



**TECNOLÓGICO DE MONTERREY CAMPUS GUADALAJARA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS**

**INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**MR2004 – IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS MECATRÓNICOS**

**REPORTE INTEGRADOR**

**Equipo:**

**Michelle Borjon Arriola - A01638100**

**Marina Marquez Casas - A01541098**

**Héctor Morales Villalobos - A01637304**

**Jesús Cervantes Cisneros - A01636956**

**Docente:**

**Saúl Sandoval Padilla**

**Gustavo Hernández Melgarejo**

**Rodrigo Orta Guerra**

**Martín Alonso Sinsel Duarte**

**12 de Junio de 2021**

## **Introducción**

A lo largo de los últimos tres bloques, se buscó dar solución al reto de mecatrónica deportiva, el cual consistió en diseñar y construir una máquina de ejercicio de tipo remadora a partir de los requerimientos establecidos por el socio formador, que en este caso fue el equipo de fútbol americano del Tec de Monterrey campus Guadalajara.

Como primera etapa del resto, se tuvo una reunión con el coach del equipo, quien explicó con detalle lo que buscaban en las remadoras que serían desarrolladas, donde resaltaron las dimensiones considerando la estatura máxima de los jugadores, al igual que la carga que debería soportar, a la vez que se debía reducir el peso al mínimo posible, procurando mantener la funcionalidad a la vez que generar un prototipo cómodo y conveniente.

Posteriormente, a partir de una investigación sobre los distintos tipos de remadoras disponibles de manera comercial y su funcionamiento y en conjunto con los conocimientos sobre estructuras y esfuerzos adquiridos en clase, se desarrolló un primer concepto para la máquina, en donde se definieron los materiales a utilizar, el diseño general y las dimensiones adecuadas para cada elemento del ensamblaje.

A continuación, se comenzó con la construcción del prototipo físico, donde fue posible obtener mayor experiencia con las distintas técnicas de manufactura que existen para diferentes materiales. En paralelo, se pudo desarrollar un modelo CAD de gran detalle, el cual permitió visualizar el proyecto a lo largo de su fabricación y llevar a cabo los planos de manufactura que sirvieron como guía en la manipulación del material, incluyendo cortes, perforaciones, uniones y ajustes.

Una vez se consiguió una estructura física viable, se procedió con el aspecto electrónico y de control del sistema, planteando los sensores y actuadores necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo del rendimiento del usuario en el uso de la máquina, el cual sería interpretado por un microcontrolador y representado por medio de una aplicación desarrollada de la misma manera por el equipo.

En esta última etapa se llevó a cabo el planteamiento de los circuitos necesarios para conectar los componentes necesarios entre sí y con el microcontrolador, al igual que se desarrolló un código que fuera capaz de realizar la alimentación de los elementos necesarios según las acciones desarrolladas, al igual que leer las señales de sensores, procesar la información y transmitirla a la aplicación por medio de un módulo bluetooth, en donde sería interpretada para ser presentada al usuario de manera clara y concisa.

En el presente documento, se desglosa el desarrollo de las distintas etapas de creación del proyecto, al igual que los resultados obtenidos y los métodos aplicados para su obtención.

## **Descripción de base y funcionamiento mecánico**

La remadora se diseñó considerando tanto aspectos funcionales como de comodidad. La estructura se compone de dos partes principales; el soporte frontal y el riel, los cuales son unidos por medio de pernos en sus extremos cuando la remadora está en uso, mientras que, cuando se está utilizando, se pueden retirar los pernos para deslizar el riel por debajo del soporte frontal, permitiendo que la remadora ocupe un espacio horizontal mucho menor y pueda ser almacenada fácilmente.

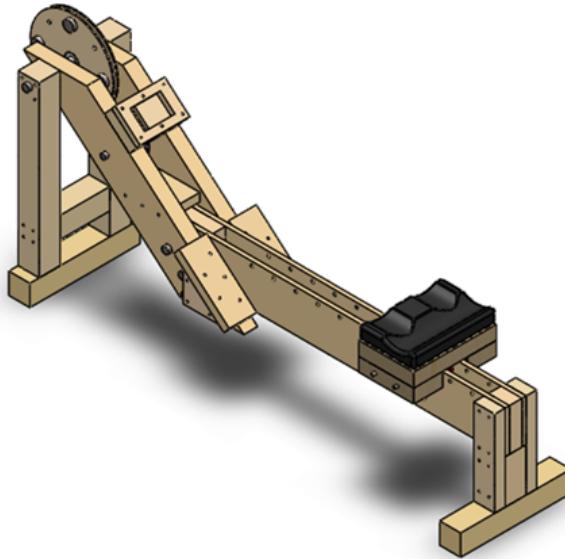


Figura 1. Modelo CAD

Asimismo, para la realización del ejercicio, se incluyó un asiento deslizante sobre el riel, el cual permitirá el desplazamiento del usuario, al igual que un disco inercial entre los soportes frontales, el cual fungirá como el sistema de resistencia necesario para que el ejercicio cumpla con su cometido.

### **Materiales utilizados y justificación**

Como primer paso en la selección de los materiales para la remadora, se realizó un análisis de fuerzas sobre el conjunto mecánico, identificando primeramente las fuerzas externas sobre la estructura, lo cual se muestra en el siguiente diagrama de cuerpo libre.

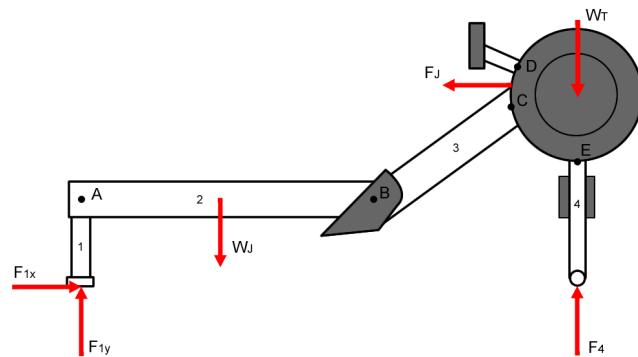


Figura 2. Análisis de fuerzas

Considerando una masa máxima del usuario de 135 kg, se tiene un peso  $W_j = 1324.35N$ .

Asimismo, se consideró una fuerza de tracción máxima sobre el disco  $F_j = 400N$

Por último, se approximó un peso de la turbina de 25 kg, correspondiente al peso  $W_T = 245.25N$

Se realizó el análisis estático translacional y rotacional para determinar el valor de las reacciones en cada soporte.

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{1y} + F_4 - W_j - W_T = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{1x} - F_j = 0$$

$$F_{1x} = F_j$$

$$F_{1x} = 400N$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$-0.6W_j + 0.5F_j - 2W_T + 2F_4 = 0$$

$$2F_4 = 1085.14N$$

$$F_4 = 542.57N$$

$$F_{1y} = 1569.65N - 542.27N$$

$$F_{1y} = 1027.08N$$

A partir de esto, se plantearon los diagramas de cuerpo libre de cada componente del sistema mecánico. Para los eslabones y la turbina se generaron los siguientes diagramas.

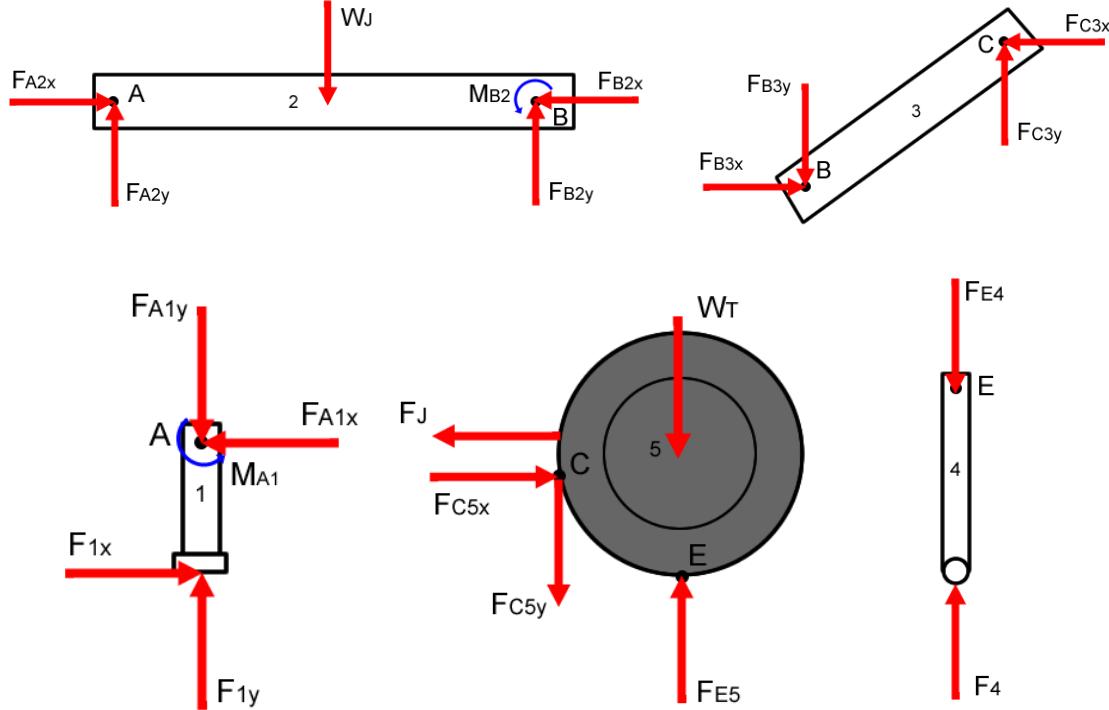


Figura 3. Diagramas de cuerpo libre de los componentes del sistema mecánico

De manera complementaria, se generaron los siguientes diagramas para los pernos en las uniones.

