
Diseño e implementación de planchas para medición del tiempo de un nadador a nivel entreno

Ana Fernanda Solares Santisteban



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería




**Diseño e implementación de planchas para medición del
tiempo de un nadador a nivel entreno**

Trabajo de graduación presentado por Ana Fernanda Solares
Santisteban para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería
Electrónica

Guatemala,

2019

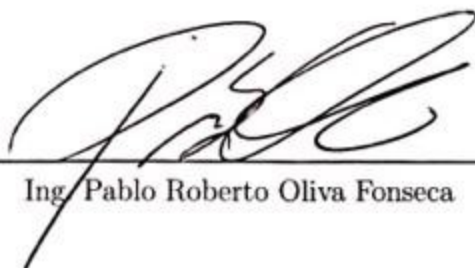
Vo.Bo.:

(f) 
Ing. Jose Eduardo Morales

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Jose Eduardo Morales

(f) 
Ing. Kurt Emmanuel Kellner Juarez

(f) 
Ing. Pablo Roberto Oliva Fonseca

Fecha de aprobación: Guatemala, 6 de diciembre de 2019.

La inspiración de mi trabajo es juntar mi carrera con la natación, debido a que soy ex-nadadora nacional. La natación es uno de los deportes más completos y la tecnología para el mejoramiento del atleta es de un costo alto, debido a ello se implemento un primer prototipo de planchas inalámbricas para la toma de tiempo de bajo costo.

Agradezco a mis padres, hermano y abuelos por el apoyo incondicional, por siempre mis pilares en la vida y en todo lo que realizo. Agradezco a mis superiores de la Universidad del Valle por enseñarme intelectualmente las bases necesarias de la carrera y sobre todo enseñarme a exigirme como persona. Por último, agradezco a mis amigas del colegio y amigos de la universidad por el apoyo incondicional y entender mi esfuerzo por terminar la carrera; también agradezco a dos de mis mejores amigas, que fueron parte incondicional en mis siete años de carrera, siempre siendo uno de mis pilares más importantes para seguir adelante y dándome ánimos en momentos de difíciles.

"La ingeniería es como las aguas abiertas, vas con miedo, sin saber nada, pero en el fondo sabes que lo puedes lograr."

- Ana Solares



Prefacio	III
Lista de figuras	VIII
Lista de cuadros	IX
Resumen	X
Abstract	XI
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
2.1. Método y aparato para monitorear touchpads de contacto húmedo	3
2.2. Swimming pool touchpads	4
2.3. Paneles de señalización de llegada del nadador incorporados en un mamparo de piscina	5
2.4. Swimming touchpads OMEGA	6
3. Justificación	7
4. Objetivos	8
4.1. Objetivo general	8
4.2. Objetivos específicos	8
5. Marco teórico	9
5.1. Natación	9
5.1.1. Historia	9
5.1.2. Eventos	10
5.1.3. Reglamentos	11
5.2. La natación en Guatemala	13
5.3. Planchas	13
5.3.1. Historia	14
5.3.2. Funcionamiento	16

5.3.3.	Materiales	16
5.4.	Comunicación inalámbrica	17
5.4.1.	WWAN	17
5.4.2.	WLAN	17
5.4.3.	WPAN	18
5.5.	Microcontroladores	19
5.5.1.	Raspberry Pi:	19
5.5.2.	Arduino	20
5.5.3.	Teensy	20
5.5.4.	Tiva C	21
5.6.	Sensores de medición	21
5.6.1.	Sensores de presión:	21
5.6.2.	Sensores de sonido:	22
5.7.	Servidor LAMP	22
5.8.	Tipos de materiales	22
5.8.1.	PVC:	23
5.8.2.	Polietileno:	23
5.8.3.	Silicona:	24
6.	Diseño electrónico	25
6.1.	Selección de equipo	25
6.1.1.	Comunicación	26
6.1.2.	Sensores de medición	26
6.1.3.	Microcontroladores	27
6.2.	Cronómetro	29
6.3.	Sensores	31
7.	Diseño mecánico	34
7.1.	Selección de material	34
7.2.	Diseño preliminar	36
7.2.1.	Plancha del banco de salida	36
7.2.2.	Planchas debajo del agua	39
7.2.3.	Producto final	41
7.3.	Implementación	42
7.3.1.	Posición de sensores	43
7.3.2.	Preparación de la silicona	44
7.4.	Pruebas de protección de la silicona	45
7.5.	Prototipo final	46
8.	Diseño de red	48
8.1.	Servidor	48
8.1.1.	Configuración	49
8.2.	Página web	52
8.2.1.	Pruebas con el servidor	53
8.3.	Pruebas de tiempo de envío	55
9.	Conclusiones	57
10.	Recomendaciones	58

11. Bibliografía	59
12. Anexos	62
12.1. Código del proyecto	62
12.2. Vídeo de funcionamiento	62
12.3. Planos de la plancha	62

Lista de figuras

1.	Monitoreo de las touchpads	4
2.	Placas para piscinas	4
3.	Mamparo de las planchas	5
4.	Planchas actualmente	6
5.	Jeroglíficos de la antigua Grecia	10
6.	Estilo libre o cowl	11
7.	Estilo pecho	11
8.	Estilo mariposa	12
9.	Estilo dorso o espalda	12
10.	Banco de salida	12
11.	Dimensiones de la piscina olímpica	13
12.	Primeros cronómetros	14
13.	Segundo cronómetro	14
14.	Primer sistema semi automático	15
15.	Primeras touchpads	15
16.	Comunicación de las touchpads actualmente	16
17.	Tamaño y forma de las touchpad actualmente	17
18.	Sensor de sonido	26
19.	Sensores FSR	27
20.	Modulo ESP8266	28
21.	Conexión inalámbrica	29
22.	Diagrama de flujo del cronómetro	30
23.	Prueba de cronómetro	30
24.	Diagrama de flujo del sensor debajo del agua	31
25.	Diagrama de flujo del sensor en el banco de salida	32
26.	Conexión de sensores con la Tiva C	33
27.	Prueba del cronómetro con los sensores	33
28.	Primer prototipo de la plancha en el banco de salida	36
29.	Diseño del banco de salida	37
30.	Vista superior de la plancha banco de salida	37

31.	Vista inferior de la plancha banco de salida	38
32.	Ensamble de la plancha con el banco de salida	38
33.	Primer prototipo de la plancha debajo del agua	39
34.	Base de la plancha debajo del agua	40
35.	Plancha debajo del agua	40
36.	Ensamble de la plancha debajo del agua	41
37.	Producto final de la plancha banco de salida	41
38.	Producto final de la base de la plancha debajo del agua	42
39.	Producto final de plancha debajo del agua	42
40.	Posición del nadador en el banco de salida	43
41.	Posición de sensores banco de salida	43
42.	Posición del nadador debajo del agua	44
43.	Posición de sensores debajo del agua	44
44.	Primera prueba del material	45
45.	Segunda prueba del material	46
46.	Prueba final del prototipo	46
47.	Prototipo final plancha debajo del agua	47
48.	Prototipo final plancha del banco de salida	47
49.	Prototipo final	47
50.	Servidor Apache instalado correctamente	50
51.	Lenguaje PHP instalado correctamente	50
52.	Página de la base de datos phpMyAdmin	52
53.	Estilo página web	53
54.	Funcionamiento de la página web	54
55.	Tiempos en la base de datos	54

Lista de cuadros

1.	Eventos de natación	10
2.	Marcas juegos olímpicos 2020 mujeres	10
3.	Distancia de los diferentes tipos de comunicación inalámbrica	26
4.	Matriz de priorización para microcontroladores	28
5.	Matriz de priorización del material	35
6.	Distancia de 0 metros	55
7.	Distancia de 5 metros	55
8.	Distancia de 10 metros	55
9.	Distancia de 15 metros	56
10.	Distancia de 20 metros	56

El monitoreo de tiempo es crucial para el rendimiento de los nadadores. Tradicionalmente, los tiempos son registrados manualmente y este no siempre está en actividades de entrenamiento rutinario o en áreas remotas. El uso de las planchas es una forma común de medir el tiempo en nadadores profesionales, sin embargo, los dispositivos no siempre están disponibles en contextos con recursos limitados. El presente estudio propone un prototipo para registrar automáticamente la transmisión de datos en tiempo real utilizando una red inalámbrica. Se diseñaron una serie de circuitos colocados en una plancha con sensores de presión (FSR) protegidos con silicona de caucho, para transmitir la señal a un microcontrolador (Tiva C) que contiene el cronometro. El tiempo medido es tiempo de salida y la transición (recorrido medio /toque final). Los algoritmos se desarrollaron utilizando datos de tiempo tomados a mano y observación para medir el empuje, giros y tiempos de vuelta. Para procesamiento de los datos se utiliza una CPU de bajo costo (Raspberry Pi) y el servidor LAMP para la implementación de la red inalámbrica y el diseño de la página web. La base de datos phpMyAdmin registra las mediciones en tiempo real enviadas por el módulo ESP8266 a través de la red WLAN. La página web muestra el último valor almacenado para el análisis de datos en tiempo real. El sistema desarrollado sugiere que esta tecnología puede ser empleada como una opción viable para la evaluación del tiempo de natación en contextos con limitado acceso a la tecnología.

Monitoring time is crucial for swimmers performance. Swimming time assessment is traditionally an intensive process where lap times are often manually recorded and the process is generally unavailable for routine training activities or remote areas. The use of sensors is a common way to measure the time in professional swimmers, however the devices are expensive and not always available in low income settings. The present study proposes an approach to automatically record transmission of time data in real time using a wireless sensor network. A series of circuits were used as a touch pad for swimming competition timing device. Pressure sensors (FSR) protected by silicone rubber were used to transmit the signal to a microcontroller device (Tiva C) acting as a chronometer. Time measured included reaction time (take-off) and transition (number of laps). Algorithms were developed using hand-time data and observation to measure push-off, turns and lap times. The processing method uses a low-CPU cost (RaspberryPi) and the LAMP server for the wireless implementation and web page design. Database phpMyAdmin records the real time measurements sent by the operator module ESP8266 thorough WLAN network. The webpage displays the last stored value for real time data analysis and a post session. The developed system suggests the use of this technology as a viable option for swimming time assessment in settings where access to technology is limited.

Las planchas táctiles de toma de tiempo en la natación, son dispositivos electrónicos diseñados como una herramienta de automatización del tiempo en competencias de natación. En natación la toma del tiempo es factor determinante para determinar los avances de los deportistas a otro niveles, para establecer los récords y los campeones. Por lo tanto, la exactitud es relevante, puesto que la diferencia entre una milésima de segundo puede afectar los resultados. A pesar, de que en la mayoría de países estos dispositivos son comunes en competencias y en entrenamiento, por su alto costo en países con pocos recursos asignados para los deportes, el uso de estos es limitado. En Guatemala, a la fecha, hay un promedio de 25 dispositivos existentes, y los encargados que es la CDAG de Guatemala, los usan principalmente para competencias nacionales e internacionales, mientras que para entrenamiento estos no se usan.

El uso de estas planchas requiere de una red de local sin tener acceso a internet, para el registro de los datos. Actualmente, la comunicación de las planchas, es por medio de cable de red Ethernet. Este sistema tiene como inconveniente, que físicamente rodea a las piscinas, lo que genera incomodidad y peligro para los nadadores, árbitros, entrenadores y personas que se encuentran fuera de la misma.

A pesar de existir ya las planchas electrónicas en el mercado echas de PVC, la implementación de estas para uso en piscinas debe considerar factores importantes tales como, el tiempo que deben estar sumergidas en el agua, para la selección de materiales; ese mismo material debe ser aislante para los sensores electrónicos, debe considerar el movimiento, para que estos solo sean activados cuando el nadador los presione y no por el movimiento del agua, por lo tanto, se hace necesario abordar todos estos factores para la factibilidad del uso de las mismas.

El siguiente diseño, surge como una alternativa a la necesidad de contar con un dispositivo disponible tanto para los nadadores como para los entrenadores, pues permitirán que se tenga el tiempo real. Esta es una propuesta de planchas inalámbricas, como una alternativa a las existentes. Las ventajas de ser un dispositivo inalámbrico es la flexibilidad de acceder a los tiempos en cualquier punto de la piscina, siempre que el dispositivo este conectado a la misma red de las planchas. Para elaborar el diseño, este se basó en tres partes: 1) el diseño electrónico, que consiste en la selección del material electrónico adaptándose a la toma del tiempo del nadador, 2) el diseño mecánico que consiste en el prototipo del diseño de las planchas, y 3) el diseño de red, que consiste en diseñar una red privada para obtener los tiempos del nadador. Así mismo, corrige los defectos del uso de cableado, puesto que pretende implementar el uso de una red inalámbrica WLAN por el medio del uso de red inalámbrica, y la aplicación de una página WEB en donde se registren y muestren los diferentes tiempos del nadador.

Este es un primer prototipo de un dispositivo electrónico, que se espera que con la validación del mismo en diferentes contextos, pueda más adelante mejorarse y sea accesible a los deportistas y entrenadores para uso en entrenos y competencias, para que puedan registrarse los tiempos de una manera sistematizada.

Desde 1932 se ha venido trabajando la toma de tiempo de los nadadores teniendo como problema la centésimas de segundos entre el tiempo de un nadador con otro para concluir quién es el ganador. Treinta cinco años después por primera vez en 1967 se obtuvo la primera medición automatizada del tiempo de cada nadador y con la evolución de la tecnología fue evolucionando la manera de medición de los tiempos. [1]

En la actualidad existen diversas empresas que trabajan en la producción y venta de las planchas, en las competencias de natación en los juegos olímpicos que se realizan cada cuatro años, se implementan estas touchpad para reducir el error en la toma de tiempo para cada nadador y evitar así premiaciones injustas. Posteriormente se encontraran antecedentes de estas planchas que nos ayudarán a la implementación de las planchas.

2.1. Método y aparato para monitorear touchpads de contacto húmedo

Del trabajo de Kurt R. Kaski realizado el día 11 de noviembre del 2003 nos muestra el trabajo de la apertura y cierre de contacto de los touchpads es monitoreada por medio de un temporizador/controlador. El objetivo principal de la patente es crear un sistema de cronometraje para la natación permitiendo la detección precisa tanto de la activación como de la desactivación del touchpad, obteniendo un procedimiento similar a un interruptor evitando la corrosión del material de contacto. [2]

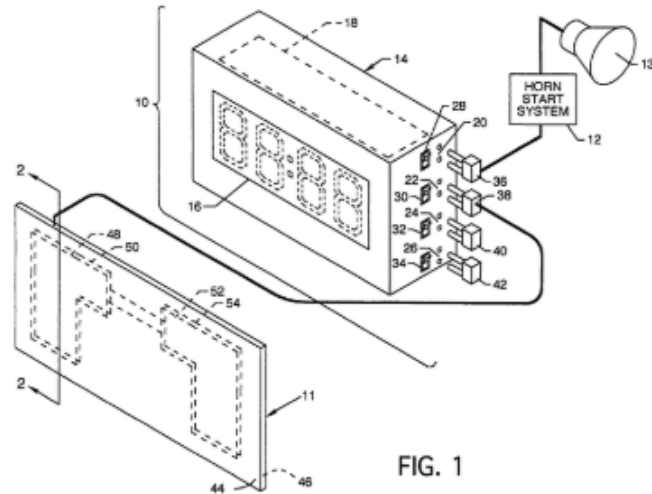


Figura 1: Monitoreo de las touchpads

2.2. Swimming pool touchpads

Del trabajo de Ryan T. Julian y Richard A. Farswoth realizado el día 19 de abril del 2005 nos muestra el trabajo de la construcción del panel táctil para piscina, sellada de dos placas que no se vea afectada por la presión. El objetivo principal de la patente es la estructura de las planchas ofreciendo las especificaciones apropiadas de cómo es el diseño mecánico de las planchas. [3] La Figura 2 muestra la estructura de dos placas, La placa frontal es de una construcción delgada y flexible que protege la placa posterior debido a que es conductora. En medio de ambas placas se encuentra un material de goma para el aislamiento y protección de la placa posterior. Así mismo los selladores son protegidos por una mancilla de silicona para evitar la conductividad los mismos.

