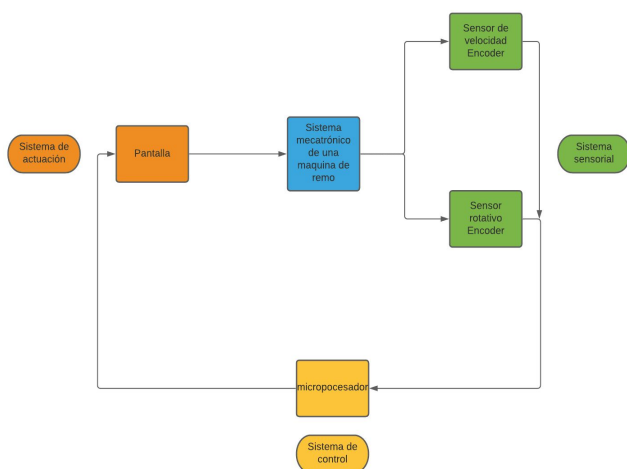
Componentes	Voltaje Requerido (V)
Sensor de velocidad de rotación A1S36	No especifica
Sensor De Velocidad Encoder Infrarrojo Lm393	3.3-5 volts
Sensor Encoder rotativo Ard-368	0-5 volts

Pantalla táctil	5 volts
-----------------	---------

Al no encontrar dato alguno sobre el consumo (W) de cada componente se decidió comparar los voltajes de cada uno para parametrizar un circuito compatible. Además, en el mercado de remadoras se encontró que en su mayoría, solamente requieren una alimentación de 2 pilas AA (5 V cada una).

Etapa 6

DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS ESTADOS LÓGICOS



No se consideraron como actuadores el disco inercial ni la polea, ya que en nuestro circuito lógico, los actuadores serán los que realicen una acción, cuando nuestros sensores les indiquen por lo tanto solo se considerará a la pantalla como actuador.

CIRCUITO LÓGICO

Tabla de verdad

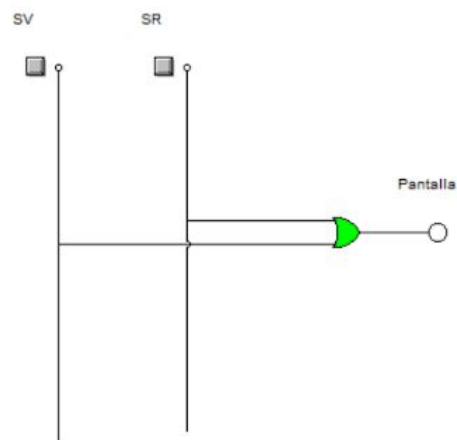
Sensor de Velocidad (a)	Sensor Rotativo (b)	Pantalla (P)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Función lógica

$$P(a,b) = \bar{a}b + a\bar{b} + ab$$

$$P(a,b) = ab$$

Circuito lógico.-



REFERENCIAS

- [1] Hear The Boat Sing. (2014). A Jolly Way to Keep Sane!. 12 Feb 2021, de Hear The Boat Sing Sitio web: <https://heartheboatsing.com/2014/08/28/a-jolly-way-to-keep-sane/>
- [2] Anónimo. (2021). Remo interior - Indoor rower Remo interior - https://es.qaz.wiki/wiki/Indoor_rower. 12 Feb 2021, de Wiki Sitio web: https://es.qaz.wiki/wiki/Indoor_rower
- [3] Runium. (NA). La historia de las máquinas de remo. 12 Feb 2021, de RUNIUM Sitio web: <https://www.runnium.es/maquina-de-remo/la-historia-de-las-maquinas-de-remo/>
- [4] Concept 2. (NA). Model B Indoor Rower. 12 Feb 2021, de Concept 2 Sitio web: <https://www.concept2.com/service/indoor-rowers/model-b>
- [5] "Nociones básicas sobre máquinas de remo - El Blog de Fitshop", El Blog de Fitshop, 2019. [Online]. Available: <https://www.fitshop.es/blog/nociones-basicas-sobre-maquinas-de-remo/>. [Accessed: 17- Feb- 2021].
- [6] "Beneficios de practicar remo", Club Deportivo RemoSevilla. [Online]. Available: <http://www.remosevilla.com/beneficios-del-remo/>. [Accessed: 17- Feb- 2021].
- [7] Jose Luis Cardeño Tejada. (2019). Gimnasio y Su Ergonomía. 15/02/21, de Scribd Sitio web: <https://es.scribd.com/doc/7100945/Gimnasio-y-Su-Ergonomia>
- [8] CORPOMET. (2021). VIGAS RECTANGULARES. 10/03/21, de CORPOMET Sitio web: http://www.copromet.cl/tubular_rectangular.php
- [9] CORPOMET. (2021). TUBULARES CUADRADOS. 10/03/21, de CORPOMET Sitio web: http://www.copromet.cl/tubular_cuadrado.php
- [10] CORPOMET. (2021). CATALOGO DE PRODUCTOS 2021. 10/03/21, de CORPOMET Sitio web: <http://www.copromet.cl/index.php>
- [11] Andromina robot. (2016). Encoder y Arduino.. 10 marzo 2021, de Andromina robot Sitio web: <http://androminarobot.blogspot.com/2016/07/en-este-tutorial-mostramos-como-usar-el.html>

- [12] Luis Llamas. (2016). HACER UN ENCODER ÓPTICO CON UN OPTOINTERRUPTOR Y ARDUINO. 10 marzo 2021, de Luis Llamas Sitio web: <https://www.luisllamas.es/usar-un-optointerruptor-con-arduino/>
- [13] FENGANSHOP. (.). 1024x600 Pantalla Táctil De 7 Pulgadas Hdmi Lcd Monitor De. 11 marzo 2021, de Mercado libre Sitio web: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-808931811-1024x600-pantalla-tactil-de-7-pulgadas-hdmi-lcd-monitor-de-_JM?matt_tool=49451585&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=11714883592&matt_ad_group_id=113337169826&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=482511935163&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=256333756&matt_product_id=MLM808931811&matt_product_partition_id=859635599201&matt_target_id=pla-859635599201&gclid=EAIaIQobChMI5bSQsur7wIVi73ACh21PA_VEAQYCCABEgKAKvD_BwE