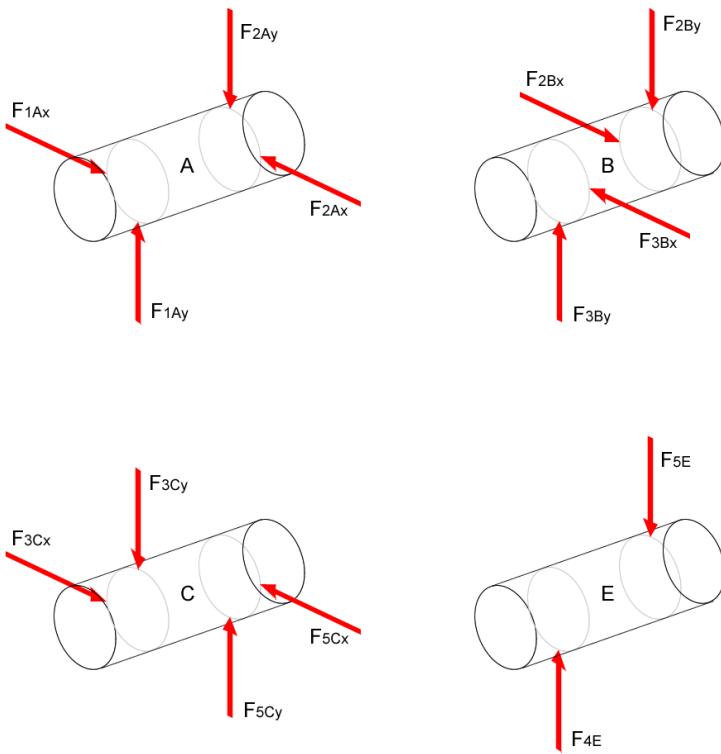


Figura 4. Diagramas de cuerpo libre de los pernos en las uniones

Posteriormente, se realizó la selección de los materiales a fin de conocer sus propiedades mecánicas, entre ellas los esfuerzos máximos, a partir de los cuales sería posible determinar las medidas adecuadas para cada elemento del sistema.

Para los eslabones, se seleccionó la madera de pino ponderosa, la cual tiene los siguientes esfuerzos últimos:

- Normal a tensión: 100MPa
- Normal a compresión: 50MPa
- Cortante: 7.6MPa

Considerando un factor de seguridad de 1.5, se obtienen los siguientes esfuerzos permisibles.

- Normal a tensión: 66.66MPa
- Normal a compresión: 33.33MPa
- Cortante: 5.07MPa

Por sus propiedades, precio y fácil obtención decidimos utilizar un acero estructural ASTM-A36, el cual tiene las siguientes propiedades mecánicas:

- $\tau_y = 145 \text{ MPa}$

Estableciendo el mismo factor de seguridad 1.5

- $\tau_{max} = 96.66 \text{ MPa}$

A partir de estas propiedades, fue posible determinar las áreas mínimas necesarias para que los elementos pudieran soportar las cargas y esfuerzos generados por estas sabiendo que los esfuerzos son determinados por medio de las siguientes expresiones.

Esfuerzo normal:

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

Esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Esfuerzo en flexión:

$$\sigma = \frac{M}{Ic}$$

Para determinar las medidas necesarias en cada elemento, se despejó el área y el momento de inercia correspondiente y se sustituyeron los valores ya determinados de esfuerzos permisibles y cargas. Sin embargo, debido a que las medidas calculadas eran relativamente pequeñas, se decidió tomar medidas mucho mayores para darle una mayor rigidez a ojos del usuario.

Para los eslabones 1, 3 y 4, se seleccionó una medida estándar de 3x3 pulgadas y para el eslabón 2, se seleccionó una medida estándar de 3x6 pulgadas de área transversal.

A partir de estas medidas, los elementos tendrán las siguientes áreas transversales.

Elemento	Área
Eslabón 1	$5.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
Eslabón 2	$1.16 \times 10^{-2} \text{ m}^2$
Eslabón 3	$5.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
Eslabón 4	$5.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
Pernos	$1.27 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

De donde es posible determinar los esfuerzo experimentados por cada pieza y comprobar que se encuentran por debajo de los esfuerzos permisibles.

Eslabón	Normal	Cortante	Flexión
1	177kPa	68.9kPa	-
2	34.4kPa	97.2kPa	2.97MPa
3	43.8kPa	73.9kPa	-
4	93.5kPa	-	-

Pernos	Cortante
A	8.68 MPa
B	3.92 MPa
C	3.92 MPa
E	4.27 MPa

En el presente documento no se incluye el desglose algebraico detallado de esta etapa, ya que no entra en el enfoque del desarrollo del proyecto en el bloque actual. Sin embargo, si se desea, es posible consultar el proceso realizado anteriormente en el siguiente vínculo:

<https://drive.google.com/file/d/1D2ARXmiLstBCIgBG-8Iny6ioGOR6ByQD/view?usp=sharing>

Posteriormente, ahondando en la justificación de la selección de los materiales. El material que se seleccionó para construir los componentes de la remadora fue madera de pino en paralelo a las vetas, pues al realizar una comparación entre las propiedades de la madera de pino, acero bajo en carbono y aluminio para forja no envejecible se pudo observar que, si los componentes de la remadora fuesen maquinados con dichos materiales, los tres materiales habrían sido capaces de soportar las fuerzas aplicadas en cada una de las piezas que conforman nuestro modelo. Asimismo, estos materiales pueden maquinarse con las herramientas disponibles en los laboratorios de la universidad.

### **Materiales**

Propiedades	Pino (Paralela a las vetas)	Pino (Transversal a las vetas)	Acero bajo en carbono	Aluminio para forja no envejecible
Densidad	440 - 600 $Kg/m^3$	440 - 600 $Kg/m^3$	7820 $Kg/m^3$	2630-2700 $Kg/m^3$
Módulo Young	8.04 - 10.3 GPa	0.6 - 0.9 GPa	200 - 220 GPa	69-74 GPa
Módulo Cortante	0.62 - 0.76 GPa	0.35 - 0.4 GPa	79 - 84 GPa	25-28 GPa
Precio	12 - 24 MXN/Kg	12 - 24 MXN/Kg	14.5 - 15.1 MXN/Kg	45.6 - 49.3 MXN/Kg

Sin embargo, al analizar la relación entre la densidad de los materiales y el volumen de las piezas, fue posible apreciar que el peso que se obtenía al maquinar en acero y aluminio era mucho más grande que el peso obtenido al maquinar la pieza en madera. A continuación, se mostrará la comparación de peso y precio de la base de la remadora.

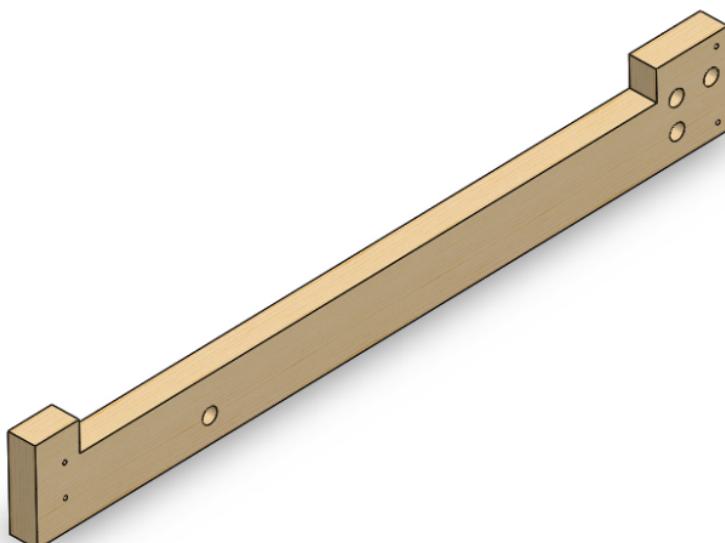


Figura 5. Base

BASE				
Propiedades	Pino (Paralela a las vetas)	Pino (Transversal a las vetas)	Acero bajo en carbono	Aluminio para forja no envejecible
<b>Volumen</b>	0.006036203 $m^3$			
<b>Masa</b>	2.66 - 3.62 $Kg$	2.66 - 3.62 $Kg$	47.203 $Kg$	15.87 - 16.29 $Kg$
<b>Precio</b>	31.92 - 86.88 $MXN$	31.92 - 86.88 $MXN$	684.44 - 712.77 $MXN$	723.67 - 803.09 $MXN$

En la tabla, se puede observar la diferencia que hay al maquinar la base con cada uno de los materiales propuestos. Cómo se puede apreciar, al maquinar esta pieza en madera de pino no solo se obtiene una masa más pequeña, sino que también el costo es menor, por lo que, se decidió que los elementos de la remadora fueran maquinados con este material.

De igual manera, se hizo una breve comparación para encontrar las diferencias entre las propiedades de la madera de pino paralela a las vetas y la madera de pino transversal a las vetas. Al realizar esta investigación, se pudo obtener que la madera de pino transversal a las vetas tiene un Módulo de Young y Módulo Cortante menor en comparación a la madera de pino paralela a las vetas; esto se debe a que cuando se ejerce una fuerza sobre la madera paralela a las vetas dicha fuerza se distribuye a de las vetas, lo que proporciona una mayor resistencia, mientras que la madera transversal a las vetas tiene una menor resistencia pues es más fácil que la madera se agriete o rompa por la segmentación de su vetas.

Por su parte, para el material de los contrapesos del disco inercial se usó aluminio, pues, a pesar de ser un metal ligero, tiene una densidad de  $2700 \text{ kg/m}^3$ . Los contrapesos son los encargados de que el disco inercial genere la resistencia necesaria para que la remadora funcione adecuadamente. El disco se manufacturó en madera de pino, el cual tiene una densidad de  $440 \text{ kg/m}^3$ , para que fuese más ligero en su centro y no interfiera en la concentración de la inercia en el extremo donde se encuentran los contrapesos.

### **Mecanismos de transmisión de fuerza utilizados**

El principal mecanismo de transmisión de la fuerza generada por nuestro disco inercia será mediante el uso de una cuerda, ya que es un elemento fácil de conseguir y tiene buenas propiedades mecánicas para la transmisión de las fuerzas. Asimismo, se identificó que en nuestra remadora no se presentan fuerzas demasiado grandes, por lo que utilizar poleas y engranes, no es la mejor opción, debido a que esto complicaría el diseño de la máquina.

Analizando las fuerzas que actúan y la velocidad con la que nuestro disco inercial (principal componente de resistencia) girará, encontramos que la mejor opción para transmitir tanto la

fuerza del usuario como la fuerza generada por la resistencia de nuestro disco inercial, es una cuerda, la cual, al no ser elástica, permite una transmisión más eficiente de la fuerza tracción ejercida por el usuario hacia un torque sobre el disco .