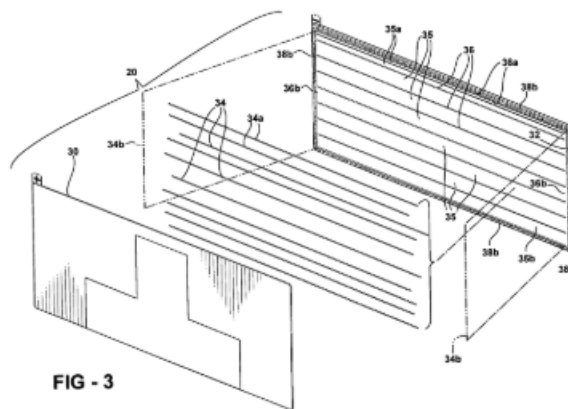


Figura 2: Placas para piscinas

2.3. Paneles de señalización de llegada del nadador incorporados en un mamparo de piscina

Del trabajo de Gordon Berger el día 28 de mayo de 1981 nos muestra el trabajo que describe un mamparo que tienen los paneles de señales de llegada del nadador en todos los carriles de natación en al menos. El objetivo principal de la patente es describir el diseño mecánico por medio de un mamparo y mostrar sus interconexiones de la plancha. [4] En la Figura 3 muestra la vista parcial del lado vertical de la plancha donde se encuentra el interruptor por encima del agua. Trabaja a bajo voltaje para evitar el corto circuito al momento de que el agua salpique.

U.S. Patent Oct. 6, 1981 Sheet 4 of 4 4,292,696

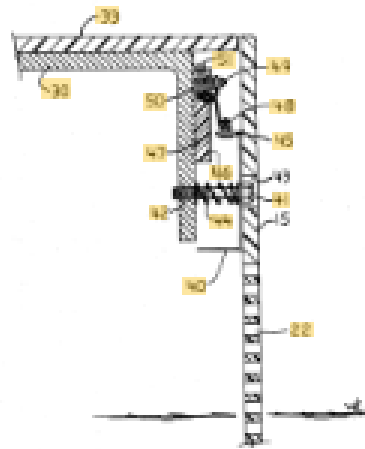


Fig 4

Figura 3: Mamparo de las planchas

2.4. Swimming touchpads OMEGA

OMEGA es una empresa especializada en la tecnología de cronometraje deportivo. Es un trabajo junto con FINA (Federación Internacional de Natación) para la verificación de los diferentes dispositivos electrónicos sean tan precisos. Desde 1952 OMEGA ha trabajado y actualizado sus dispositivos electrónicos para la mejora del cronometraje y llegar a la precisión de la toma de tiempos. Esta empresa trabaja con los atletas de natación y salto de trampolín.[1] En la Figura 4 se observa el kit completo de los dispositivos electrónicos que ofrece OMEGA, la plancha que se encuentra debajo del agua y la del banco de salida.

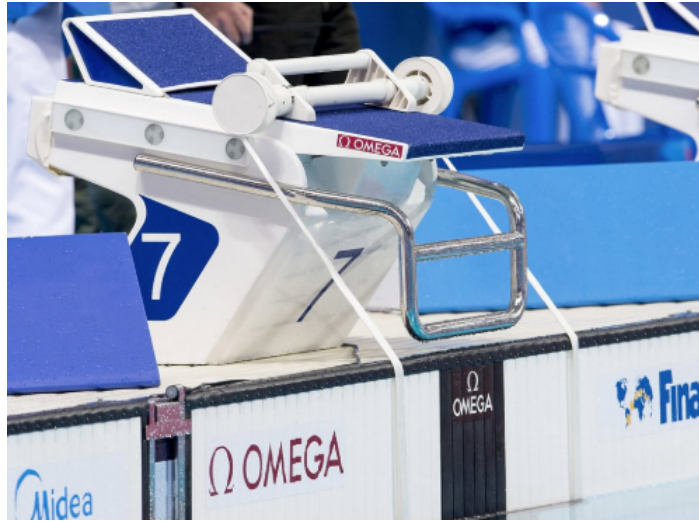


Figura 4: Planchas actualmente

Históricamente los dispositivos electrónicos han sido introducidos en todos los ámbitos deportivos, con el fin de monitorear la salud, la condición física y mejorar las marcas y rendimiento de atletas olímpicos. La aplicación de estos ha contribuido enormemente al análisis y toma de decisiones que tanto deportistas como entrenadores deben tomar, tanto para ver las mejoras interindividuo como las intradividuos. La natación no es la excepción, especialmente porque es un deporte que demanda exactitud en la toma de tiempos entre los competidores, y el uso de dispositivos electrónicos pueden ayudar a evitar la subjetividad en los jueces.

Gracias al apoyo e inversión del Comité Olímpico Guatemalteco (COG) y de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala (CDAG) se han mejorado aspectos de infraestructura y aplicación de la tecnología para el desarrollo deportivo de cada atleta. Un indicador de esto es en el aumento de medallas obtenidas en distintos deportes durante los últimos años. Sin embargo, este esfuerzo no es suficiente para cubrir las necesidades de todo el país, lo que sitúa a los atletas en desventaja frente a aquellos que sí cuentan con estos recursos.

La Universidad del Valle de Guatemala y el Departamento de Ingeniería Electrónica se encarga de la creación de herramientas y sistemas tecnológicos aplicados al deporte, con el fin de contribuir a disminuir esas brechas existentes en los guatemaltecos. Por tal razón, como una contribución a las necesidades y demanda de la población deportiva, en este estudio se desarrolla el diseño del primer prototipo de las planchas inalámbricas para la medición de tiempos de un nadador a nivel entreno para el mejoramiento de su desempeño en competencias. Este prototipo se espera pueda ser usado en diferentes contextos y se convierta en una herramienta útil y accesible especialmente para los deportistas en donde el uso de la tecnología es limitada.

4.1. Objetivo general

Implementar un primer diseño de plataformas inalámbricas de silicona con sensores de presión para medición de tiempo de reacción de salida del nadador y el tiempo en realizar media o vuelta completa a nivel entreno.

4.2. Objetivos específicos

- Observar y analizar el área con mayor frecuencia de contacto entre el nadador y la pared de la piscina u/o banco de salida para realizar el diseño de la plataforma.
- Investigar y determinar los materiales adecuados para la estructura adaptándose al uso del nadador.
- Seleccionar el material y estructura que permita el aislamiento del agua.
- Implementar la red inalámbrica de las plataformas y su monitoreo.
- Graduar sensores de presión para la detección del nadador
- Optar por un controlador que permita la comunicación inalámbrica a costo accesible.

5.1. Natación

La natación es un deporte que se ha realizado desde la época antigua, es un deporte completo porque integra lo físico y mental permitiendo mantener la salud. Desde que esta actividad se integró a las competencias deportivas, la medición del tiempo ha sido un punto de discusión debido a las milésimas de segundo que varían entre un competidor y otro al momento de terminar la competencia. Es por esto que dentro de las innovaciones tecnológicas más importantes y útiles están las touchpad que permiten la automatización de la toma de tiempo del nadador en las competencias, haciéndolas más confiables y permitiendo minimizar las disputas entre nadadores, jueces, entrenadores en las competencias.

5.1.1. Historia

Hay registros de la natación desde el 2500 aC ya que en Egipto existen algunos jeroglíficos que muestran dicha actividad. Por otro lado la historia registra que los fenicios tenían sus equipos de nadadores para estar preparados ante los naufragios y en algunos momentos eran útiles para quitar los obstáculos que pudieran evitar el acceso de los barcos a los puertos. En los Juegos Olímpicos de la antigua Grecia la natación no formó parte de los mismos, a pesar que los seres humanos reconocieron los beneficios terapéuticos y deportivos de este deporte. Fue hasta en los Juegos Olímpicos modernos de Atenas que se incluye la natación. En 1837 se crea la "National Swimming Society.^{en} Londres y es aquí donde empieza el desarrollo de esta categoría deportiva. [5]

La natación es un deporte que exige la rapidez de desplazamiento en el agua exclusivamente mediante la propulsión propia en una distancia determinada. Para lo cual la FINA desde 1908 se encarga de establecer y regular las normas que regirán las competencias, así como organizarlas. A partir de entonces se han creado diferentes competencias, la participación femenina empezó en 1912. [6]



Figura 5: Jeroglíficos de la antigua Grecia

5.1.2. Eventos

A lo largo de la historia en la natación se han implementado eventos en las competencias, estos se realizan dependiendo de la fortaleza y preparación del nadador en sus entrenos. Se tienen establecidos tiempos como marcas para las competencias internacionales, es decir el nadador debe realizar un tiempo específico en cada evento para poder subir su nivel de competición e ir a competencias con otros países e incluso a las olimpiadas. En el Cuadro 1 se muestra los eventos por cada uno de los cuatro estilos. Las marcas para las diferentes competencias dependen de la edad del nadador, el alto nivel de competencia y el sexo, en el Cuadro 2 muestra las marcas para las olimpiadas Tokio 2020 para mujeres. [7]

Estilo	Evento (metros)
Crawl	50, 100, 200, 400, 800, 1500
Dorso	50, 100, 200
Pecho	50, 100, 200
Mariposa	50, 100, 200
Combinado	200, 400

Cuadro 1: Eventos de natación

	Crawl	Dorso	Mariposa	Pecho	Combinado
50 metros	25.51	26.24	25.78	29.45	
100 metros	56.01	1:02.06	59.66	1:09.08	2:16.54
200 metros	2:00.80	2:14.30	2:12.28	2:29.89	4:46.89
400 metros	4:15.34				
800 metros	8:48.76				
1,500 metros	17:01.08				

Cuadro 2: Marcas juegos olímpicos 2020 mujeres

5.1.3. Reglamentos

Las normas o reglas establecidas por la FINA deben ser respetadas a nivel internacional, cada estilo tiene reglas particulares, el banco de salida, la vuelta olímpica, el tamaño de la piscina olímpica, entre otras. [8]

- **Señal de salida:** Para los estilos mariposa, libre y pecho la salida se ejecuta cuando el juez árbitro da un silbido para subir a la banqueta de salida y allí esperan la señal de salida con un “preparados” y finalmente se da la señal de salida, los nadadores se introducen en la piscina con un salto desde la banca de salida. Mientras que la salida en estilo dorso los nadadores deben introducirse a la piscina.
- **Estilo dorso:** Es indispensable que durante toda la competencia el nadador nade sobre su espalda, para el viraje puede tocar la pared con cualquier parte del cuerpo y nuevamente nadar sobre su espalda.
- **Estilo pecho:** La única posición aceptada es sobre el pecho, no está permitido girar sobre la espalda. Las manos deben ser impulsadas juntas hacia adelante, los codos deben estar siempre dentro de la piscina.
- **Estilo combinado:** Es el estilo donde se nadan los cuatro estilos, si la competencia es individual el nadador debe realizar los cuatro estilos en el siguiente orden: mariposa, dorso, pecho y libre. Pero si es competencia por relevos el orden es: espalda (Figura 9), pecho (Figura 7), mariposa (Figura 8) y libre (Figura 6).

Libre o crol



Figura 6: Estilo libre o crol

De pecho



Figura 7: Estilo pecho

Mariposa



Figura 8: Estilo mariposa

De espalda



Figura 9: Estilo dorso o espalda

- **Vuelta olímpica:** Para el estilo libre y dorso, es un viraje en el cual no es necesario tocar la pared con las manos. En cambio para los estilos mariposa y pecho si es obligatorio realizarlo la vuelta tocando con ambas manos.
- **Toque final:** Para el estilo libre y dorso, se puede tocar con cualquier parte del cuerpo. En cambio para los estilos mariposa y pecho es obligatorio tocar con ambas manos.
- **Banco de salida:** Las plataformas o bancos de salida son elementos elevados, deberán tener acabados antideslizantes, cada banco debe tener la numeración en los cuatro lados y de forma visible para los jueces, todos los elementos metálicos deberán ser inoxidable.



Figura 10: Banco de salida

- **Piscina olímpica:** Se consideran piscinas olímpicas aquellas que cuentan con 50 metros de largo, 21 metros de ancho como mínimo, divididos en 8 carriles de 2.5 metros, 1.80 metros de profundidad, la temperatura no puede ser menos a 24^o y debe mantenerse constante. La iluminación debe ser perfecta tanto dentro como fuera de la piscina no menor de 1500 lux.

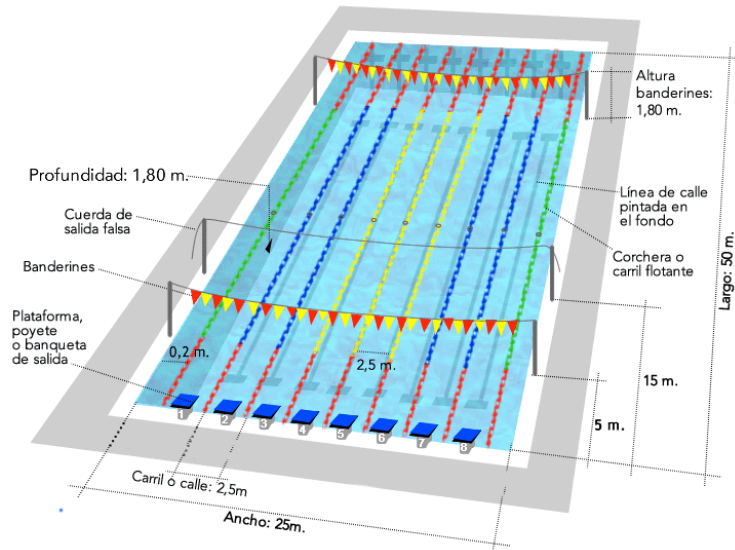


Figura 11: Dimensiones de la piscina olímpica.

5.2. La natación en Guatemala

Es en 1935 participa el primer grupo guatemalteco en los III Juegos Centroamericanos y del Caribe, después de 1950 la participación en las competencias Centroamericanas fue más fructífera. Surgen Clubs como La Aurora y Delfines que permitieron el patrocinio a este deporte, dando impulso al desarrollo de atletas que se desempeñarán en está disciplina deportiva.

En el año de 1960 se utilizaron las primeras touchpad en Guatemala y empezaron con 8 de touchpad, actualmente existen 20 que se utilizan únicamente en competencias específicas a nivel nacional o internacional. Estas tienen un costo de NU y en caso de que se arruinen es un especialista el que debe repararlas. Estas tienen un tiempo de vida útil, debido a eso se limita la compra para tener en el entreno. Estas touchpad tienen una comunicación Ethernet.

5.3. Planchas

Lo primordial en las competencias de natación es el tiempo en que los nadadores realizan la prueba. Antes de las planchas eléctricas era el juez la persona designada para iniciar el cronómetro al mismo tiempo que el juez de salida daba la señal a los competidores, y detenerlo en el momento en que el nadador llegará al borde de la piscina. Para esto el juez debía centrar su atención en la competición, de lo contrario podría alterar los resultados, ya que en este deporte las milésimas de segundo son decisivas para determinar al ganador.

Es por ello que al implementar las planchas electrónicas se reduce el error humano en la toma precisa del tiempo, ya que el nadador es el que al tocar dicha plancha detiene el cronómetro y marca su tiempo de llegada. En la actualidad este sistema es semi-automatizado esto debido a que el nadador no da inicio al cronómetro solamente lo detiene. [9]

5.3.1. Historia

En 1932 en los juegos olímpicos de los Ángeles se dieron a conocer los primeros cronómetros manuales de alta precisión que tenían una resolución de 0.5 y 0.1 segundos.[1]

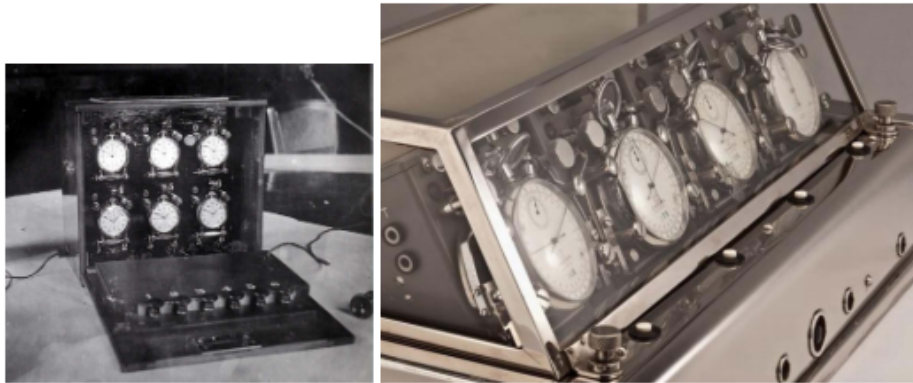


Figura 12: Primeros cronómetros

En 1952 en los juegos olímpicos en Helsinki, Finlandia se dieron a conocer los primeros cronometradores autónomos llamados “OMEGA Time Record”. Los cronómetros vienen equipados con una impresora de rollo de papel que podía imprimir los tiempos aproximados hasta las centésimas de segundo.[1]



Figura 13: Segundo cronómetro

En 1956 en los juegos olímpicos de Melbourne, Australia los cronometrajes dieron una revolución a la natación debido que se dieron los primeros sistemas semi-automáticos llamados “Swim Eight-O-Matic Timer” donde incluía una pantalla digital para diferenciar qué nadador terminaba primero virtualmente. Se realiza una comparación entre los cronómetros manuales debido que era tecnología nueva y a prueba, por ende no fueron aceptados por la FINA debido que había una pérdida de 0.2 segundos entre el manual con el automático. [1]



Figura 14: Primer sistema semi automático

En 1967 en los juegos Panamericanos de Winnipeg se utilizó por primera vez el sistema en que el nadador paraba por sí mismo el cronómetro llamado el “Swim-O-Matic” que es una mejora del “Swim Eight-O-Matic Timer”. Las placas de contacto son de 90 cm de altura y 240 cm de ancho, actualmente son del mismo tamaño. Estos dispositivos estaban conectados por medio de una conexión serial a los altavoces de salida así mismo ellos automáticamente inician el tiempo. Los primeros juegos olímpicos en que se utilizó la nueva tecnología fue en 1968 en México. [1]



Figura 15: Primeras touchpads

La innovación de estos aparatos se deben a que la natación es un deporte donde las milésimas de segundo son decisivas para determinar al ganador. En la historia de la natación la ausencia de tecnología que permita la medición de esas milésimas de segundo en eventos olímpicos ha provocado diversas polémicas. [1]

5.3.2. Funcionamiento

Las planchas son encargadas de tomar el tiempo del nadador a nivel competencia. Estas son activadas manualmente por medio del juez que da el silbato de salida a los competidores, así mismo cada plancha empieza a tomar tiempo y termina cuando cada competidor la toca o el juez de cada competidor oprime el botón cuando observe que el nadador tocó la pared. Tienen un comunicación en serie debido a que la FINA no acepta planchas con comunicación inalámbrica. El cableado se dirige a un servidor donde se guardan los datos y se pueden observar en la computadora. [10]

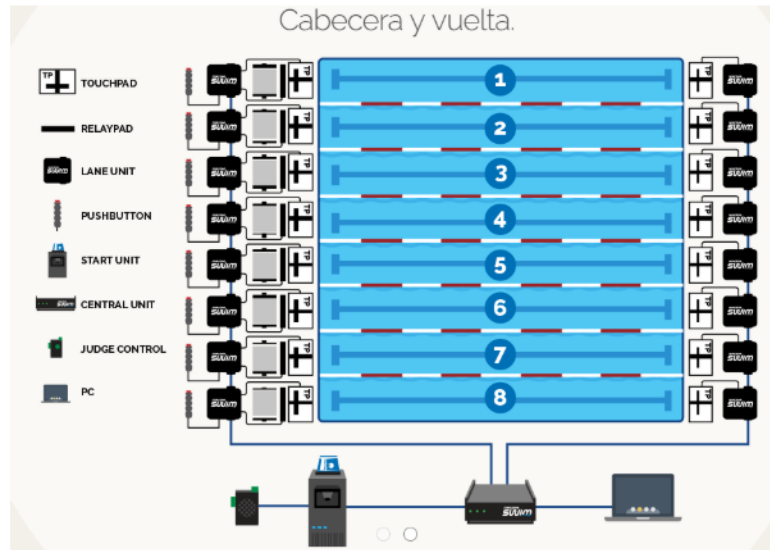


Figura 16: Comunicación de las touchpads actualmente

5.3.3. Materiales

Estas planchas actualmente están construidos en PVC y acero inoxidable con dos sensores "tapeswitch" ubicados estratégicamente en la parte posterior, los cuales garantizan una sensibilidad completa en toda la superficie. Las vainas de PVC están sometidas a un proceso abrasivo denominado "Sand Blasting" el cual otorga una rugosidad antideslizante en toda el área de contacto, donde el "SandBlasting" es la aplicación de arena a alta presión sobre una superficie, es un proceso para limpiar, pintar o cambiar la superficie del material en este caso para tener una superficie antideslizante.[11] Existen tres tipos diferentes de planchas que dependen de su tamaño, peso y agarre, es decir la forma en la que se coloca en la piscina. [10]

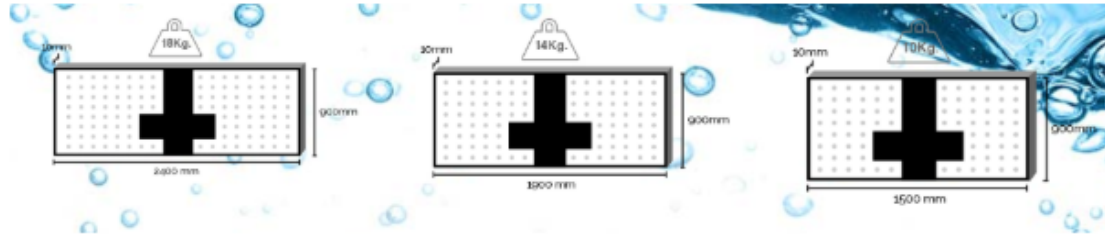


Figura 17: Tamaño y forma de las touchpad actualmente

5.4. Comunicación inalámbrica

Es una comunicación sin cable, es decir tanto como la recepción y la transmisión ocurre sin ningún medio de propagación físico. Lo que se utiliza para realizar la comunicación es la modulación de ondas electromagnéticas mediante el espacio. Existen tres tipos de comunicación inalámbrica:

5.4.1. WWAN

WWAN es la red de área extendida inalámbrica, es decir que es una red que permite la comunicación entre usuarios de diferentes zonas geográficas.[12] Existen dos tipos:

- **Fijas:** Son las que se utilizan en radio-enlace o satélites.
- **Móviles:** Son las que se utilizan en compañías móviles u otros servicios públicos de transmisión y recepción de señales.

5.4.2. WLAN

WLAN es la red de área local inalámbrica, es decir que es una red de cobertura geográfica limitada a una velocidad de transmisión relativamente alta, bajo nivel de errores y administradas de manera privada. Los usuarios tienen la capacidad de acceder a información en tiempo real y desde cualquier lugar. Transmite a una velocidad de 500Mbps, su área de cobertura es de 10 y 100 metros cuadrados con retardos de propagación de 1 segundo y se utiliza algoritmos cifrados para proteger la información.

Existen diferentes topologías que se pueden configurar dependiendo de las necesidades del entorno. Actualmente se utiliza las variantes de la topología IEEE 802.11 que es un estándar para redes inalámbricas. Este se define en dos capas principales: La MAC y la capa física que permiten realizar una separación funcional y que un único protocolo de datos pueda usarse con distintos métodos de transmisión. [12]

- **IEEE 802.11a:** Velocidad de 54Mbps y una banda de frecuencia de 5Ghz. Su objetivo es la transmisión de paquetes.
- **IEEE 802.11b:** Velocidad de 11Mbps y una banda de frecuencia de 2.4Ghz. Inicialmente fue denominado como wi-fi.
- **IEEE 802.11g:** Velocidad de 54Mbps y una banda de frecuencia de 2.4Ghz. Es una evolución del IEEE 802.11b.
- **IEEE 802.11i:** Se crea para la vulnerabilidad de seguridad para protocolos de autenticación y de codificación.
- **IEEE 802.11n:** Velocidad de 600 Mbps y trabaja con dos bandas de frecuencia de 2.4Ghz o 5Ghz. Es compatible con dispositivos basados en todas las versiones anteriores.
- **IEEE 802.11ac:** Velocidad de 1.7Gbps y una banda de frecuencia de 5Ghz. Es el protocolo más reciente.

En la actualidad existen diferentes módulos que otorgan red inalámbrica para trabajos de pequeños que son adaptables a diferentes microcontroladores. El más utilizado es el módulo ESP8266 debido a su bajo costo y compatibilidad con microcontroladores. Este módulo trabaja con un protocolo IEEE 802.11 y se puede configurar en tres tipos de operación dependiendo de la tarea que desee realizar. [13]

- **Modo activo:** Es donde el chip se encuentra en rendimiento.
- **Modo dormido:** Es donde el chip se encuentra en modo alerta, es decir espera una señal para ser activado donde el RTC (real time clock) se mantiene activo.
- **Modo en sueño profundo:** Es donde el chip se encuentra apagado totalmente y se debe configurar para que se encuentre en modo activo.

5.4.3. WPAN

WPAN es la red de área personal inalámbricas, es decir que es una red de uso personal por ende la distancia es mínima, aproximadamente de 10 metros a 20 metros. [12]

- **Bluetooth:** Es una comunicación de bajo consumo que permite la transmisión de datos en distintos dispositivos mediante una radiofrecuencia de 2.4GHz. La distancia entre transmisor y receptor depende de la clase del mismo pero varía de 100 metros, 10 metros y 1 metro.

El estándar de comunicación inalámbrica que utiliza es el IEEE 802.15.1 donde la velocidad va de 1Mbit/s hasta los 50Mbit/s dependiendo de su versión. [14]

- **DECT:** Es una comunicación de estándar que define radioenlace entre dispositivos inalámbricos y las estaciones fijas. Convirtiendo la comunicación analógica a digital. Suele operar entre 1.880 a 1.900 MHz y transfiere datos desde 552 Kbps hasta 2 Mbps.

- **IrDa:** Es una comunicación que utiliza el espectro de frecuencia de infrarrojo para transmitir información. Es un estándar muy flexible y capaz de adaptarse fácilmente a un gran número de aplicaciones. Esta se da a través de un diodo LED teniendo un ángulo máximo de 30°
- **NFC:** Sus iniciales tiene un significado de Near Field Communication. Es una comunicación que la distancia entre transmisor y receptor es entre 10 a 15 cm, con una banda de 13.56MHz. El funcionamiento fundamental es crear un campo electromagnético para que se realice la comunicación. [15] Existen dos modos:
 - **Modo activo:** es cuando ambos dispositivos cuentan con la comunicación NFC generando así el campo magnético para que se de la comunicación por ende se puede realizar una comunicación bidireccional.
 - **Modo pasivo:** es cuando solo un dispositivo contiene con la comunicación NFC y este genera el campo magnético para realizar la comunicación por ende se puede realizar una comunicación en un solo sentido.

5.5. Microcontroladores

Son circuitos integrados programables, capaces de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria, están compuesto de varios bloques funcionales los cuales cumplen una tarea específica.

5.5.1. Raspberry Pi:

Es una placa computadora de bajo costo, que es un ordenador de tamaño reducido donde se almacena información . Fue creado en 2011 por la Fundación de la Universidad de Cambridge, Inglaterra. Existen dos tipos de familia las “normales” y las de tamaño reducido “zero”. [16]

- **Normales:**
 - **Tipo 1:** Tienen unbroadcom BCM2835, chip gráfico VideoCore IV y procesador ARM11 ARM1176JZF-S de un núcleo a 700MHz. Dependiendo del modelo (A,B,B+) varía el tamaño de la memoria SDRAM, cantidad de puertos de USB y conectividad de ethernet y los tipos de comunicación son GPIO, SPI, I2C y UART. Contienen salidas de video RCA, HDMI y DSI, salida de audio a jack y HDMI.
 - **Tipo 2:** Se basa en la actualización del tipo 1 B donde su principal cambio fue su potencia. Monta un SOC Broadcom BCM2836, un procesador ARM Cortex A7 de cuatro núcleos a 900MHz y 1Gb de SDRAM. Contiene 4 puertos USB, puerto ethernet, tarjeta de memoria SD y una comunicación SPI, I2C y UART.

- **Tipo 3:** Se basa en la actualización del tipo 2 buscando un cambio de conectividad donde se incluyó el módulo de Bluetooth y Wifi. Monta un SOC broadcom BCM287, un procesador ARMv8 de cuatro núcleos a 1.2Ghz de 64bits y una comunicación SPI, I2C y UART.
- **Zero:** La diferencia con la otra familia es que su tamaño es muy reducido y de bajo costo. [17]
 - **Tipo 1:** Contiene la misma potencia de la “normal” tipo 1 B pero con un tamaño inferior. No es necesario el puerto de ethernet y conector DSI por ende contiene solo un puerto Micro USB y una comunicación GPIO, SPI, I2C, UART.
 - **Tipo 2:** Es llamada la raspberry pi zero w", que contiene bluetooth 4.1 y wifi IEEE 802.11n, mantiene las misma potencias de la “normal” tipo 1B.

5.5.2. Arduino

Se basa en un hardware y software open-source, es decir una libertad de software y hardware. Contiene variedad de entradas y salidas, su propio lenguaje de programación basado en wiring y su propio IDE basado en processing. Contiene gran cantidad y diferentes tipos de arduinos tienen el objetivo de especificarse en un solo funcionamiento y así mismo facilitar el trabajo, también contiene un diversos componentes extras llamados módulos exteriores para poder ampliar la funcionalidad.