### **Elemento de resistencia**

El elemento de resistencia utilizado en la remadora es un disco inercial con un eje perpendicular, el cual es un sistema de resistencia muy utilizado en máquinas de ejercicio para el desarrollo muscular y la prevención de lesiones.

Los sistemas inerciales se originaron a finales de los 80 por los profesores H. Berg y P. Tesh del Instituto Karolinska en Suecia, estos sistemas fueron desarrollados originalmente para lidiar con la pérdida muscular que presentaban los astronautas al pasar largos lapsos de tiempo en las estaciones espaciales. Fue en 1998, que Josep Padullés, profesor del Instituto Nacional de Educación Física en Barcelona, implementó dichos sistemas en dispositivos inerciales para el entrenamiento de atletas y rehabilitación deportiva.

El sistema funciona de tal forma que la resistencia inercial producida por el dispositivo se basa en la masa o en el cambio de dirección del movimiento del disco cuando se ha aplicado una velocidad al disco. Puesto que, al tirar de las manijas de la remadora, el disco comienza a girar ejecutando la fase concéntrica del sistema, la cual ocurre cuando hay un acortamiento muscular. En la segunda fase, fase excéntrica, el sistema frena cuando la cuerda de las manijas llega al final de su recorrido para volver a enrollarse sobre su eje; es en esta fase donde se genera la resistencia de la primera fase.

### **Explicación del funcionamiento**

En general, la funcionalidad mecánica de la remadora consiste en el movimiento que el usuario lleva a cabo, simulando el movimiento característico del remo, permitiendo ejercitar el cuerpo de manera integral. De manera sincronizada, el asiento permite la flexión y extensión de las piernas, a la vez que el disco inercial genera la resistencia correspondiente al tronco superior, de manera que al extender las piernas se genera la tracción sobre el disco, el cual continúa en su rotación en el mismo sentido, llevando a que la cuerda se vuelva a enrollar, mientras que las piernas se flexionan, llegando a un punto tope en el que se comienza a extender las piernas de nuevo y se vuelve a jalar el disco, generando una rotación en el sentido opuesto.

## **Resumen de manufactura**

### **Técnicas de manufactura utilizadas**

#### ***Cepillado***

En este proceso se les da un acabado liso y uniforme a las piezas de madera para que estas no tengan astillas que puedan incomodar al usuario, así como para que las caras de cada pieza estén correctamente alineadas y sean del grosor requerido para su ensamblaje.

## **Corte**

Una vez teniendo las piezas de madera uniformes se procede a cortarlas para que sus dimensiones sean del ancho y largo necesario en el ensamble. De acuerdo con el tipo de corte que necesitaba cada pieza se utilizó la sierra que más se adecuaba:

### ***Sierra circular***

Esta sierra se caracteriza por permitir al usuario realizar cortes a lo largo de un ángulo específico, lo que resultó de utilidad al momento de obtener piezas oblicuas, como es el caso de las vigas verticales que unen el soporte del eje del disco inercial con el riel por el que pasa el asiento.

### ***Sierra escuadradora***

La sierra escuadradora es la más idónea cuando se desea ajustar las dimensiones de cada una de las piezas para que las superficies formen ángulos rectos, esto se debe a que su estructura asegura que la pieza se mantenga perpendicular al disco de la sierra conforme esta se mueve. Esta sierra fue utilizada para las piezas que conforman el riel, así como para algunos soportes que necesitaban un ajuste de dimensión.

### ***Sierra de cinta***

Este tipo de sierra es la más adecuada para realizar cortes que no atraviesan las piezas por completo, por ejemplo la hendidura de la base. Para esta pieza la sierra entró al material de la pieza que no se deseaba conservar, generando una curva para luego continuar en línea recta hasta llegar a la distancia deseada para la hendidura. Después de esto se retiró el material que se encontraba debajo de la curva.

## **Barrenado**

Para esta técnica es necesario trazar cotas que nos ayuden a identificar el origen de las perforaciones que se desean hacer. Una vez teniendo los trazos, se realiza el proceso de barrenado en un taladro de banco para obtener barrenos precisos, los cuales requieren de brocas de las medidas deseadas para cada perforación. Las brocas deben de ser para madera como brocas tipo manita, o de paleta para aquellas perforaciones que son más grandes.

## **Taladro**

El taladro fue utilizado para el ensamblaje de las piezas, puesto que permite que las piñas ingresen en la madera adecuadamente, asegurando que su agarre sea firme y para que su entrada sea más rápida.

## **Metales**

En este proyecto, el trabajo con metales es muy específico, pues lo que se requirió fue cortar tubos de metal a medidas específicas para poder usarlos como pernos en el ensamble de la remadora o como contrapesos para el disco inercial. Las herramientas que se utilizaron fueron las siguientes:

### ***Sierra de metales***

La sierra de metales es muy similar a la sierra circular que se usa en las maderas, la diferencia es que la resistencia de la sierra de metales es mayor, esto se debe a que los metales presentan una dureza mayor a las maderas.

### ***Esmeril***

Este tipo de herramienta permite afilar, cortar, lijar, pulir y rectificar materiales, por lo que se utilizó un esmeril para lijar los lados de los pernos para facilitar su entrada en las perforaciones correspondientes al realizar el ensamblaje de la remadora.

### **Resumen de proceso de fabricación**

Primeramente se consiguieron los perfiles de madera de pino necesarios para la manufactura de cada una de las piezas de la remadora. En los laboratorios de la universidad se cepillaron las tablas y con la sierra escuadradora se ajustaron las dimensiones de los perfiles de acuerdo con las medidas establecidas en el CAD, los ajustes realizados fueron principalmente en el largo y ancho de las piezas. Para las piezas con cortes a ángulos específicos se utilizó la sierra circular.



Figura 6.Cepillado

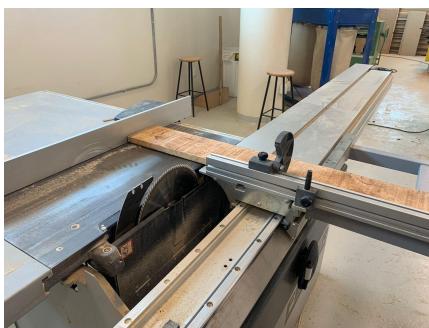


Figura 7. Ajuste de largo y ancho



Figura 8. Cortes a ángulos específicos

Hubo casos en los que se tuvieron que unir dos tablas de madera porque no se encontraron perfiles con el grosor que se había establecido en el CAD, para eso se pegaron dos perfiles y se sujetaron con prensas para asegurar la correcta sujeción de las tablas.

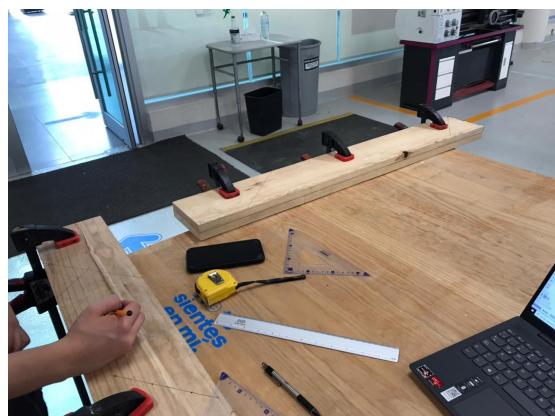


Figura 9.Unión de vigas

Teniendo todas las piezas con sus medidas adecuadas, se trazaron cotas en cada uno de los componentes para marcar en dónde se realizarían las perforaciones y cortes internos. Estas marcas permitieron que se hicieran las perforaciones correspondientes con distintas brocas asegurándose de que la broza fuese del tamaño indicado para cada perforación.



Figura 10. Trazo de cotas para perforaciones



Figura 11. Piezas acotadas

Con una prensa, se unieron las piezas que tenían la misma geometría y en las que debían realizarse las mismas perforaciones, esto es para que las perforaciones estuvieran alineadas y evitar problemas a futuro cuando se ensamblaran las piezas. Cuando el taladro no era suficiente para perforar las piezas por completo, se perforaban las piezas inferiores a partir de la perforación parcial que se había generado en estas.



Figura 12. Perforación de tablas



Figura 13. Tabla perforada

También se utilizó una sierra de cinta para la hendidura en la pieza central de la base, y una sierra circular de metales para cortar los tubos de acero a las medidas necesarias. Asimismo, se removió la rebaba generada por los cortes a través de un esmerilado.



Figura 14. Corte con sierra de cinta

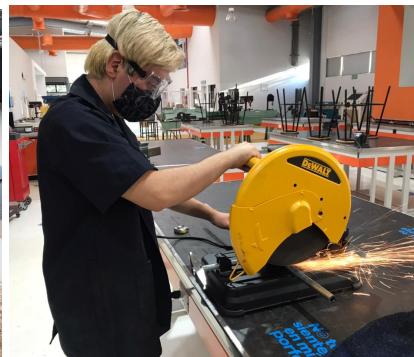


Figura 15. Corte de tubos



Figura 16. Esmerilado

Cuando se tuvieron todas las piezas dimensionadas, perforadas y con los cortes internos necesarios, se procedió a realizar el ensamble de la remadora. Haciendo uso de pijas, se fueron uniendo las piezas de madera que conforman la máquina.



Figura 17. Piezas de la remadora



Figura 18. Ensamble con pijas



Figura 19. Ensamble de la base

El asiento consistió de una tabla horizontal con dos tablas más unidas a cada lado, en el espacio del centro se colocaron 3 llantas paralelas al riel para guiar el movimiento del asiento a lo largo del riel y para soportar el peso del usuario. Mientras tanto, en cada lateral se colocaron 2 llantas complementarias perpendiculares al riel para restringir el movimiento del asiento en el resto de los ejes.