La mayoría de ellos se basa en el microcontrolador ATmega328P, con voltajes de operación entre 2.7 V – 12 V según el modelo, además su consumo de corriente es mucho menor a otras placas con microcontrolador. Actualmente contiene módulos de conexión inalámbrica incorporada pero también existen módulos exteriores con facilidad de incorporarlo a una placa de arduino, los módulos son de bluetooth y wifi.

Su memoria es limitada debido a que sobre esta memoria se debe cargar el programa, depende de la versión así es el tamaño de la memoria, la mayoría contiene una memoria Flash desde 8 kb hasta 64 Mb. Además, que algunas versiones unifican la alimentación y la comunicación en un cable USB. [18]

5.5.3. Teensy

Es un sistema de desarrollo USB basado en microcontrolador muy pequeño y apto para implementaciones que no contiene un programador especial. Cuenta con 34 pines de I/O, 12 salidas PWM, 1 salida DAC de 12 bits, USB y un procesador ARM de 32 bits Cortex-M4 72MHz. Contiene memoria flash de 256K, memoria RAM de 64K y memoria EEPROM de 2K, su comunicación UART, SPI, I2C, I2S, modulador IR. El tamaño de este microcontrolador es de 35.6mm x 17.8 mm y se utiliza la aplicación Teensy Loader para realizar la codificación. [19]

5.5.4. Tiva C

Es un microcontrolador de una sola placa del tamaño reducido que contiene una CPU ARM Cortex-M4F de 32 bits con velocidad de 80 a 120MHz. Se le puede agregar un control de PWM y USB, contiene varias I/O tanto como digitales y analogicas. Tiene una comunicación SPI, UART, I2C, USB, interfaz serial y contiene un módulo CAN permite conectar otros dispositivos que normalmente son para leer sensores y controlan salidas. Es un microcontrolador de bajo precio y facilidad de trabajo.[20]

5.6. Sensores de medición

Es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder a lo que se necesita, nos permite captar información del medio físico. Este se encarga de medir las magnitudes físicas y transformarlas en señales eléctricas capaces de ser entendidas por microcontroladores. Existen varios tipos de sensores en las cuales se pueden obtener diferentes magnitudes físicas, dependiendo de la aplicación que se desea realizar.[21]

- **Sensores de presión:** Son interruptores que se activan o se desactivan dependiendo del contacto con el objeto.
- **Sensores de sonido:** Estos son pequeños micrófonos que detectan la presión de la onda de sonido.
- **Sensores luz/distancia:** Son encargados de medir o detectar la luz, posición o un movimiento determinado en el espacio.
- **Sensores temperatura:** Detectan los cambios de temperatura para convertirlas en señales eléctricas y poder manipularlas.
- **Sensores aceleración:** Detecta la aceleración de un objeto.

5.6.1. Sensores de presión:

Son sensores que contienen diferentes funciones tanto como interruptores, medición de fuerza aplicada en el sensor y medir la presión de algún establecimiento. Estos son diferentes sensores de presión que existen para utilizar en cualquier ámbito de proyecto o trabajo:

- **Sensores fuerza resistivo (FSR):** Este sensor presenta una disminución de resistencia cuando aumenta la fuerza aplicada a la superficie activada. Existe una relación que entre mayor fuerza aplicada mayor es la conductividad del sensor, donde la fuerza máxima que soporta son 10Kg y su rango de temperatura es entre -30° a 70° . [22].
- **Celda de carga:** Este sensor puede medir el peso o la fuerza aplicada alrededor de 50 Kg, su costo es muy elevado y el rango de temperatura es entre 0° a 50° . [23]

5.6.2. Sensores de sonido:

Son sensores que detectan el nivel de decibeles, es decir la suavidad o la intensidad del sonido. Por ende son sensores que no necesitan contacto para activarse, contienen con un micrófono sensible para generar una onda de audio entre 45 y 100 dB. Dichos sensores contienen diferentes funcionalidades tanto como la detección de un objeto delante de ellos, medir la frecuencia de la onda y activar cierto procedimiento al detectar algún sonido.[24] Estos son diferentes sensores de sonido que existen para utilizar en cualquier ámbito de proyecto o trabajo:

- **Sensor ultrasónico:** Este sensor mide la distancia entre un objeto y el sensor por medio de ondas ultrasónicas, donde emite una onda y recibe la onda reflejada para obtener la distancia entre ambos. [25]
- **Sensor de sonido ky-038:** Este sensor miden la frecuencia de la onda o la detección de sonido para activar el sensor. Contiene dos salidas, tanto la salida digital para la detección de sonido y la salida analógica para la medición de frecuencia. [26]
- **Sensor de sonido FC-04:** Este sensor solamente mide la detección de sonido para activar el sensor. [26]

5.7. Servidor LAMP

El servidor LAMP, es una agrupación de servicios para obtener una base de datos, servidor web y sus aplicaciones. LAMP son las iniciales de cada uno de los servicios que otorga el servidor, es decir Linux, Apache, MySQL y PHP. A continuación se explicara brevemente lo que es cada una de estos servicios.

- **Linux:** Es el sistema operativo en el que trabaja el servidor.
- **Apache:** Es el servidor web.
- **MySQL:** Es el gestor de base de datos.
- **PHP:** Es el lenguaje de programación de web's dinámicas.

5.8. Tipos de materiales

Los materiales que se pueden utilizar para la elaboración de las touchpad deben tener características en común tales como la resistencia al agua, no ser un material de conducción, no corroerse por su permanencia en el agua.

5.8.1. PVC:

Este material es una combinación química de carbono, hidrógeno y cloro. Dependiendo del objeto que se realice utilizando PVC es su vida útil, pero abarca de 0 a 100 años. Alcanza las temperaturas de 140 a 205^o se puede moldear fácilmente y al momento de enfriarse conserva la nueva forma deseada. En la actualidad es un material utilizado en varias formas por ejemplo aplicaciones médicas, automóviles, construcción, envases, electricidad, juguetes, mobiliario y las touchpad para la natación. [27]

Las ventajas de utilizar el material es que tiene propiedades de aislamiento, su resistencia de corrosión, peso reducido, fácil mantenimiento, durabilidad, adaptable a cualquier estilo y buena relación de precio/calidad.[28] Existen dos tipos:

- **Rígidos:** Se obtiene un material resistente al impacto y estabilizado frente a la acción de la luz solar y efectos de la intemperie. Sus aplicaciones son planchas, placas, plataformas, entre otros.
- **Flexibles:** Se obtiene un material fácil de manipular y aplicar a cualquier forma u otro objeto.

5.8.2. Polietileno:

Este material es una resina termoplástica, semicristalina, perteneciente a la familia de las poliolefinas, que provienen de los hidrocarburos simples. Posee excelente propiedades eléctricas y muy buena resistencia química. Tiene un peso ligero, resistentes y flexibles, es resistente al impacto, difícil para imprimir, pintar o pegar sobre el. [29]

Actualmente se utiliza en muchos objetos como tuberías, envases, detergente, dispositivos de protección entre otros. Existen cuatro tipos diferentes:

- **Baja densidad:** Ofrece una buena resistencia a la corrosión y baja permeabilidad. Se utiliza cuando la aplicación necesita resistencia a la corrosión pero la rigidez, altas temperaturas y fuerza estructural no.
- **Alta densidad:** Material parcialmente cristalino, ofrece una excelente resistencia al impacto, peso ligero, baja absorción a la humedad y fuerza extensible, no es tóxico.
- **Baja densidad lineal:** Estructura molecular lineal.
- **Peso molecular ultra-alto:** Se clasifica como el plástico de ingeniería. Su resistencia química es elevada y tienen gran resistencia al envejecimiento, abrasión al impacto y a la fatiga

5.8.3. Silicona:

Es un polímero inorgánico formado por átomos de silicio y oxígeno derivado de la roca, cuarzo o arena, dentro de sus características es que es inodoro, incoloro, estable a altas temperaturas -60 a 250° , es resistente a la intemperie, tiene propiedades eléctricas como aislante, tiene una vida útil larga, no es contaminante, no es tóxico, no es corrosivo con otros materiales, repele el agua, no permite el desarrollo de bacterias. Sus usos por lo tanto son variados debido que se puede aplicar en la medicina (prótesis quirúrgicas, cápsulas para algunos medicamentos, Norplant) e industria (antiespumantes, aislantes de cables, pinturas, componentes de freno). [30] Existen cuatro tipos:

- **Mansilla de rebote:** Poseen la propiedad de viscoelasticidad esto quiere decir que se comporta como un cuerpo elástico y es causada por las fuerzas intermoleculares. Este material se comporta líquido cuando se expone a una fuerza de acción lenta, en cambio cuando se expone a una fuerza de acción rápida se comporta como un material elástico. Este se utiliza principalmente para fines terapéuticos.[30]
- **Fluidos de silicona:** Son líquidos transparentes, son insolubles al agua es decir que no se puede disolver en agua , su resistencia térmica abarca de -60° a 300° y su viscosidad. Cuando son combinados con otros químicos se conocen como aceites de silicona. Estos actualmente son utilizadas para el amortiguamiento de líquidos, es decir no deja pasar líquido y su viscosidad es sumamente alta. [30]
- **Sílice pirogénica:** Las propiedades más importantes es que su densidad es muy baja, es volátil y sus partículas pequeñas. Actualmente se utiliza para aumentar la viscosidad de geles, farmacéuticos, etc. Tiene la capacidad de absorber y separar la sal. [30]
- **Caucho de silicona:** Su proceso de fabricación es la manipulación a temperatura alta y temperatura ambiente hasta lograr obtener la forma del objeto definitiva. Las propiedades más importantes son que tiene una buena flexibilidad, resistencia al calor y frío, propiedades mecánicas que dependen de la temperatura, resistentes al fuego, un aislamiento eléctrico, alta resistencia a los productos químicos y aceite. Actualmente es aplicado en sellos de objetos, cables para aislar la electricidad, perfiles de marcos, ventanas, mangueras, entre muchas cosas. [30] Se tiene dos tipos:
 - **Room temperture vulcanization (RTV):** Son aquellos que necesitan temperatura ambiente para la vulcanización.
 - **High temperture vulcanization(HTV):** Son aquellos que necesitan temperaturas altas para la vulcanización.

Previa implementación del prototipo de las planchas, de la selección de material y del diseño mecánico, se debe realizar el diseño electrónico. Este capítulo describe los dispositivos electrónicos que se escogieron para la implementación de las planchas, basándose en revisiones de literatura, y tomando en cuenta que estos deben combinar la electrónica adaptada para uso en agua.

Un principio básico de este capítulo es la investigación que se describe en capítulo del marco teórico, ya que en este se detallan las características de cada dispositivo electrónico que permitan el cumplimiento de uno de los objetivos para realizar el producto final del prototipo de las planchas. En este capítulo se describe el por qué cada uno de los dispositivos electrónicos fue potencialmente seleccionado.

6.1. Selección de equipo

Un primer paso del diseño, es el de la selección del sistema de la comunicación y los dispositivos electrónicos a utilizar. Considerando, que el dispositivo es para uso en agua, una vez seleccionado el sistema de comunicación, se seleccionan los sensores y por último la selección del microcontrolador.

6.1.1. Comunicación

Una piscina tiene en promedio de 25 a 50 metros, que es una distancia relativamente larga para usar cable. La comunicación inalámbrica fue seleccionada como una opción, porque es más fácil tanto en la instalación, como es más práctica para poder usar diferentes dispositivos. Existen tres diferentes tipos de comunicación inalámbrica, en el Cuadro No. 3 se presentan los diferentes tipos de acuerdo a su cobertura. Según estos valores se determinó la eficiencia y evaluación de la utilidad para el trabajo de la implementación de las planchas.

Comunicación	Distancia de cobertura
WWAN	mucho más de 100 metros
WLAN	10 a 100 metros
WPAN	15cm a 20 metros

Cuadro 3: Distancia de los diferentes tipos de comunicación inalámbrica

De los tres tipos, la comunicación WLAN (10 a 100 m) es la que contiene la distancia de cobertura para el largo de las piscinas, por lo que será la elección. Entre las características de este tipo de comunicación, están la capacidad de acceder a la información en tiempo real y desde cualquier lugar, también trabaja con una velocidad de 500 Mbps. Este tipo de comunicación es una red pública llamada Wifi, la cual trabaja con algoritmos cifrados para la seguridad de enrutamiento del envío y recibimiento de paquetes.

6.1.2. Sensores de medición

Por las características del mecanismo de la señal de salida al nadador y toma de tiempo del nadador descritas en el marco teórico, se escogieron los sensores que más se adecuaran a los mismos.

Entre los distintos de los sensores, el de sonido (Figura 18) es el más apto para automatizar la toma de tiempo para iniciar la competencia u/o entreno. Este sensor es un simple micrófono que identifica las señales de frecuencia para su activación. Con esto se evitará que el entrenador utilice un cronometro para tomar el tiempo del nadador.



Figura 18: Sensor de sonido

Posteriormente para detener el tiempo en el momento en que el nadador toque la pared, se escogió el sensor de presión, puesto que para el registro de este dato, solamente es necesario saber si el nadador tuvo o no contacto con la pared. Los sensores de presión pueden ser utilizados en dos diferentes aplicaciones, para la medición de presión de un objeto, o para configurarse como interruptores de encendido o apagado, es decir, que se activan o desactivan dependiendo del contacto del mismo. El nombre del sensor con el cual se trabajará es el FSR debido a su tamaño, a que es un dispositivo fácil de manipular y su sensibilidad no es tan alta. En la imagen 19 , se muestra tres tipos de sensores FSR que existen.

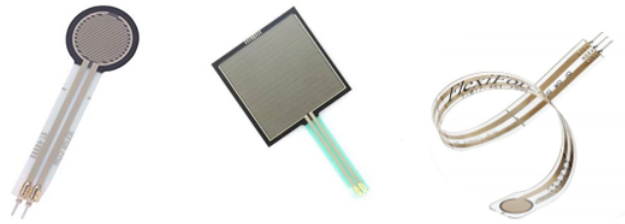


Figura 19: Sensores FSR

El siguiente paso, es la selección de microcontroladores, pero para ello es necesario considerar el tipo de señal de salida de los sensores, ya sea analógica o digital. En la sección de "sensores.^{en} este capítulo, se explica en detalle la configuración, la programación y calibración de los mismos.

6.1.3. Microcontroladores

Teniendo ya definida la comunicación y los sensores a utilizar se procede a la última fase del diseño electrónico, la selección de microcontrolador.

Para realizar la definición del microcontrolador se utilizó el método estadístico de la "Matriz de priorización", que es una herramienta que permite la selección de opciones, sobre la base de la ponderación y aplicación de criterios. Para la elaboración se seleccionaron las siguientes características según el orden de prioridad, de acuerdo a los criterios de la investigadora:

- Entradas y salidas analógicas.
- Velocidad del reloj.
- Memoria RAM.
- Costo.
- Tamaño.

La característica que se considera más importante es la I/O analógicas, debido a que se utilizarán sensores de presión analógica. Por su tamaño exige una cantidad mayoritaria de entradas analógicas. La velocidad del reloj, es importante debido a que se debe realizar un cronometro en el microcontrolador. Posteriormente en el capitulo se describirá el diagrama de flujo del cronometro. La memoria RAM es una característica indispensable en los proyectos electrónicos, por el tamaño que contiene el microcontrolador para almacenar el programa, la lectura y escritura de datos. Las características de costo y tamaño, son importantes para la optimización del prototipo de planchas, puesto que deben ser de bajo costo y el tamaño para que utilice poco espacio.

La matriz de priorización, se presenta en el Cuadro 4. Se puede observar que el microcontrolador, con mayor porcentaje según las características definidas, es el microcontrolador Launchpad Tiva C. Este microcontrolador no tiene Wifi, pero tiene la facilidad de ser compatible con diferentes módulos. Como anteriormente se explicó, se trabajará con una red inalámbrica Wifi, por lo que para que sea funcional se incorporará un módulo Wifi para la comunicación y el microcontrolador pueda enviar los datos obtenidos.

uC \ Criterios	I/O analógicas	Velocidad del reloj	Memoria RAM	Costo	Tamaño	TOTAL
Arduino	4 %	15 %	12 %	4 %	0 %	36 %
Tiva C	32 %	15 %	0 %	6 %	0 %	54 %
Teensy	4 %	1 %	4 %	0 %	0 %	9 %

Cuadro 4: Matriz de priorización para microcontroladores

El módulo de Wifi que se estará utilizando sera el ESP8266, debido a que el microcontrolador Tiva C tiene características similares al microcontrolador Arduino y el módulo Wifi es de la gama de Arduino. En la Figura 20 se visualiza el modulo ESP8266 y sus pines. En capítulos posteriores se explicará más a detalle la implementación del la red en el microcontrolador y en este capitulo se explica la programación de los sensores, cronometro y su configuración.

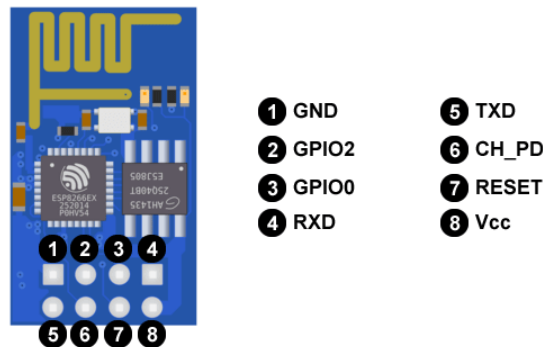


Figura 20: Módulo ESP8266

El diseño de la comunicación inalámbrica, con la posición de las planchas y computadora se puede visualizar en la Figura No. 21 La forma para conexión de los sensores y micrófono al Tiva C, se discute posteriormente en otra sección. En capítulos posteriores se indicara la conexión del modulo ESP8266 con la Tiva C y configuración de la red inalámbrica.

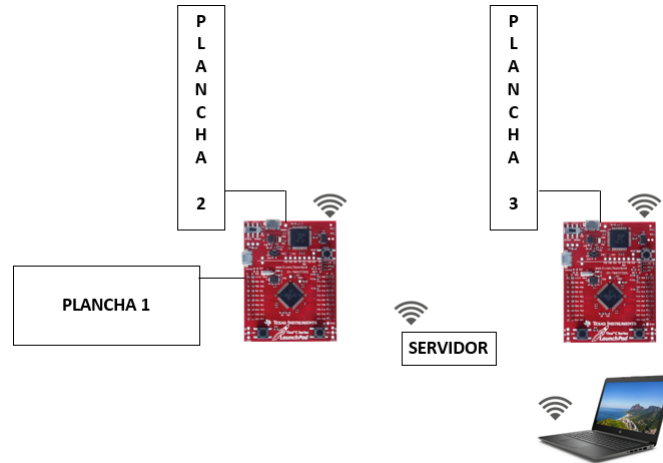


Figura 21: Conexión inalámbrica.

6.2. Cronómetro

El microcontrolador Tiva C trabaja con una frecuencia de 80MHz y contiene un reloj interno que se configura a la frecuencia que el usuario desee que este trabaje, es decir la configuración del "Timer" del Tiva C.

Para este prototipo, el Timer debe oscilar a una frecuencia de 1,000 Hz debido a que el tiempo debe medirse a partir de microsegundos, y se convierte a segundos y minutos. Como anteriormente se indicó el microcontrolador Tiva C trabaja con 80MHz por ende se realizó una conversión empleando la ecuación 1 en donde se ajusta la frecuencia, en este caso 80KHz para que ocurra el overflow en la nueva frecuencia requerida.

$$FrecuenciaTimer = \frac{80MHz}{80KHz} = 1KHz \quad (1)$$

En la Figura 22 se encuentra el diagrama de flujo que describe la codificación del cronometro de las planchas. Este diseño, está programado para realizar una interrupción de tiempo cada vez que termina el ciclo de la señal generada con frecuencia de 1 KHz, aumentando de uno en uno la variable contador y reiniciarse al llegar a 1000. Posteriormente se recodificará para incluir el sensor de sonido, sensor de presión y módulo Wifi para obtener el producto final de las planchas. Para la prueba del funcionamiento correcto del cronometro se toma el tiempo en que la señal digital está activada (1 lógico, o 5 voltios), comparándolo en paralelo con un cronómetro en línea como se muestra en la Figura 23.

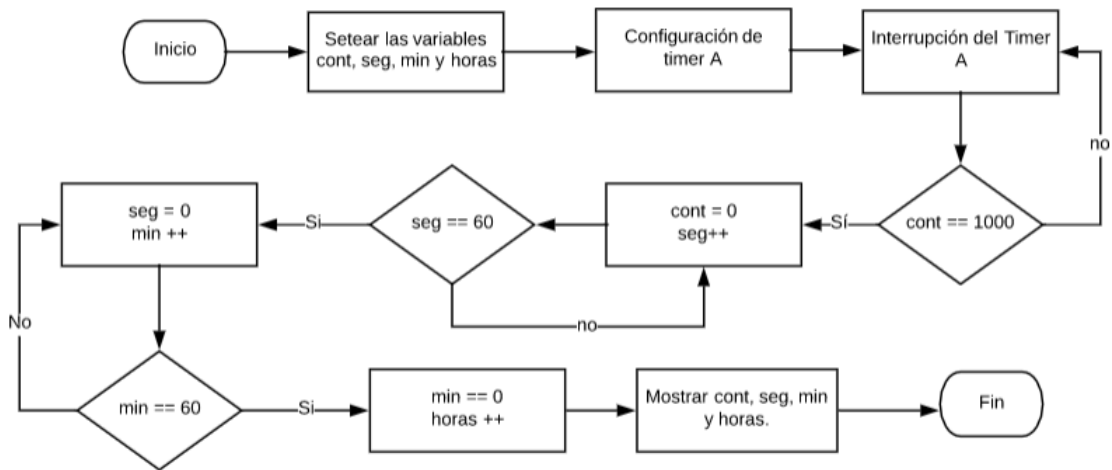


Figura 22: Diagrama de flujo del cronómetro

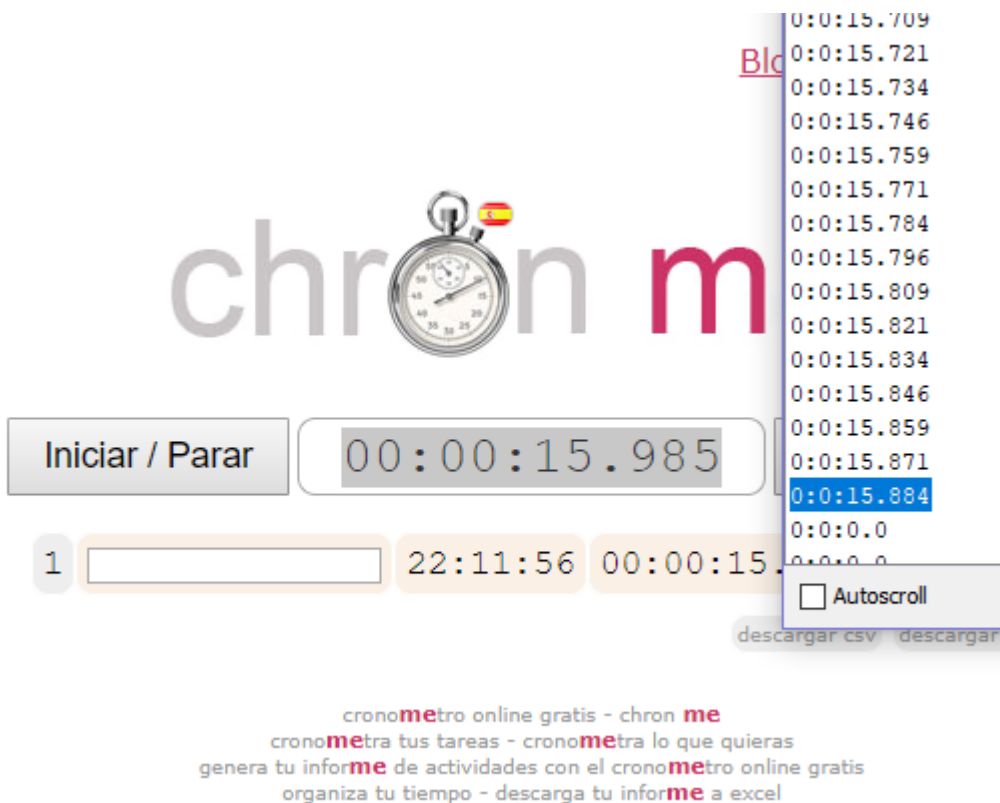


Figura 23: Prueba de cronómetro

6.3. Sensores

En esta sección se explica el diagrama de flujo de los sensores que se utilizarán. Para este prototipo se necesita el sensor de sonido y de presión. Media vez se tiene el cronómetro se procede a la codificación de cada uno de los sensores. Posteriormente se unirán los códigos para obtener los respectivos tiempos del nadador.

El sensor de sonido es encargado de captar las ondas de frecuencia del medio. Para el prototipo de planchas es necesario captar el silbato del entrenador, este es el indicador de la salida del nadador, por ende es el momento en que el cronómetro inicia. En cambio, el sensor de presión es el encargado de detener el cronómetro y registrar el tiempo desde su salida, y del recorrido medio y completo.

La codificación de cada plancha difiere debido a la posición del nadador. Es decir, para el tiempo de reacción del nadador, que es el momento desde el silbato de salida y el tiempo en que el nadador se lanza, el sensor se encuentra presionado bajo sus pies. En el tiempo de recorrido medio o completo, el sensor no se encuentra presionado, sino para detener el cronómetro, el nadador debe presionar el sensor dentro de la piscina. Por esa razón se presentan los diferentes diagramas de flujo. Para realizar las pruebas de tiempos (reacción, medio y completo), se programó el sensor para detectar el silbato y con esto esto inicializar el cronómetro. El diagrama de flujo para los sensores de presión que se encuentran debajo del agua, se presenta en la Figura 24. Mientras, que el sensor de sonido y el de presión para el tiempo de salida se presenta en la Figura 25.

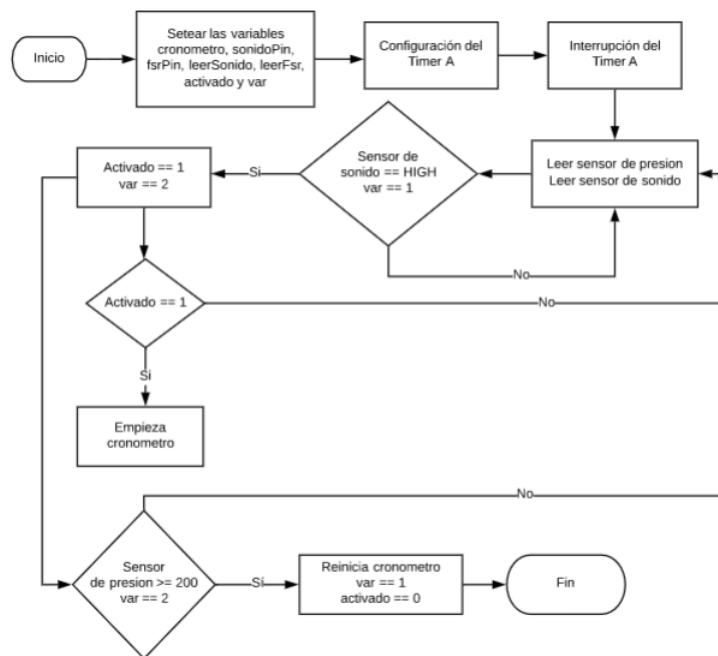


Figura 24: Diagrama de flujo del sensor debajo del agua

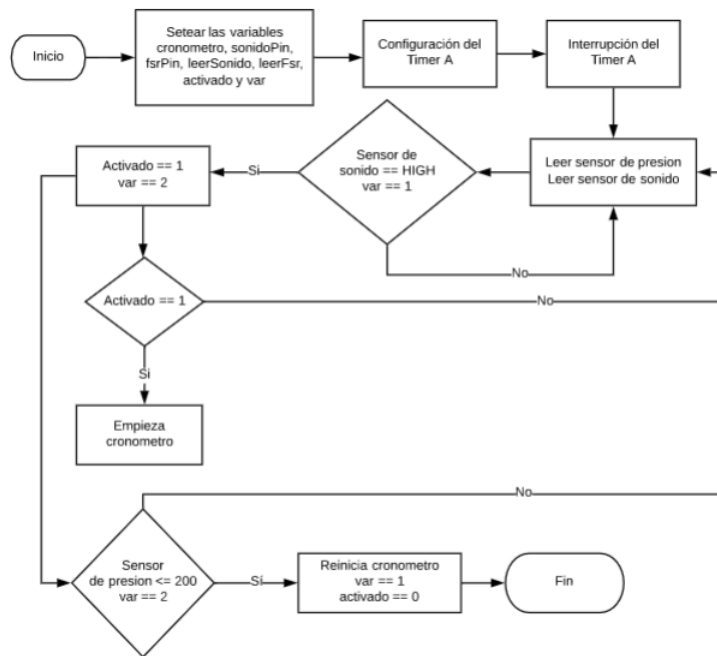


Figura 25: Diagrama de flujo del sensor en el banco de salida

Una vez se encuentre diseñado el equipo electrónico se puede dar inicio a la implementación del prototipo de las planchas, teniendo como objetivo la protección del dispositivo electrónico del agua. Este capítulo describe la comparación de diferentes materiales, se discuten las razones para elección del material, procedimiento de la implementación de las planchas, pruebas del material y el diseño mecánico preliminar.

Según la literatura sobre materiales, en este capítulo se hace un análisis de los materiales que existen y pueden adaptarse al diseño del prototipo, considerando que es fundamental que estos materiales brinden protección al sistema electrónico del agua, así como que aíslen la corriente del agua, así como que sean fáciles y disponibles en el mercado para que puedan implementarse en el diseño.

7.1. Selección de material

El objetivo principal de la elección de materiales, es proteger los implementos electrónicos dentro del agua, ya que estos están inmersos en períodos relativamente largos. Por ende en el marco teórico se describen con mayor detalle los tres diferentes materiales que pueden ser utilizados para este fin. Para la definición del microcontrolador, en el capítulo anterior, se utilizó el método estadístico "Matriz de Priorización". De la misma manera para la selección de materiales, se seleccionaron cuatro criterios importantes que deben cumplir los materiales, y fueron priorizados por la investigadora. Las características y el orden de prioridad se detallan a continuación:

- Propiedades eléctricas.
- Manipulación.
- Impermeabilidad
- Vida útil.