Figura 20. Asiento

A continuación, se mostrará el primer ensamble de la remadora:

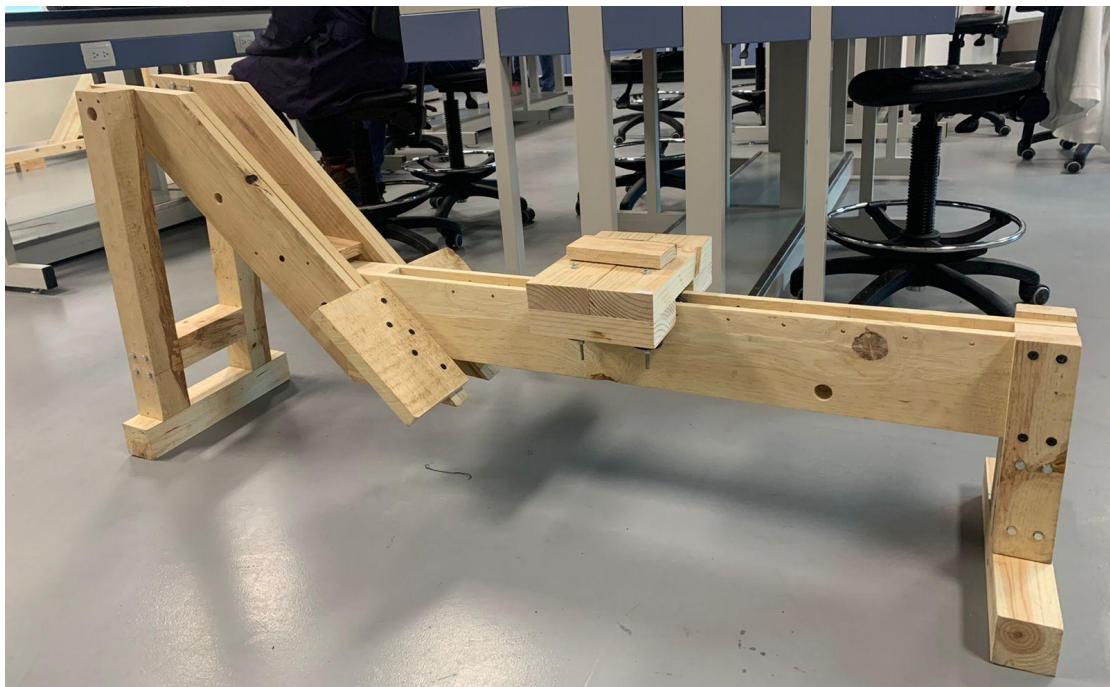


Figura 21. Primer ensamble

El disco inercial se compone de 3 discos de madera y los contrapesos. Para la maquinación de los discos se hizo uso de una sierra caladora, realizando los cortes fuera del trazo del círculo para poder lijar el sobrante y que los discos quedaran uniformes. Se utilizó un taladro de banco para realizar las perforaciones necesarias para el eje, las piñas y para las tuercas que se encargan de sostener los contrapesos. Debido al espacio sobrante entre las perforaciones y las piñas, se usó pegamento para asegurarlas a los discos.



Figura 22. Corte con sierra caladora

Por su parte, para los contrapesos se utilizó una sierra circular de metales para cortar el tubo de aluminio de 2.5in de diámetro, de tal manera que cada contrapeso tuviera un grosor de 0.5in. Estas piezas de aluminio se pegaron a tornillos, los cuales se introducirán en las tuercas para agregar peso a los discos y generar la resistencia de la máquina.



Figura 23. Disco inercial

Una vez teniendo el disco inercial se ensambló a la remadora y se aseguró la cuerda con manijas en el disco central por medio de una piña, para terminar el sistema que permite al usuario realizar el ejercicio de remo en la máquina.



Figura 24. Segundo ensamble de la remadora



Figura 25. Disco inercial con cuerda

Finalmente se maquinó el panel donde se colocaron los componentes de electrónica que nos permitirán encender y apagar la máquina, así como calcular la distancia recorrida y el tiempo que duró el ejercicio. Para esto, se cortó una pequeña tabla de 10 cm x 18 cm por medio de la escuadradora y después se realizaron las perforaciones de los diámetros necesarios para los botones, los leds y las piñas necesarias para unir el panel a la remadora. Para esto, se utilizó el taladro de mano, ya que la tabla utilizada no era muy gruesa.

Para asegurar los botones en sus orificios, se utilizó pegamento. Por su parte, la unión de los componentes electrónicos se llevó a cabo con un cautín y soldadura de estaño, proveyendo a todos los elementos la misma referencia de tierra a través de sus respectivas resistencias, mientras que se colocaron cables individuales de alimentación para cada LED, mientras que ambos botones fueron alimentados por el mismo cable y a cada uno se le asignó un cable para la lectura de su salida. Por último, se protegieron las uniones soldadas con silicona caliente y se unió el tablero a la remadora.

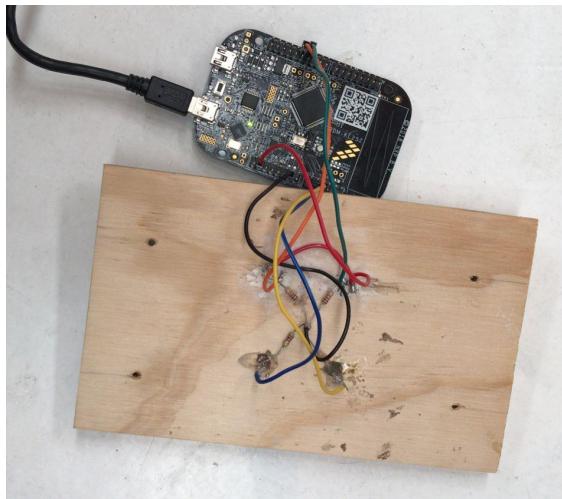


Figura 26. Panel de control vista trasera

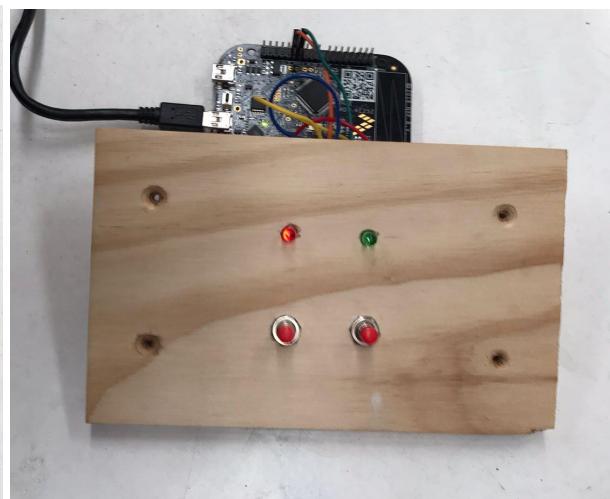


Figura 27. Panel de control vista delantera

El prototipo final quedó de la siguiente manera:



Figura 28. Prototipo final

## Descripción de sistema mecatrónico

### Sensores utilizados y su integración

#### ***Sensor magnético Oky3439***

De este tipo de sensor se utilizará uno, el cual se colocarán en uno soportes delanteros de la remadora, junto al cual se colocará un imán en el disco para permitir identificar cada que se genera un giro, haciendo posible identificar la cantidad de ciclos generados, la velocidad del remado, la distancia remadas e incluso las calorías quemadas a lo largo de la rutina.

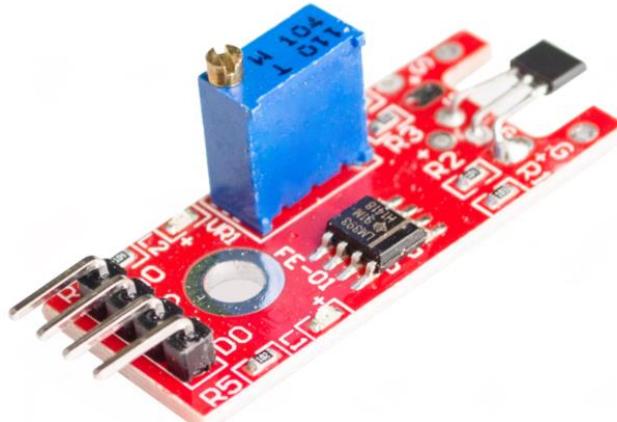


Figura 29. Sensor magnético Oky3439

## *Módulo de bluetooth HC-06*

El módulo de bluetooth, nos permitirá conectar de manera inalámbrica nuestro microcontrolador con la interfaz, que en este caso será la pantalla del dispositivo móvil del usuario, la cual se encargará de transmitirle al atleta información importante sobre la rutina de ejercicio que esté realizando, como distancia total recorrida de remo, entre otras. El microcontrolador en primera instancia se encargará de monitorear el sensores magnético, con el objetivo de conocer las vueltas realizadas por el disco inercial y, gracias a un pequeño calculo de procesamiento dentro de la tarjeta, se convertirán las vueltas en distancia recorrida y el módulo de bluetooth funcionará como puente de comunicación entre nuestro microcontrolador y la interfaz.



Figura 30. Módulo de bluetooth HC-06

### *Push Button*

Los botones que utilizaremos serán componentes de suma importancia para el funcionamiento de nuestra remadora, ya que nos permitirá utilizar el mecanismo sin la necesidad de tener un teléfono móvil, esto genera que cuando el usuario no cuente con un

celular o en caso de que sí cuenta con este, pero no tenga descargada nuestra aplicación, nuestra remadora podrá trabajar de forma independiente sin la necesidad de la aplicación.

Para el accionamiento de la remadora de forma manual, utilizaremos dos botones pulsadores de diferente color para diferenciar el accionamiento dentro de la máquina. El botón verde se utilizará para encender el sistema electrónico de nuestra máquina, mientras que el botón rojo servirá para apagarlo.



Figura 31. Push Button

### **Actuadores utilizados y su integración**

#### ***Leds***

El uso de diodos leds en nuestra remadora nos ayudará a mostrar señales de operación de la máquina al usuario de manera visual, para que la persona que esté utilizando nuestra máquina sea capaz de saber que el equipo se encuentra funcionando correctamente o simplemente se encuentra detenida.

Como ya se mencionó, los leds se colocarán en el panel de la remadora, con el objetivo de que la vista para el usuario sea bastante sencilla y muy cómoda. Al igual que con el uso de los botones, para los diodos leds se utilizaran dos colores; verde y rojo. El led verde indicará que la remadora está lista para su uso, mientras que el led rojo nos indicará que la remadora se encuentra apagada, por lo que si el usuario desea utilizar la máquina tendrá que oprimir el botón verde para iniciar el sistema y empezar con el ejercicio.