Podemos observar que las características son cualitativas, pero existen ciertos parámetros que pueden describir estas características cuantitativamente. Las propiedades eléctricas, es lo más importante debido a que el material no puede ser conductor, ya que el agua es conductora y debe proteger la electrónica. Este parámetro se mide a través de la conductividad eléctrica de cada uno de los materiales. La segunda característica, es la manipulación para trabajar el material. Para ello nos basamos en la temperatura en la que se puede trabajar el material y realizar el molde deseado. El objetivo principal es la protección de la electrónica con el agua, debido a eso se resalta la impermeabilidad. La impermeabilidad se mide según la cantidad de absorción de agua de cada material. Por último, y no menos importante, es la vida útil de cada material, debido a que las planchas se someterán a diferentes fuerzas de los nadadores y químicos de la piscina.

La matriz de priorización, se encuentra en el Cuadro 5. Se observa que el material con mayor porcentaje según las características definidas es el material silicona. La silicona actualmente es utilizada en diferentes objetos cotidianos, pero un uso importante es para proteger y cubrir por completo los artículos electrónicos, sobre todo para proyectos en donde se requiera inmersión líquida. Teniendo el material seleccionado se puede entonces proceder a la implementación del prototipo de las planchas.

Material\Criterio	Impermeable	Manipulación	Propiedades eléctricas	Vida útil	TOTAL
PVC	2 %	2 %	27 %	0 %	31 %
Polietileno	0 %	2 %	27 %	0 %	29 %
Silicona	9 %	30 %	54 %	0 %	94 %

Cuadro 5: Matriz de priorización del material

Como se explicó en el marco teórico, existe un tipo de silicona llamada "silicona de caucho", cuya principal característica es que es maleable a temperatura ambiente, por ende se facilita realizar el molde de las planchas. El porcentaje de manipulación según la matriz de priorización es del 30 %, muy por encima de los otros materiales. Como se observa en el cuadro, la silicona tiene más ventajas en todos los aspectos de los materiales, por lo que para protección de los sensores de presión para realizar las planchas el material de elección fue la silicona. El molde requiere un soporte, este será hecho en filamento PLA, que puede hacerse en impresión 3D.

7.2. Diseño preliminar

Una vez se tiene el material y los fundamentos teóricos sobre las planchas actuales se puede proceder al diseño de las planchas que serán empleadas en el prototipo. Las planchas actuales miden 2.5 x 1.9 metros, debido a que es el primer prototipo, el tamaño de las planchas será reducido a 21 x 28 cm. Parte de los objetivos es registrar el tiempo de reacción y los tiempos de recorrido medio y completo, el diseño de las planchas del banco de salida y del de la piscina son diferentes.

7.2.1. Plancha del banco de salida

Para el tiempo de reacción, la plancha se colocará por encima del banco de salida. El primer prototipo consistió en realizar la plancha del material de silicona sin ningún soporte, y hacer una abertura en el centro del banco, como se observa en la Figura 28. La idea era colocar la plancha directamente dentro del banco y con los sensores protegidos por silicona. Debido a que esta idea requería modificar los bancos de salida, fue rechazada. Causas de esta fue el costo elevado, o en algunos casos volver a hacer los bancos.

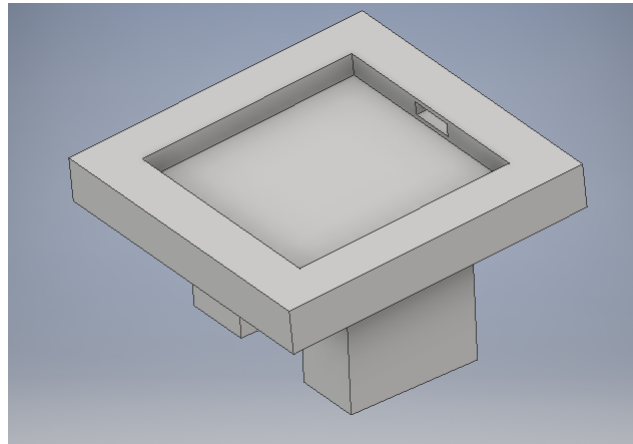


Figura 28: Primer prototipo de la plancha en el banco de salida

Teniendo en cuenta las especificaciones del primer prototipo se rediseño la plancha. Los bancos de salida son más grandes que el prototipo de las placas, por lo tanto se hizo una simulación de un banco con material de cartón MDF. En la Figura 29 se muestra el diseño en 3D del banco de salida a escala.

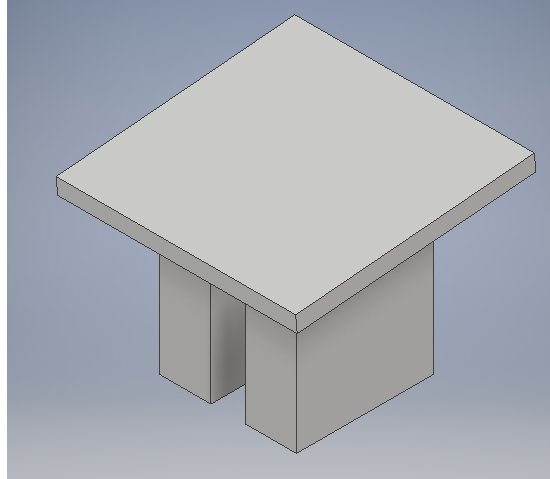


Figura 29: Diseño del banco de salida

La plancha que sera usada para medir el tiempo de reacción del nadador, se incorpora en un nuevo diseño al banco de salida. Aplicando el programa de Autodesk, Inventor se modelan las diferentes vistas preliminares del resultado final de cada una de las piezas. La Figura 30 muestra el diseño en 3D de la vista superior de la plancha y la Figura 31 muestra el diseño en 3D de la vista inferior de la plancha. Se observa en la estructura el lugar en donde irá colocada la silicona que recubre los sensores.

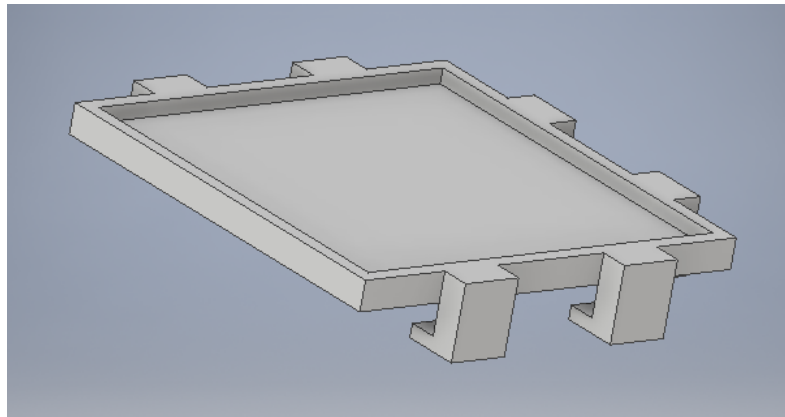


Figura 30: Vista superior de la plancha banco de salida

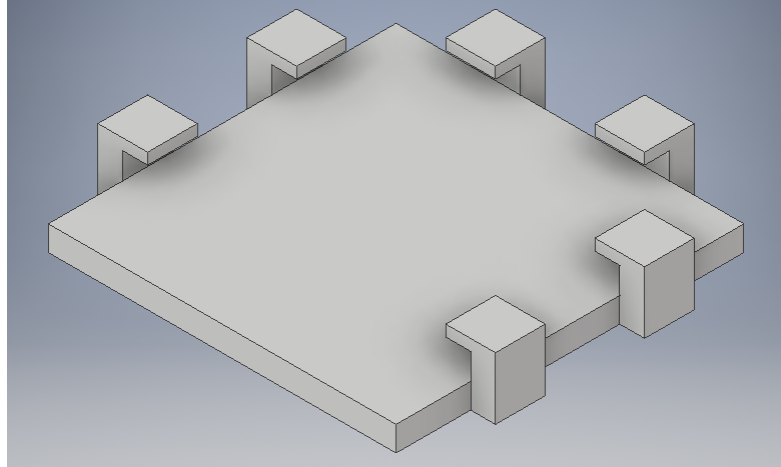


Figura 31: Vista inferior de la plancha banco de salida

La plancha en la parte inferior presenta una forma de "araña", con el fin de que esta sea una estructura que pueda deslizarse fácilmente por encima del banco de salida, y este no necesita ser modificado en su estructura. Además, este diseño permite que las planchas sean fáciles de colocar y quitar, sin dañar la estructura del banco, y también que se usen solamente cuando es necesario, sin que sean fijas. En la Figura 32 se observa el ensamble en 3D para una vista preliminar de la impresión.

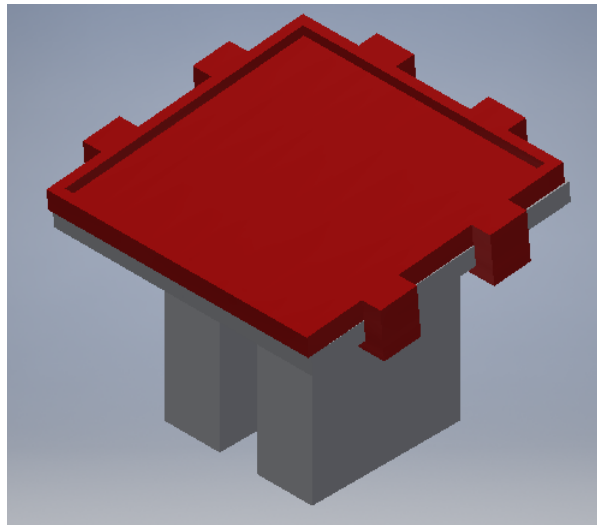


Figura 32: Ensamble de la plancha con el banco de salida

7.2.2. Planchas debajo del agua

Para obtener el tiempo de recorrido medio y completo, las planchas deben estar por debajo del agua. El objetivo principal de las planchas que estas sean fáciles para colocar y quitar. Se diseñó una plancha con un soporte con ganchos. Estos son colocados en la parte superior y la idea es que los ganchos fueran colocados en el borde de la piscina y estos se sostuvieran. Sin embargo, las piscinas carecen de ese espacio por lo tanto no era posible insertar la plancha. En la Figura 33 se muestra el diseño 3D, con los ganchos para agarre de las planchas.

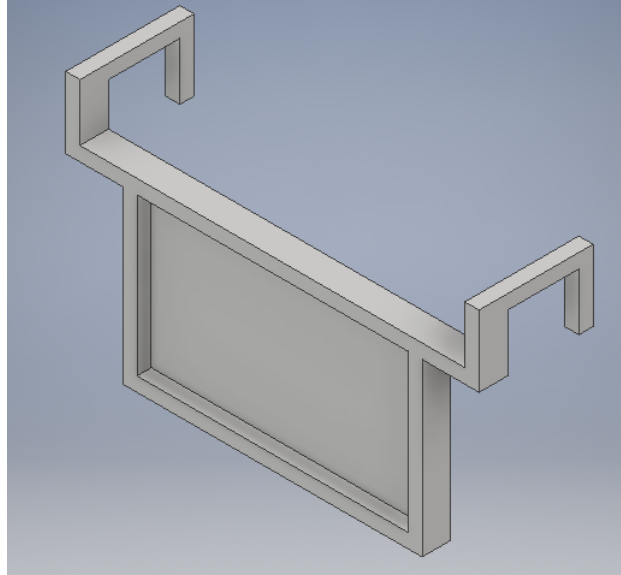


Figura 33: Primer prototipo de la plancha debajo del agua

Puesto que el primer prototipo no era funcional, se rediseñó la plancha, siempre considerando que fuera facilidad de colocar y remover. El segundo prototipo, es un modelo con partes separadas la base y la plancha. La Figura 34 muestra la base del prototipo, con el fin de sostener la plancha que se encuentra por debajo del agua. Debido a que es prototipo a escala se incluyó en el diseño una especie de rampa para sostener la parte circular que sostiene la plancha y haga que se mantenga rígida dentro de la piscina. Este circula simula un tubo que pueda ser colocado en la piscina, a tamaño real. En la Figura 35 se muestra el diseño en 3D de la plancha que se ubicará por debajo del agua. La parte plana (frontal) será el soporte de los sensores y estará cubierta con silicona.

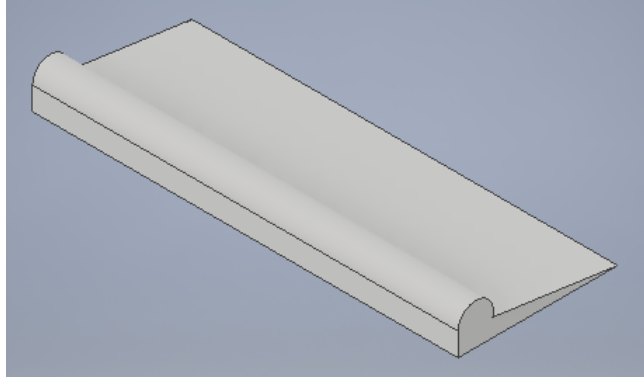


Figura 34: Base de la plancha debajo del agua

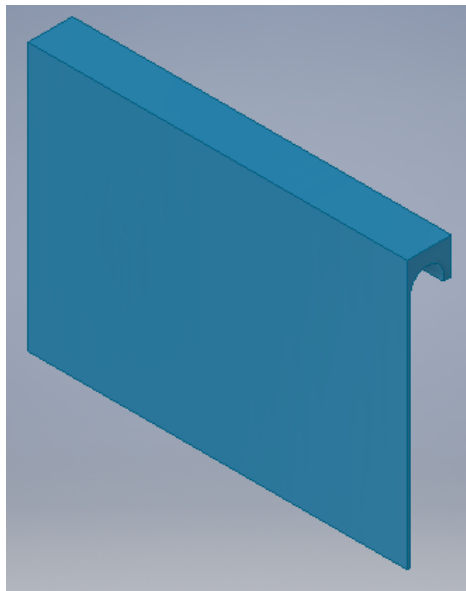


Figura 35: Plancha debajo del agua

La Figura 36 muestra el ensamble de ambas piezas. Se observa que el diseño permite que la plancha sea fácil de colocar y retirar de la piscina, así mismo la pestaña de la plancha encaja con la base (color gris) para proporcionar estabilidad. Este modelo será impreso en 3D con el material PLA.

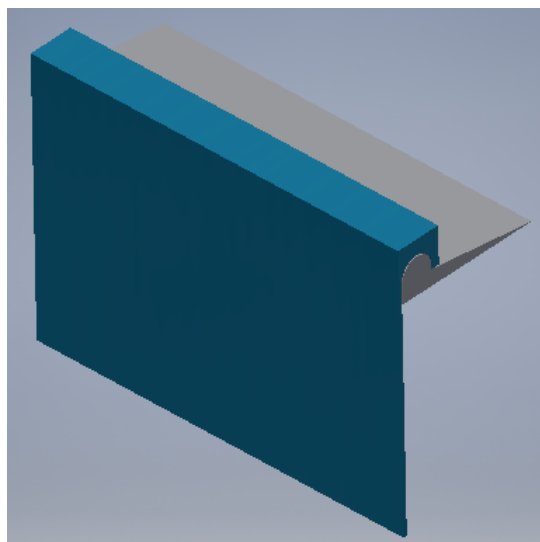


Figura 36: Ensamble de la plancha debajo del agua

En el capítulo de los anexos se presentan los diferentes planos de cada parte de las planchas, con sus respectivas dimensiones, en modelos a escala.

7.2.3. Producto final

Una vez se hacen las pruebas y la vista preliminar usando el software Inventor, se procede a la impresión en 3D por separado de cada de las piezas. En la figura 37 se muestra la plancha del banco de salida



Figura 37: Producto final de la plancha banco de salida

En la Figura 38 se muestra la pieza de la base de la plancha que se encuentra debajo del agua. En la Figura 39 se ilustra el ensamble del producto final de la plancha que va debajo del agua. Debe tomarse en cuenta que solamente una parte de la pared frontal, que es la que estará expuesta al agua se cubrirá con silicona para la protección de los sensores. Este juego de dos piezas, debe hacerse por duplicado, ya que se colocan en un lado y el opuesto de la piscina, puesto que la distancia del tiempo medio y la el tiempo completo estará determinado cada vez que se presione estas planchas.



Figura 38: Producto final de la base de la plancha debajo del agua



Figura 39: Producto final de plancha debajo del agua

7.3. Implementación

Impresos los prototipos de las planchas de salida y debajo del agua, se procede al análisis de la posición y procedimiento para protección de los sensores, en cada una de las planchas. El objetivo principal de esta sección es colocar los sensores en las planchas en los puntos de mayor contacto del nadador. Esto se hizo a través de la observación sistemática de un grupo de nadadores, de alto rendimiento en la piscina olímpica de la ciudad de Guatemala (zona 15), observando la posición de salida para los sensores del banco de salida, y la vuelta olímpica para el tiempo de medio recorrido y el toque final para el recorrido completo.

7.3.1. Posición de sensores

En la Figura 40 se observa la posición de un nadador de sexo masculino, en el banco de salida. Los pies se encuentran en la parte posterior y superior del banco, que son los puntos de mayor presión del nadador, por ende los sensores para la plancha del banco de salida estarán colocados en esos dos puntos, como se ilustra en la Figura 41

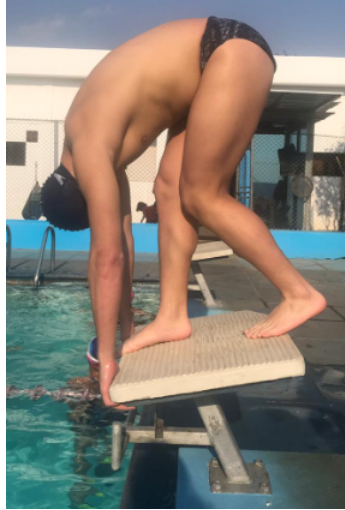


Figura 40: Posición del nadador en el banco de salida

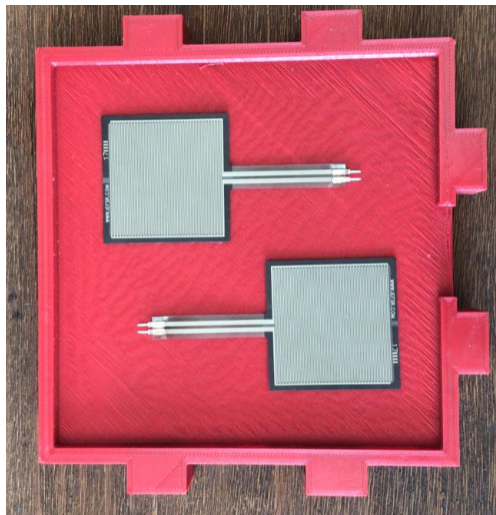


Figura 41: Posición de sensores banco de salida

La posición de los sensores en las planchas debajo del agua, no son variables en la posición. A pesar de que el nadador va en movimiento y siempre presiona el centro del carril. En la Figura 42, se observa el área de mayor presión. Por tal razón este requiere un mayor número de sensores colocados en diferentes áreas. Las posibles posiciones para los sensores se muestran en la Figura 43.



Figura 42: Posición del nadador debajo del agua

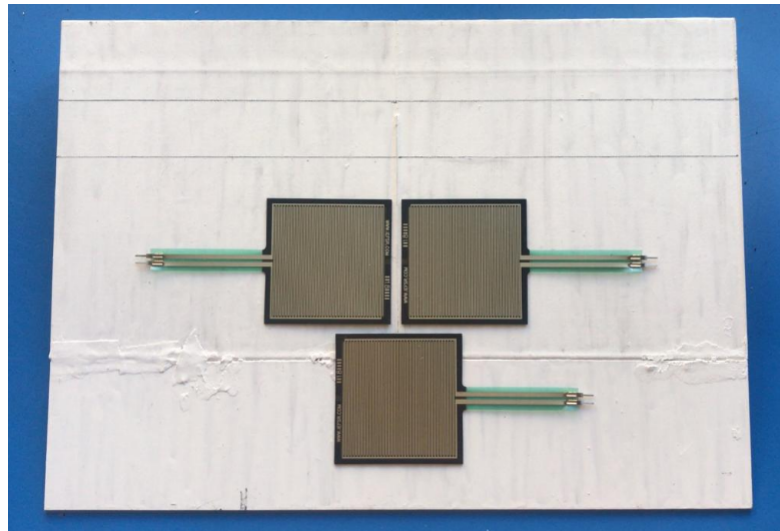


Figura 43: Posición de sensores debajo del agua.

7.3.2. Preparación de la silicona

El siguiente paso es la fabricación de la silicona. Para realizar la silicona se necesitan los siguientes materiales: Silicona de caucho, sellador, catalizador, molde y semoldante. Antes de cubrir los sensores con silicona se debe realizar un molde con la forma en la que estarán colocados en las planchas. El molde debe ser de un material fácil de remover cuando se seque la silicona. Para ello se utilizó espuma laminada.

1. Realizar el molde del tamaño que desee su objeto de silicona.
2. Embarnizar el molde con el desmoldante para que sea fácil de despegar cuando el objeto de silicona este listo.
3. Realizar una mezcla con el catalizador y la silicona, revolver hasta que se observe que este correctamente mezclada.
4. Colocar la mezcla dentro del molde percatándonos de que cubra bien el molde.
5. Esperar aproximadamente tres o cuatro horas para que el molde obtenga la forma deseada.
6. De manera cuidadosa sacar el objeto de silicona del molde.

7.4. Pruebas de protección de la silicona

Debido a que la plancha se debe colocar debajo del agua, se realizaron diferentes pruebas. La primera prueba consistió en colocar papel cubierto por silicona, en lugar del sensor, para garantizar que el material protege del agua cualquier objeto. En la Figura 44 se ilustra la primera prueba. El papel no presentó ningún cambio después de la prueba.



Figura 44: Primera prueba del material

Posteriormente teniendo terminado el prototipo, la posición de los sensores y el molde para realizar la silicona, se procedió a realizar la plancha para la prueba definitiva del funcionamiento del sensor debajo del agua. La fotografía de la prueba del sensor en agua se presenta en la Figura 45. Al medir la resistencia del sensor (del número aleatorio 200 Ohms) el cambio que se observó fue un incremento de casi 8 veces más (1000 Ohms) por la presión de la silicona. En la Figura 46 es la prueba final del funcionamiento de las planchas debajo del agua.

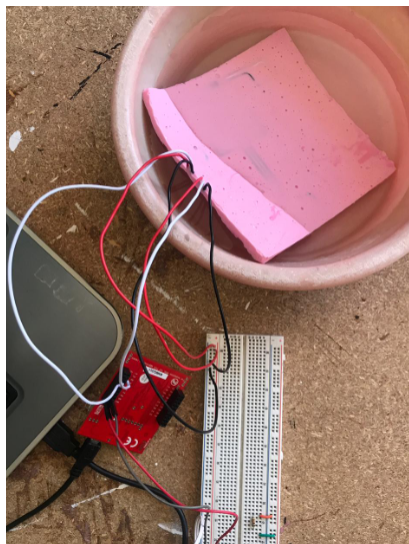


Figura 45: Segunda prueba del material

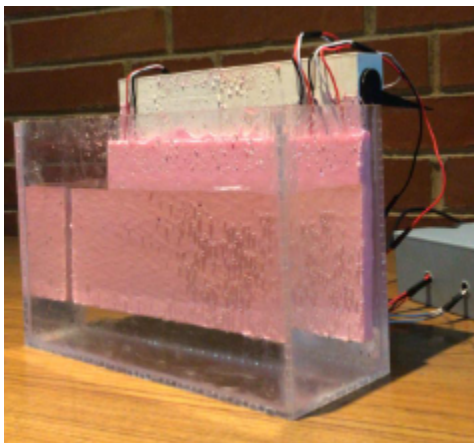


Figura 46: Prueba final del prototipo

7.5. Prototipo final

Teniendo las piezas, la posición de los sensores y las pruebas de la silicona. Se realiza el prototipo final de ambas planchas. En la Figura 47 se observa el prototipo final de la plancha debajo del agua, como anteriormente se menciono esta plancha se realiza dos veces. En la Figura 48 se observa el prototipo final de la plancha del banco de salida. Por último, en la Figura 49 se observa el producto final del proyecto, con las tres planchas respectivas para medir los tiempos correspondientes.

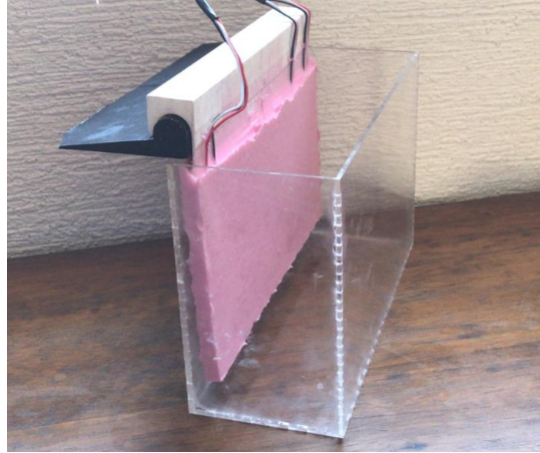


Figura 47: Prototipo final plancha debajo del agua

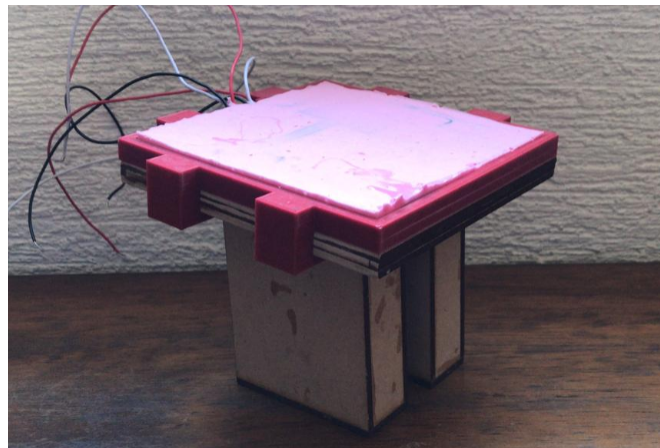


Figura 48: Prototipo final plancha del banco de salida

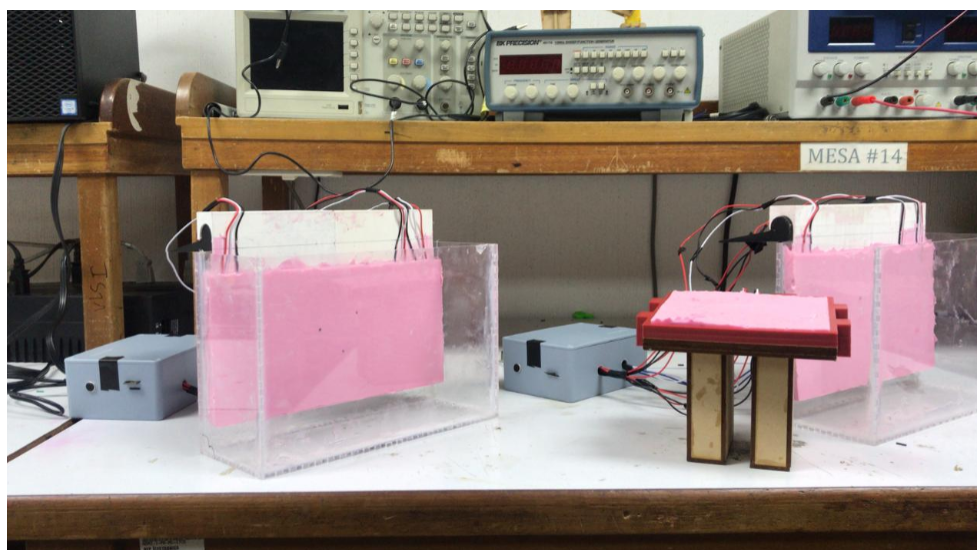


Figura 49: Prototipo final

El objetivo principal de este proyecto, es el diseño de una red inalámbrica que permita para visualizar los tiempos del nadador de forma más objetiva. Por la distancia de la piscina, el diseño contempla el uso de una red inalámbrica. Este capítulo describe la configuración, software y hardware a utilizar para la realización de la red inalámbrica. También se describe las razones para la elección del ordenador de tamaño reducido Raspberry Pi para la implementación de la red.

El diseño electrónico y la investigación previa ha sido fundamental para el desarrollo de este capítulo, debido a que los materiales electrónicos ya fueron aprobados y esto permitirá establecer la conexión a la red. En este capítulo se explica la funcionalidad, configuración del servidor, página web e implementación del prototipo.

8.1. Servidor

En esta sección se explican los procedimientos para la configuración del servidor. Para ello se utilizó la placa computadora de bajo costo llamada *Raspberry Pi*. Esta mini-computadora se puede configurar para que su funcionalidad sea un servidor web. Previo al inicio de la configuración del servidor, se debe obtener el sistema operativo de la Raspberry Pi. Para ello, hay varios pasos.

Primero, se debe flashear la memoria SD con la imagen del sistema operativo llamado *Raspbian*. [31] Raspbian es una distribución del sistema operativo GNU/Linux basado en Debian, y por lo tanto libre para la SBC Raspberry Pi, orientado a la enseñanza de informática. Por ende la Raspberry Pi es un pequeño ordenador.

El sistema operativo de la Raspberry es Linux, por ende es un servidor LAMP compatible con la mini-computadora. El lenguaje PHP es un lenguaje web dinámico, que permitirá mostrar y monitorear el tiempo del nadador en una página web diseñada para este proyecto con su base de datos determinada.

Los datos serán enviados a la pagina web por medio del modulo ESP8266 que estará conectado al microcontrolador Tiva C. A continuación se detallan los pasos para la configuración y diseño de la pagina web.

8.1.1. Configuración

Una vez instalado el sistema operativo en la Raspberry Pi y el entendimiento del servidor LAMP, se procede a la configuración e instalación de cada uno de los servicios. Todos los comandos que se darán a continuación son ingresados en la terminal de comandos de la Raspberry Pi.

Primero se debe verificar que el sistema operativo *Raspbian* este actualizado. Para ello se deben insertar los siguientes comandos:

- *sudo apt-get update*
- *sudo apt-get upgrade*
- *sudo apt-get update*

Cuando el sistema operativo de la Raspberry Pi, termine de actualizarse se procede a la instalación del servidor web *Apache*. También se deben habilitar los derechos a los archivos *Apache*, para administrar fácilmente el sitio web.