Asimismo, se considera el tipo de leds que se utilizarán, ya que en el mercado existen tres tipos, difusos, brillantes y ultrabrillantes. Analizando los tipos de leds, encontramos que los

leds difusos se utilizan principalmente para mostrar señales visuales al usuario mediante el uso de luz, el cual se puede observar desde cualquier ángulo de visión, mientras que para los leds brillantes y ultrabrillantes, requieren de un ángulo adecuado para observarse y además encandilan por la cantidad de luz que generan, es por eso que para el propósito de señalización de la remadora su usaran leds difusos.

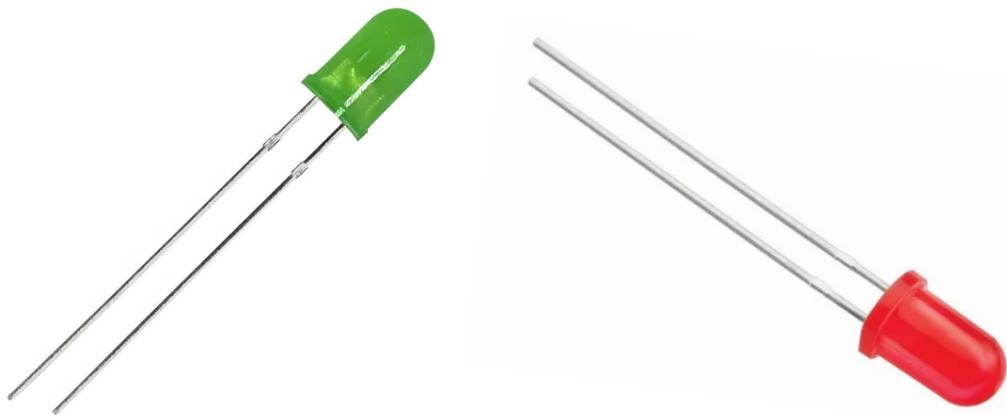


Figura 32. Leds difusos

### **Diagrama de sistema de control e interfaz**

En resumen, los componentes electrónicos principales de nuestro sistema mecatrónico utilizado en nuestra remadora se basa en el uso de un sensor magnético, el cual será el encargado de monitorear en tiempo real si el disco inercial está girando o no y con el uso del código utilizaremos estos datos para conocer las vueltas que ha girado el disco y, eventualmente, la distancia de remo del usuario.

Por otra parte, los botones serán un segundo sensor, los cuales son componentes más comúnmente utilizados en dispositivos electrónicos, dichos componentes se utilizarán principalmente para activar o apagar el sistema electrónico de nuestra remadora para ser utilizada por atletas. Estos sensores descritos anteriormente retroalimentan a nuestro microcontrolador, sobre lo que está ocurriendo en la remadora, con el objetivo de que nuestra tarjeta conozca la cantidad de vueltas que ha realizado el disco, así como si se activa de manera manual la remadora.

El microcontrolador procesará la información obtenida por los sensores para transformarlo en datos funcionales que puedan ser transmitidos por el principal actuador en nuestro sistema mecatrónico, que es el módulo de bluetooth, principal componente para transmitir y recibir datos. Asimismo, el microprocesador se encargará de encender y apagar los leds ubicados en el panel de nuestra máquina, con la finalidad de que el usuario sea capaz de interpretar este indicador y conozca si la remadora está lista o no para ser operada.

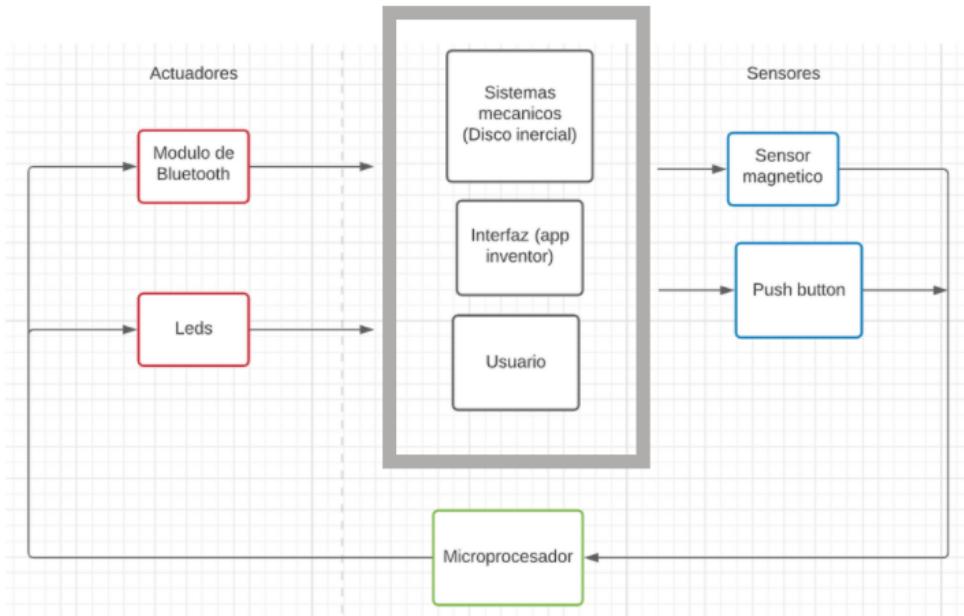


Figura 33. Diagrama de sistema de control

### Sistema de potencia

Debido a que utilizaremos muy pocos componentes electrónicos, no existirá una demanda considerable de energía para mantener funcionando la remadora, es por eso que se considera alimentar todos los componentes con la salida de voltaje de nuestro microprocesador, mientras que el procesador podrá ser alimentado con una batería móvil tipo power bank. La batería externa posee 2 LEDs, uno que enciende en color rojo para indicar que está en proceso de carga la batería de respaldo y otro que enciende en color azul cuando estás alimentando nuestro microprocesador. La tarjeta siempre tendrá que estar conectada a la fuente de alimentación y con los botones colocados en el panel de la remadora, así como botones en nuestra aplicación, conectada de manera inalámbrica con nuestra tarjeta, le mandaremos señal al microprocesador para que comience a realizar los conteos de vueltas del disco inercial y procesar esta información para mandar la distancia de remo que ha recorrido el usuario.



Figura 34. Power band

## Diagrama general

Con el objetivo de mostrar visualmente la conexión de todos los componentes electrónicos utilizados para el buen funcionamiento de nuestra remadora, es importante conocer los puertos del microprocesador donde se conectarán cada dispositivo electrónico, al igual que la fuente de alimentación que entrega energía a nuestra tarjeta. En primer instancia, nuestra tarjeta de desarrollo KL25Z, estará alimentada mediante el uso de una batería externa para un celular móvil, llamada *Power bank*, la cual estará conectada mediante un cable USB-micro USB a uno de los dos puertos micro USB de la tarjeta del microprocesador.

El panel electrónico de nuestra máquina, donde se encuentran los botones de accionamiento de la remadora y los diodos leds, se conectarán cada componente a un puerto distinto en nuestra tarjeta. El led verde se encontrará conectado al puerto PTB0, mientras que el led rojo se conectarán al puerto PTB1. Adicionalmente, se conectarán el botón rojo al puerto PTD3 para apagar nuestra máquina y en el puerto PTD2 se conectarán el botón verde.

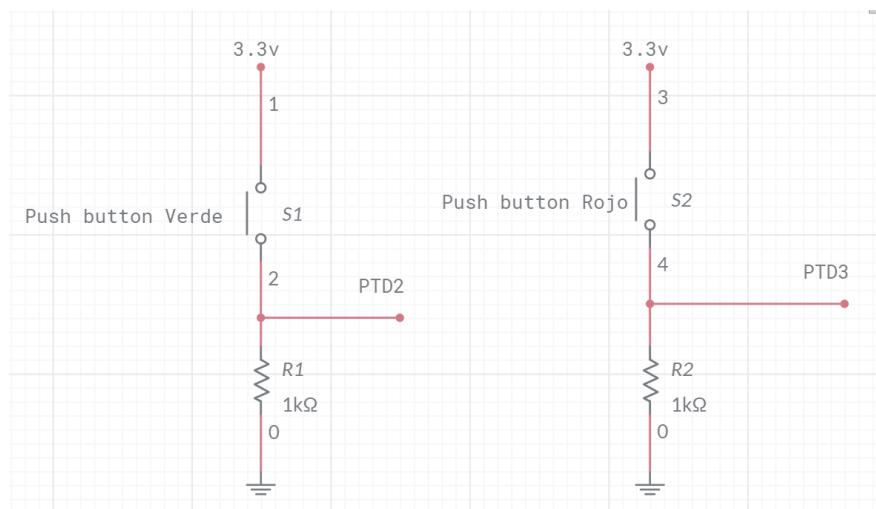


Figura 35. Conexión electrónica para los push button.

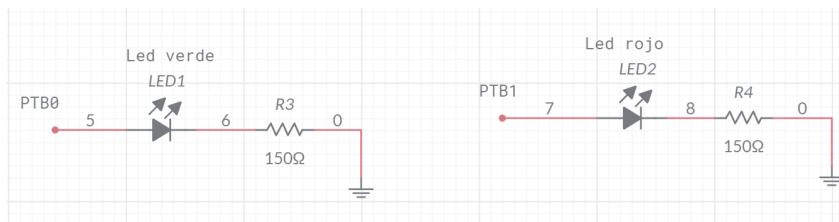


Figura 36. Conexión electrónica para cada uno de los diodos leds.

El módulo de Bluetooth que nos ayudará como puente de comunicación entre el microprocesador y la aplicación en el teléfono móvil tiene 4 pines. Dos de los cuatro pines son encargados de la alimentación de energía, donde uno de ellos es tierra y el otro se conectarán a la toma de corriente del microprocesador que entrega 5 volts.

Los dos últimos pines es donde se encuentra la recepción y la transmisión de datos (Rx y Tx), dichos pines se conectan de forma que la tarjeta pueda mandar y recibir datos, realizando las conexiones correspondientes, para el pin Rx del módulo de bluetooth se conectarán al puerto

PTA2 del micro, el cual está configurado como Tx dentro del microprocesador, y el pin Tx del módulo de bluetooth se conectarán al puerto PTA1, el cual está configurado como Rx dentro del microprocesador, esto permitirá una comunicación entre los dos dispositivos electrónicos.

Finalmente, el sensor magnético tipo “Oky3439”, estará conectado a la fuente de voltaje del microprocesador que entrega 5 volts. Los pines del sensor que utilizaremos serán los llamados “D0”, los cuales permiten generar señales digitales y puede leer con facilidad nuestra tarjeta. Para genera esta conexión, el pin D0 del sensor se conectará al puerto PTD0.

A continuación, se muestra de manera gráfica la conexión de los elementos que se llevó a cabo en la remadora.

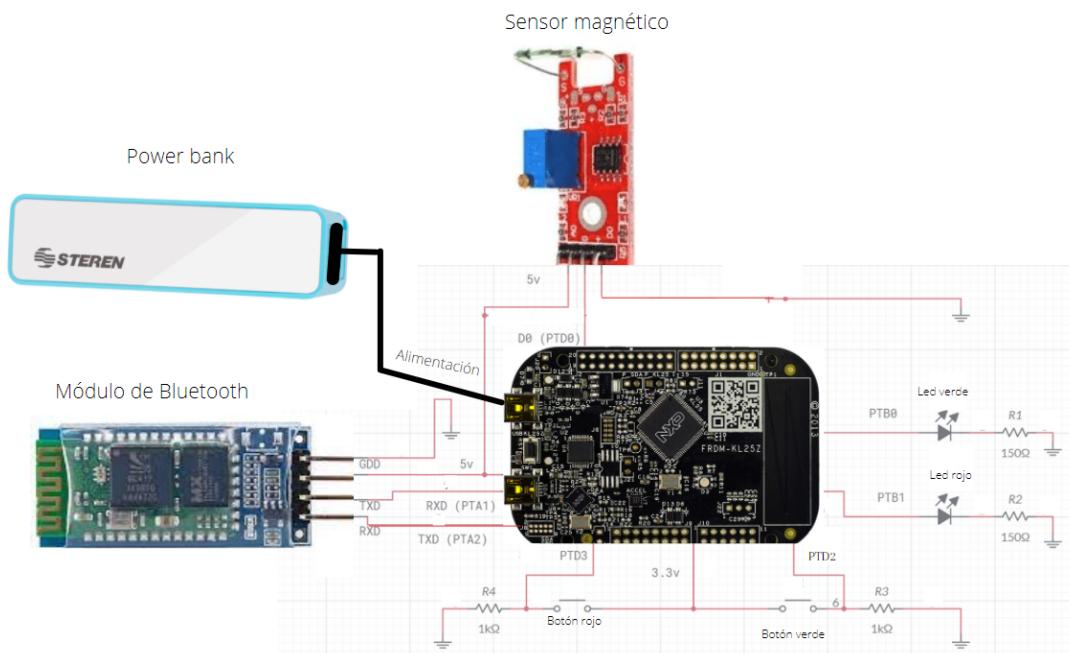


Figura 37. Conexión de componentes electrónicos

## Presentación de prototipo

### Demostración de funcionamiento

Gracias al código diseñado y desarrollado, logramos obtener ciertas mediciones importantes, tales como los ciclos de giro que ha realizado nuestro disco inercial, cuya medición se obtiene por medio de la implementación del sensor magnético. Este componente detectará un pequeño imán ubicado en el disco y, cada vez que el imán pase por un lado del sensor, este detectará el campo magnético y enviará un pequeño pulso, el cual corresponde a una salida digital, por lo que solamente existen una salida binaria, la cual nos indica que el sensor está o no detectando el imán.

El pequeño pulso que enviará nuestro sensor, será detectado por la tarjeta y lo procesa para convertirlo en información y, eventualmente, compartirlo con nuestra interfaz mediante el módulo de bluetooth. A continuación, se presenta el código que se diseñó para hacer funcionar la remadora, así como una explicación de la lógica utilizada.

Primeramente, al inicio de nuestro código se inicializan las variables que son usadas en todo el código, con el objetivo de que pueda correr sin problemas de definición de variables:

```
#include "derivative.h" /* include peripheral declarations */

//debug
//0:clockwise 1,3,2,0
//1: CCW 0,2,3,1
unsigned char i=0;
unsigned char giro_debug=0;
unsigned char secuencia[]={0,1,3,2};
//debug

unsigned short vueltas=0;
unsigned short cont=0;
unsigned char estado_anterior=0;
unsigned char sentido_actual=0;
unsigned char estado_cambio_direccion=0;

//Bluetooth
unsigned char mensaje[]={};

unsigned char encendido=0; // 1=encendido 0=apagado
```

Figura 38. Inicialización de variables utilizadas en el código.

Posteriormente, se configuraron todos los parámetros que serán utilizados en las funciones del código, en donde se dará reloj a los módulos necesarios (UART0 y LPTMR0) para poder generar las funcionalidades deseadas en el código, también se configurarán algunos de los puertos donde se conectarán los botones, leds y el sensor magnético, dichos puertos se configurarán como GPIO y posteriormente se decidirá si son puertos de entradas o salida, dependiendo de la función que realizan.

Por ejemplo, los puertos donde se conectarán los ánodos de los leds se configurarán como salidas con la finalidad de apagar y encender dichos leds. Por otra parte, los puertos donde se conectarán los push button y el sensor magnético, se configuran como entradas ya que nuestro procesador estará en espera en cuanto reciban una señal, es decir cuando se presione o no un botón o se recibe un pulso y realizar la acción deseada.

En la primera parte del código, se configuró el debug y se dio reloj a los módulos que necesitarán la función para su óptimo funcionamiento.

```

@int main(void)
{
    //debug
    SIM_SCGC5|=(1<<13)+1;           //clk interfaz PORTE y LPtimer
    PORTE_PCR0=(1<<8);
    PORTE_PCR1=(1<<8);
    GPIOE_PDIR=0;
    GPIOE_PDDR=3;

    LPTMR0_PSR=5;
    LPTMR0_CMR=1000;
    LPTMR0_CSR=(1<<6)+1;

    NVIC_ISER=(1<<28);           //Habilitar la interrupcion desde el NVIC
    //debug
}

```

Figura 39. Configuración de módulos por parte del debug.

Se habilitó el módulo del puerto D, dándole reloj a este. Asimismo, se configura el puerto como GPIO y, además, se habilitó la interrupción cuando ocurran los dos flancos, tanto de subida como de bajada. Al saber que cuando se configura un puerto como GPIO, no es necesario configurarlo como entrada, ya que lo tiene por default. Finalmente, se habilita la interrupción descrita anteriormente, pero esta vez por el módulo del NVIC.

```

SIM_SCGC5|=(1<<12);           //clk interfaz PORTD
PORTD_PCR0=(1<<24)+(1<<8)+(11<<16);      //GPIO, Interrupcion en ambos flancos

//default pin GPIO entrada

NVIC_ISER=(1<<31);           //Interrupcion de entrada del puerto D
-----+

```

Figura 40. Configuración del puerto PTD0, donde conectamos el sensor magnético.

Con la finalidad de mandar y recibir datos desde nuestro microprocesador, se debe habilitar la función UART, dándole reloj primeramente y después configurar los puertos que se utilizarán para la recepción (Rx) y transmisión (Tx) de información entre la tarjeta y el celular.

Cabe destacar que será en el puerto PTA1, configurado como Rx, donde se conectarán la transmisión de módulo de bluetooth (Tx), mientras que en el puerto PTA2, configurado como Tx, se contará con la recepción del módulo de bluetooth, con la finalidad de que exista una comunicación entre los componentes sin ningún problema. Finalmente, se habilitaron las interrupciones del UART0 desde el NVIC.

```

//UART
clk_init();

SIM_SCGC5=(1<<9)+(1<<10);      //clk interfaz PORTA, Clk interfaz PORTB led
PORTA_PCR1=(2<<8);           //UART0 Rx Tx blue
PORTA_PCR2=(2<<8);           //UART0 Tx Rx blue

SIM_SCGC4=(1<<10);          //clk interfaz UART0
UART0_BDH=0;                  //ecuaciÃ³n para definir baud rate
UART0_BDL=26;                 //UART0_C2=12+(1<<7); // TE=RE=1, hab intr THRE (TDRE)

NVIC_ISER=(1<<12);          //Hab intr UART0 NVIC
//UART

```

Figura 41. Configuración del módulo de la UART y sus interrupciones.

Para hacer uso de los leds indicativos del estado actual de la remadora y saber si está prendida o apagada nuestra máquina antes de utilizarla, se configuraron los puertos que serán utilizados para conectar los leds como GPIO y, posteriormente, como salidas, con el objetivo de encender los leds, de acuerdo al estado actual del equipo, mandando energía desde el microprocesador. En esta parte del código ya no es necesario mandarle reloj al módulo, ya que se hizo en la parte del código descrito anteriormente.

```

//Led
PORTB_PCR2=(1<<8);          //Configurar PORTB0 como GPIO
PORTB_PCR1=(1<<8);          //Configurar PORTB1 como GPIO
GPIOB_PDDR=(1<<2);          //configurar pin como output
GPIOB_PDDR=(1<<1);          //Configurar pin como output
//Led

```

Figura 42. configuración de los puertos donde conectamos nuestros diodos leds

Finalmente, al igual que se hizo con los puertos de los leds, se configuraron los puertos utilizados para conectar los *push button* como GPIO, pero esta vez como entradas, por lo que ya no es necesario incluir esta última parte, ya que el código lo entiende por default. Asimismo, se habilitó la interrupción de flanco en ambos sentidos, con el objetivo de que nuestra tarjeta conozca cuando se presiona un botón y cual de estos fue presionado para ejecutar la acción deseada.

```

//push boton
PORTD_PCR2=(1<<24)+(1<<8)+(11<<16); //GPIO, Interrupcion de flanco en ambos sentidos (boton verde)
PORTD_PCR3=(1<<24)+(1<<8)+(11<<16); //GPIO, Interrupcion de flancos en ambos sentidos (boton rojo)
//Default GPIO entrada

```

Figura 43. configuración de los puertos donde conectamos los push button

### Descripción de interfaces de usuario y uso de la remadora

A continuación, se declaró la función utilizada por el UART0 para transmitir y recibir información desde el módulo de bluetooth conectado al microcontrolador. Dicha función es muy sencilla de utilizar ya que, mediante el uso de interrupciones, se puede mandar un nuevo

dato sobre la distancia que lleva recorrida el usuario. Asimismo, se debe incluir una función de reloj para determinar el tiempo de conteo sobre la velocidad de transmisión de los datos.

```
//Bluetooth
@void UART0_IRQHandler()
{
    unsigned char distancia;
    distancia=vueltas*0.3; //Vueltas por el diametro de la polea en metros
    UART0_D=distancia;
}

@void clk_init (void)
{
@// FIRC = 4 MHz. BusClk = 4 MHz
// UART0: FIRC. UART1: BusClk. UART2: BusClk. TPM: FIRC. IIC: BusClk

MCG_C1|=(1<<6) + (1<<1);      //MCGOUTCLK : IRCLK. CG: Clock gate, MCGIRCLK enable pag 116
MCG_C2|=1;                      //Mux IRCLK : FIRC (4 MHz) pag 116
MCG_SC=0;                        //Preescaler FIRC 1:1 pag 116

SIM_CLKDIV1=0;                   //OUTDIV4=OUTDIV1= 1:1 pag 116. Busclk 4 MHz
SIM_SOPT2|=15<<24;             //Seleccion MCGIRCLK tanto para UART0 como para TPM
}
```

Figura 44. Función utilizada por el UART para recibir y transmitir información.

### Variables sensadas y mediciones obtenidas

La variable principal que necesitamos sensar en nuestra remadora para su óptimo funcionamiento es conocer la cantidad de vueltas que ha girado nuestro disco inercial. Para conocer dicha información, es necesario incluir un sensor magnético, donde su principal funcionamiento es detectar cada vez que se realiza un giro en nuestro disco inercial generando un pulso cada vez que ocurra esto. A continuación, se presenta el código utilizado en la remadora para obtener dicha medición, procesarla y eventualmente enviar la información a la aplicación móvil.

```

void PORTD_IRQHandler()
{
    //Apaga bandera y mantiene configuraciÃ³n
    PORTD_PCR0=(1<<24)+(1<<8)+(11<<16);
    PORTD_PCR2=(1<<24)+(1<<8)+(11<<16);
    PORTD_PCR3=(1<<24)+(1<<8)+(11<<16);

    if ((GPIO_D_PDIR&(1<<2))!=0) encendido=1; //si tememos un pulso en el botÃ³n verde, encendemos la maquina
    if ((GPIO_D_PDIR&(1<<3))!=0) encendido=0; //si tememos un pulso en el botÃ³n rojo, apagamos la maquina

    if (encendido==1)          //encendemos nuestra remadora
    {
        GPIOB_PDR=(1<<0);   //encender led verde
        GPIOB_PDR=(0<<2);   //apagar led rojo
        if ((GPIOB_PDIR&(1<<0))!=0) //evaluamos si nuestro sensor magnÃ©tico detecto el imÃ¡n
        {
            cont++;           //la variable cont, nos ayudara a saber cuando se ha generado una vuelta real
            if (cont==2)        //cuando el sensor detecta dos veces el iman, se generara una vuelta real
            {
                vueltas++;
                cont=0;
            }
        }
        else vueltas=vueltas;
    }
    //if
    else
    {
        GPIOB_PDR=(0<<2); //apagar led verde
        GPIOB_PDR=(1<<1); //encender led rojo
    }
} //void

```

Figura 45. Función utilizada para calcular las vueltas del disco inercial

En la primera parte de la función, se apaga la bandera generada por la interrupción del LPTMR al detectar un flanco, ya sea de subida o de bajada, en alguna de nuestras entradas, incluyendo los botones y el sensor magnético. Adicionalmente, mantenemos la configuración con la finalidad de seguir obteniendo las siguientes interrupciones.

```

//Apaga bandera y mantiene configuraciÃ³n
PORTD_PCR0=(1<<24)+(1<<8)+(11<<16); //Sensor magnÃ©tico
PORTD_PCR2=(1<<24)+(1<<8)+(11<<16); //botÃ³n verde
PORTD_PCR3=(1<<24)+(1<<8)+(11<<16); //botÃ³n rojo

```

Figura 46. Apagar bandera y mantener configuración del sensor y botones.

Posteriormente, evaluamos en qué estado se encuentra la remadora, ya que, si se presiona el botón verde, se enciende la máquina y con el botón rojo la apagaremos. Para generar un pulso en el puerto PTD2, conectado al botón verde, es necesario presionar dicho botón y lo mismo ocurre con nuestro botón rojo.

```

if ((GPIO_D_PDIR&(1<<2))!=0) encendido=1; //si tememos un pulso en el botÃ³n verde, encendemos la maquina
if ((GPIO_D_PDIR&(1<<3))!=0) encendido=0; //si tememos un pulso en el botÃ³n rojo, apagamos la maquina

```

Figura 47. Código donde se evalúa si se presionó o no algún botón.

Si se sabe que la máquina está encendida, se procede a realizar el conteo de las vueltas que ha girado el disco inercial. Como se sabe que nuestra remadora tiene un componente giratorio diferente al resto de las remadoras, nuestra lógica en código también lo será.

Al inicio de la rutina, el usuario jalará de la manija, generando un sentido de giro del disco inercial y cuando deje de jalar, dicho disco seguirá girando en el mismo sentido que al inicio de la rutina, por lo que para determinar las vueltas reales en las que el usuario ejerce fuerza, a fin de generar la distancia recorrida de remo del usuario, es necesario dividir las vueltas totales entre dos. Se sabe que gira la misma cantidad de vueltas cuando el atleta está jalando que cuando ya no lo hace.

La primera parte es cuando el usuario se encuentra jalando y la segunda es cuando regresa a su posición inicial. Para conocer las vueltas que producen recorrido o distancia de remo, es necesario utilizar un contador, el cual se denominó “*cont*”, con la finalidad de sumar un ciclo efectivo cada vez que se realizan dos vueltas completas del disco, ya que, si solamente se divide el número de vueltas entre dos, se pueden generar decimales en algunos casos, los cuales son más complicados de procesar por la tarjeta. Utilizando esta lógica se logró caer únicamente en número enteros, evitando los decimales.

```
if (encendido==1)           //encendemos nuestra remadora
{
    GPIOB_PDDR=(1<<0);   //encender led verde
    GPIOB_PDR=(0<<2);   //apagar led rojo
    if ((GPIOD_PDIR&(1<<0))!=0) //evaluamos si nuestro sensor magnetico detecto el imán
    {
        cont++;           //la variable cont, nos ayudara a saber cuando se ha generado una vuelta real
        if (cont==2)        //cuando el sensor detecta dos veces el iman, se generara una vuelta real
        {
            vueltas++;
            cont=0;
        }
    }
    else vueltas=vueltas;
```

Figura 48. Código para contar las vueltas reales que generan distancia de remo.

Finalmente, si se encuentra que no está encendida la remadora y no se presiona el botón verde, únicamente se enciende el led rojo y se apaga el diodo verde, con el objetivo de que visualmente el usuario conozca el estado actual de la remadora.

```
else
{
    GPIOB_PDR=(0<<2); //apagar led verde
    GPIOB_PDR=(1<<1); //encender led rojo
}
} //void
```

Figura 49. Código para mantener apagada la remadora.

## Aplicación en App Inventor

### Inicio de sesión



Figura 50. Vista de inicio de sesión

### Código

```
when Button1 .Click
do set TextBox1 .Visible to true
set PasswordTextBox1 .Visible to true

when Button1 .TouchUpInside
do if TextBox1 = "hello" and PasswordTextBox1 = "1234"
then open another screen screenName "RemadoraApp"
else call Notifier1 .LogError
message "Correo no disponible"

when Button2 .Click
do call BarcodeScanner1 .DoScan
set BarcodeScanner1 .UseExternalScanner to true
if BarcodeScanner1 .Result = true
then open another screen screenName "RemadoraApp"
```

Figura 51. Código de inicio de sesión

Cómo se logra observar en esta sección de la aplicación, se determina que cuando el botón1, que en este caso es para el inicio de sesión, las casillas de textbox, que es usada para colocar la matrícula de alumno o usuario del tec, y la textbox Password, que es la para las contraseñas, se muestran al usuario al pulsar el botón de inicio de sesión. Cabe mencionar que en este bloqueo aún no se añadió la base de datos en esta aplicación, por lo cual evaluar los correos no se determinó por completo debido a la falta de esta información. También, dentro de esta sección de la aplicación existe un scanner para los que son visitantes en el tec, con el objetivo de que puedan ingresar también a usar la remadora. Después de que el escaneo o inicio de sesión es completado, la aplicación se pasa al perfil del usuario para que este haga uso de los beneficios de la aplicación.

### Perfil del usuario



Figura 52. Vista del perfil de usuario

## Código

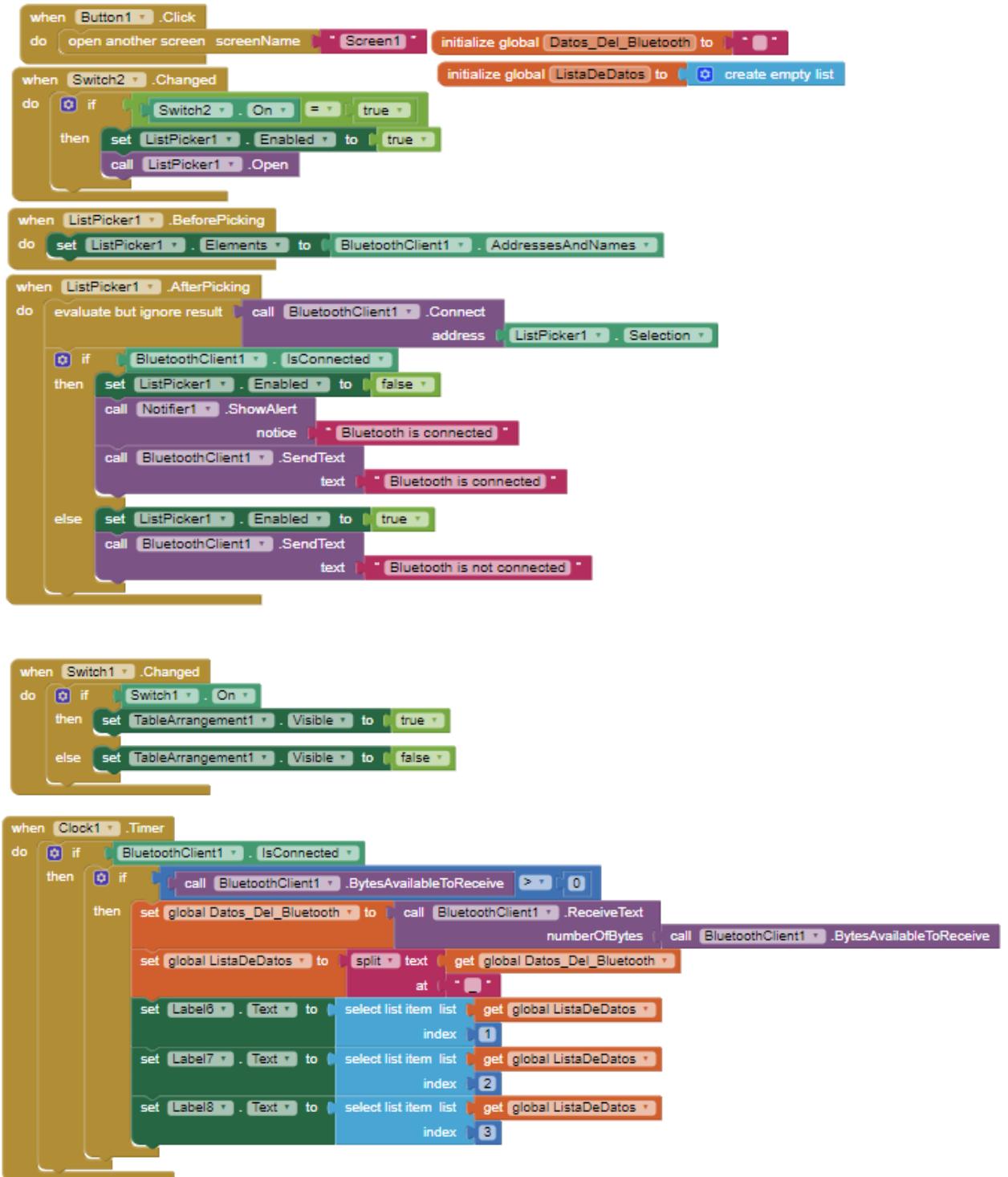


Figura 53. Código de funciones

En esta sección del código se puede observar que existe un botón llamado Button1 que corresponde al botón de back, como se logra observar en el código cuando este es pulsado con un click nos abrirá la ventana llamada screen1 que en este caso es la ventana de inicio de sesión.

Después, puede observarse que cuando el switch 2, que en este caso corresponde al encendido / apagado del bluetooth, es cambiado donde su estado del switch sea “on” este hará que la lista “ListPicker1” esté habilitada y abrirá esta ventana. Antes de que esta lista sea mostrada, los elementos de esta lista se asignan a las direcciones y nombres de las señales de bluetooth, para después de ser mostrados, y si alguno de estos es seleccionado y se logra la conexión con éxito, se mostrará un mensaje de texto y una notificación en modo de alerta, donde dice con texto que el bluetooth está conectado. Sin embargo, si esta conexión no es dada, mostrará un texto indicando que el bluetooth no está conectado.

Debajo del switch2 puede encontrarse otro switch, nombrado switch1, mismo que se usa para mostrar o no los datos de distancia, tiempo y número de repeticiones, puesto que dentro del código se especifica que si este switch está activado, los datos estarán visibles.

Por último, se encuentra el código para recibir la información de los datos que son enviados por el bluetooth conectado en la tarjeta K125z hacia nuestra aplicación para almacenarlos en una lista y después mostrar esos datos en la aplicación de acuerdo a la distancia, tiempo y número de repeticiones. Cabe mencionar que dentro del código no se encuentra la programación de las rutinas ni de la lista de avance. Esto es porque se planea que el código pueda ser modificado a futuro, añadiendo también una base de datos para registrar los avances de los usuarios, al igual que las rutinas recomendadas de acuerdo a su avance.

### **Liga para video de funcionamiento**

<https://youtu.be/I2Z8hlEqVIU>

### **Viabilidad del prototipo**

#### **Análisis de costos y tiempo de fabricación**

La estructura de la remadora tuvo un costo aproximado de \$2895.54, del cual \$1135.00 corresponden a las tablas, tablones y polines de madera que se necesitaron para manufacturar cada una de las piezas que conforman la remadora. De acuerdo a esto, se puede concluir que el costo de la materia prima representa casi la mitad del gasto total. Los \$1760.54 restantes se dividen entre los tubos que se utilizaron como pernos, ejes y contrapesos, las piñas que unen cada componente de madera, el pegamento, las ruedas que permiten el movimiento del asiento, las tuercas y tornillos de los contrapesos, y los componentes de electrónica que se utilizaron para automatizar el funcionamiento de la máquina.

En cuanto al tiempo, se trabajó aproximadamente de 30 a 40 horas para obtener el prototipo final de la remadora. Esta cantidad de horas se debe a que solo uno o dos integrantes del equipo pudieron asistir al campus para trabajar en la manufactura de la máquina. Por lo que, es posible que el tiempo de manufactura disminuya si más personas trabajan en la construcción de la remadora.

## **Tecnologías de manufactura aplicables en producción en masa**

Las CNC, son máquinas que nos permiten convertir una pieza o un bloque de material en un producto terminado, el cual puede ser tan simple como herramientas pequeñas hasta dispositivos complejos utilizados en maquinaria pesada.



Figura 54. CNC

Las siglas CNC significan *control numérico por computadora*, esto indica que la máquina corta las piezas de material automáticamente interpretando las instrucciones que se introducen al sistema. En dichas instrucciones debe indicarse la herramienta que se utilizará (taladro, torno, fresadora, etc.), la velocidad de avance y la velocidad de corte de la herramienta, las coordenadas en las que se realizará el corte o los desplazamientos en el plano (x, y, z), así como la profundidad de corte.

La razón por la que se seleccionó esta tecnología se debe a que al introducir tablas grandes de madera, podrían obtenerse varias piezas de una sola corrida. Además, no sólo se realizarán los cortes para obtener las dimensiones de cada pieza, sino que también es posible realizar las perforaciones necesarias en cada pieza durante la misma corrida. Esto nos permite disminuir el tiempo de maquinado al mismo tiempo que disminuye la mano de obra.

## **Conclusión**

*(Todos los puntos mencionados son en equipo, excepto la conclusión que es individual) Cada uno debe subir su propio reporte con su propia conclusión*

## Referencias

- Borjon, M., Cervantes, J., Morales, H. & Plancarte, S. (2021). *Análisis y selección de materiales*. Tecnológico de Monterrey Campus Guadalajara. Recuperado de [https://docs.google.com/document/d/115B4jxzPjhD\\_OMPapO7OE1EBqyKV0pTOwJ06mOGKVhU/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/115B4jxzPjhD_OMPapO7OE1EBqyKV0pTOwJ06mOGKVhU/edit?usp=sharing)
- Borjon, M., Cervantes, J., Morales, H. Márquez, M. (2021). *Descripción de sistema mecatrónico: Remadora*. Tecnológico de Monterrey Campus Guadalajara. Recuperado de <https://docs.google.com/document/d/1AiIF5JuCmfWAC6lCJV2Zmyi-CWjO-NHS5XFykfLYMDo/edit?usp=sharing>
- Borjon, M., Cervantes, J., Morales, H. & Plancarte, S. (2021). *Manufactura del prototipo*. Tecnológico de Monterrey Campus Guadalajara. Recuperado de [https://docs.google.com/document/d/1fDuffZfDDh0K32TNRgG12LWw0\\_oWXggucko8Lkchicg/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1fDuffZfDDh0K32TNRgG12LWw0_oWXggucko8Lkchicg/edit?usp=sharing)
- Borjon, M., Cervantes, J., Morales, H. & Plancarte, S. (2021). *Selección de procesos de manufactura*. Tecnológico de Monterrey Campus Guadalajara. Recuperado de <https://docs.google.com/document/d/1Ka6ZnM5JcOzoUNDiWhxk7CYdcrQaPG-8zo8zwdiVGmA/edit?usp=sharing>
- FisioOnline. (2018). *Sistemas Inerciales: Principios Básicos. Disco de Inercial y Polea Cónica*. Youtube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=eWjJxA0BS4Q>
- Junquera, I. (2020). *El futuro de la rehabilitación y el entrenamiento deportivo. Principios básicos de la polea cónica y el disco de inercia*. FisioOnline. Recuperado de <https://www.fisioterapia-online.com/videos/sistemas-inerciales-el-futuro-de-la-rehabilitacion-y-el-entrenamiento-deportivo-principios-basicos#:~:text=Principios%20de%20los%20sistemas%20inerciales&text=El%20disco%20empieza%20a%20girar,cual%20se%20realiza%20la%20tracci%C3%B3n>.
- Martínez, E. (2019). *¿Qué son las máquinas CNC?*. Texas Controls Mexico. Recuperado de <https://www.texascontrolsmexico.com/que-son-las-maquinas-cnc/>
- Mercado libre. (s.f) *10 Pzas Push Button 4 Pines Con Capuchon 12x12mm Dif Colores*. Recuperado de [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-821160389-10-pzas-push-button-4-pines-con-capuchon-12x12mm-dif-colores-\\_JM?searchVariation=64669381579#searchVariation=64669381579&position=8&search\\_layout=grid&type=item&tracking\\_id=9dce84a1-3fd7-4102-acd8-8ab7be9b3845](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-821160389-10-pzas-push-button-4-pines-con-capuchon-12x12mm-dif-colores-_JM?searchVariation=64669381579#searchVariation=64669381579&position=8&search_layout=grid&type=item&tracking_id=9dce84a1-3fd7-4102-acd8-8ab7be9b3845)