- *sudo apt-get install apache2*
- *sudo chown -R pi:www-data /var/www/html*
- *sudo chmod -R 770 /var/www/html*

Para verificar que el servidor *Apache* este correctamente instalado, se colocamos la dirección IP: **http://127.0.0.1** en el navegador web. Si la página web se muestra como la Figura 50, indica que el servidor fue correctamente instalado.

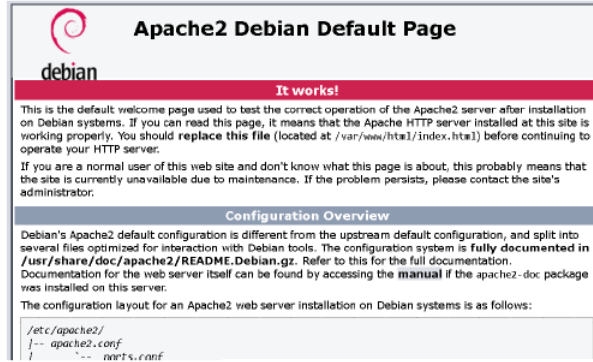


Figura 50: Servidor Apache instalado correctamente

Ya instalado el servidor, se instala la base de datos y el lenguaje de programación para páginas web's dinámicas. El comando para la instalación del lenguaje de programación PHP se describe a continuación.

- sudo apt-get install php php-mbstring

Para la verificación de la instalación, se direcciona a la carpeta `/var/www/html/` en los archivos de la Raspberry Pi. En esa localidad se encontrará un archivo `index.html`, este debe ser reemplazado por un archivo `index.php` que contendrá el siguiente código:

```
1 <?php phpinfo () ; ?>
2
```

Para verificar que todo está correctamente instalado, se vuelve al navegador web. De nuevo se coloca la dirección IP: **http://127.0.0.1** y si se muestra como la Figura 51, indica que el lenguaje de programación PHP fue instalado correctamente.

PHP Version 7.0.33-0+deb9u3	
System	Linux raspberrypi 4.14.30-v7+ #1200 SMP Tue Feb 12 20:27:48 GMT 2018 armv7l
Build Date	Mar 9 20:10:01:24
Server API	Apache 2.0 Handler
Virtual Directory Support	disabled
Configuration File (php.ini) Path	/etc/php/7.0/apache2
Loaded Configuration File	/etc/php/7.0/apache2/php.ini
Scan this dir for additional .ini files	/etc/php/7.0/apache2/conf.d
Additional .ini files parsed	/etc/php/7.0/apache2/conf.d/18-opcache.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/19-pdo.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-calendar.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/21-ctype.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/22-exif.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/23-headers.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/24-iconv.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/25-locale.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/26-mbstring.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/27-openssl.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/28-session.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/29-tidy.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/30-tokenizer.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/31-xml.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/32-xmlrpc.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/33-zip.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/34-zlib.ini
PHP API	20151012
PHP Extension	20151012
Zend Extension	320151012
Zend Extension Build	AP020151012.NTS
PHP Extension Build	AP020151012.NTS

Figura 51: Lenguaje PHP instalado correctamente

A la base de datos de la pagina Web se enviarán tres datos diferentes, que corresponden a los tres tiempos del nadador. Para ello se debe instalar una base de datos. *MySQL* es el gestor de la base de datos y trabaja con *PHP* por medio del *phpMyAdmin*, es el que administra la base de datos. Para que estos comandos funcionen, es importante recordar que el servidor con el que se está trabajando es *Apache*. La base de datos obliga insertar una contraseña por seguridad de la misma, esta es personal. El último comando es la verificación de las instalaciones y se reiniciara el servidor *Apache*. Para la instalación de estos servicios se insertan los siguientes comandos.

- `sudo apt-get install mysql-server php-mysql`
- `sudo apt-get install phpmyadmin`
- `sudo ln -s /usr/share/phpmyadmin /var/www/html`

Para la administración de datos se debe crear un usuario y una contraseña. También se dan los privilegios para poder acceder a la misma. En la terminal de comandos de la Raspberry se debe entrar a la base de datos y crear el usuario, contraseña y la base de datos. Los siguientes comandos permiten la generación del perfil en la base de datos.

- `sudo mysql --user=root mysql`
- `CREATE USER 'nombre'@'%' IDENTIFIED BY 'contraseña';`
- `GRANT ALL PRIVILEGES ON *.* TO 'nombre'@'%' WITH GRAN OPTION;`
- `exit;`
- `sudo service apache2 restart`

El primer comando es el que permite el acceso a la base de datos, en este caso fue llamado *MarianDB*. En el segundo y tercer comando se puede observar el símbolo %, esto indica que la página web que este vinculada con este usuario podrá ser visible en cualquier otro dispositivo electrónico como computadora, siempre y cuando se configure correctamente la pagina web. Por último se reinicia el servidor *Apache*.

Con esto pasos se ha terminado la instalación de todos los servicios del servidor LAMP. Una vez se tiene el procedimiento correcto, se puede proceder a la creación de la base de datos por medio del usuario, que anteriormente se creo en *MySQL*. En la terminal de comandos de la Raspberry Pi, nuevamente se ingresa al *MySQL* pero ahora con el nuevo usuario y contraseña. Posteriormente se crea la base de datos y se verifica que fue creada correctamente, con los siguientes comandos.

- `mysql -u nombre -p`
- `CREATE DATABASE nombre_de_la_base_de_datos;`
- `SHOW DATABASES;`

Una vez se cuente con la base de datos creada, se procede a la configuración de la tabla que registrará y guardará los diferentes tiempos del nadador. Para ello se introduce al navegador web *localhost/phpMyAdmin*, se ingresa con el usuario y contraseña que anteriormente se creó. En la Figura 52 se observa que se resaltan tres cuadros de color rojo. El primer cuadro **pro_touch** se refiere al nombre de la base de datos. El segundo cuadro, **tiempo_nadador** se refiere al nombre de la tabla en la base de datos. El tercer cuadro, indica las variables de los tiempos del nadador. La variable **tiempo_reaccion**, es el tiempo de la plancha del banco de salida. La variable **tiempo_medio**, es el tiempo del nadador al realizar el recorrido medio (media vuelta). La variable **tiempo_completo**, es el tiempo del nadador al realizar el recorrido completo (vuelta completa). Por último se encuentra una variable llamada **ID**, es una variable de identificación de cada una de las variables anteriores.

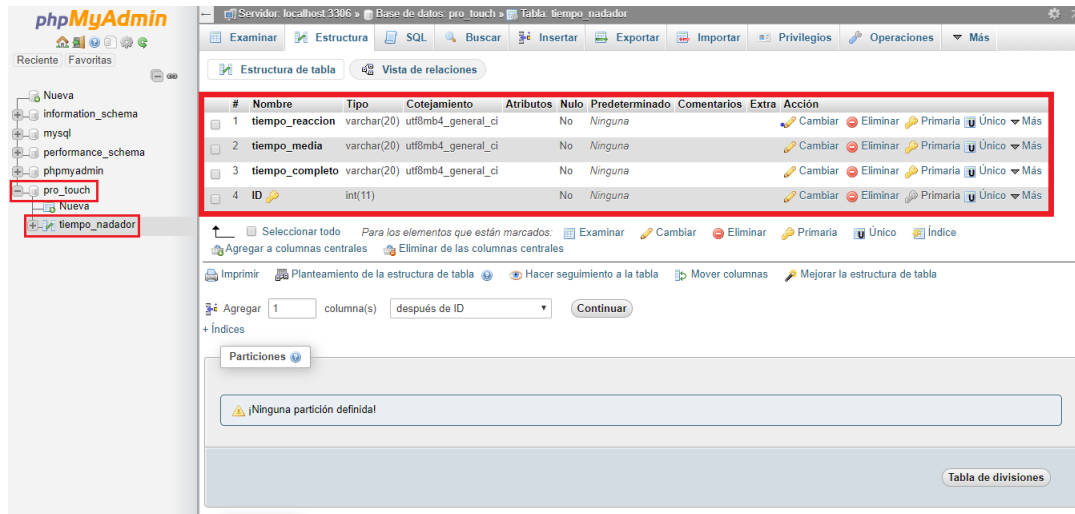


Figura 52: Página de la base de datos phpMyAdmin

Si se quiere observar el *phpMyAdmin* en cualquier otro dispositivo electrónico, se coloca la dirección asignada a la Raspberry Pi. En este caso la dirección IP es **198.168.1.18**. Si es dentro de la Raspberry Pi simplemente se coloca *localhost* o *127.0.0.1*. Terminando las instalaciones y la tabla en la base de datos, se crea entonces la pagina web.

8.2. Página web

En esta sección se explica los procedimientos para realizar la página web. Se utilizaron los lenguajes HTML, CSS y PHP para obtener una página web dinámica y accesible a la visualización de la persona.

El lenguaje PHP permite tener una página web dinámica, es decir que se puede mostrar e introducir datos a la base de datos en phpMyAdmin. Para el diseño de la página web solamente se utilizó el muestreo de los datos. El objetivo es enviar la información a la base de datos (phpMyAdmin) por medio del módulo ESP8266 y que estos sean mostrados en la página web. El lenguaje CSS permite la organización y decoración de la página web, concatenándolo con el lenguaje HTML para mayor organización de la misma.

Teniendo claro el funcionamiento de cada uno de los lenguajes se procede a la implementación de la página web. Por fines prácticos y orden se realizaron dos diferentes códigos de extinción .php, estos se encuentran en el capítulo de anexos. El código llamado *conexion.php* se realiza la conexión al servidor Apache y a la base de datos. El código llamado *subir.php*, recibe los datos del modulo ESP8266 y se guarda en la tabla de la base de datos phpMyAdmin. Por último y el más importante, debido a muestra el último registro guardado en la base de datos, es el código *index.php*. Este contiene la estructura de la página web, haciendo concatenación al código *index_style.css* para el estilo de la página. El fin de realizar dos códigos diferentes es por orden y la reducción de errores. En la siguiente Figura 53 muestra el estilo de la pagina web. Posteriormente se muestran las pruebas realizadas para la funcionalidad de la página.

Diseño e implementación de planchas para la medición del tiempo de un nadador a nivel entreno.

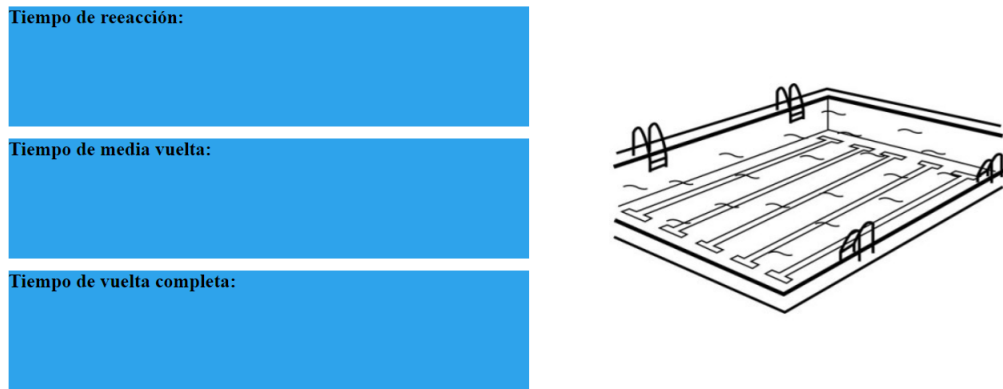


Figura 53: Estilo de la página web

8.2.1. Pruebas con el servidor

Con el diseño de la página web, se procede a las pruebas de conexión al servidor y a la base de datos. En la primera prueba se realizó un formulario para el ingreso información a la base de datos y verificar el funcionamiento del código *subir.php* es correcto. Lo importante de la prueba es que el código es encargado de subir los tiempos del nadador a la tabla *pro_touch* debido que es la conexión entre el módulo ESP8266 con la base de datos. La Figura 54 es la página web mostrando los últimos datos ingresados a la base de datos, donde se observar que los tiempos mostrados son los mismos del monitor serial de la Tiva C. En la Figura 55 se verifica que los últimos datos ingresados son los mismos que se encuentran en la Figura 54. Con esto se concluye que el funcionamiento del servidor, envío de datos y la página web dinámica es satisfactorio.

8.3. Pruebas de tiempo de envío

Se realizaron varias pruebas para observar el comportamiento correcto de la red interna WLAN, por cuestiones de espacio no se logro tener una distancia de 50 metros para el envío de datos, la distancia mayor fue de 20 metros. Las distancias de pruebas se fue incrementando de 5 metros en 5 metros y cada una de las distancias se realizaron 10 envíos de datos. Los tiempos de cada envío no contiene una variación significativa, en las siguientes cuadros 6, 7, 8, 9 y 10 se muestran los 10 tiempos en cada distancia. Se observa que al obtener una distancia 10 a 15 metros el tiempo sube a 1 segundo aproximadamente, esto se debe a la cobertura que tiene el router.

Número	Tiempo (s)	Número	Tiempo (s)
1	1.02	6	1.20
2	1.34	7	1.15
3	1.23	8	1.35
4	1.30	9	1.05
5	1.00	10	1.22

Cuadro 6: Distancia de 0 metros

Número	Tiempo (s)	Número	Tiempo (s)
1	1.56	6	1.42
2	1.60	7	1.53
3	1.39	8	1.49
4	1.46	9	1.55
5	1.58	10	1.52

Cuadro 7: Distancia de 5 metros

Número	Tiempo (s)	Número	Tiempo (s)
1	1.82	6	1.70
2	1.85	7	1.89
3	1.79	8	1.85
4	1.75	9	1.90
5	1.83	10	1.87

Cuadro 8: Distancia de 10 metros

Número	Tiempo (s)	Número	Tiempo (s)
1	2.56	6	2.62
2	2.60	7	2.54
3	2.75	8	2.68
4	2.70	9	2.59
5	2.65	10	2.53

Cuadro 9: Distancia de 15 metros

Número	Tiempo (s)	Número	Tiempo (s)
1	3.01	6	2.97
2	3.12	7	3.10
3	3.07	8	3.05
4	2.98	9	2.95
5	3.03	10	3.15

Cuadro 10: Distancia de 20 metros

Para obtener los tiempos de los cuadros anteriores (6, 7, 8, 9, 10) se dejó estático el prototipo y el router fue el que se movilizaba a las distancias requeridas. A pesar de que los tiempos sean aproximadamente entre 1 y 3 segundos el envío de datos, estos no afectan el tiempo del nadador debido a que el microcontrolador Tiva C solamente envía el tiempo del nadador cuando se detenga el cronómetro.

1. Al observar a los nadadores, en la posición de salida, vuelta olímpica y toque final, el lugar óptimo para la posición de los sensores de presión no varía entre los nadadores, por tal razón se centralizan en puntos específicos.
2. Los materiales seleccionados de la elaboración y funcionamiento de las planchas son adaptables para el uso práctico en el entreno, debido a su facilidad de colocación y retiro de las planchas. También la facilidad de observar los tiempos del nadador.
3. La silicona se adaptó correctamente al molde y se logro el aislamiento del agua por lo tanto la protección de los sensores.
4. Los sensores de presión deben tener una base dentro de la silicona, por la implementación de la silicona, ya que es líquida y los sensores se mueven al momento de aplicarla.
5. La recolección de datos se cumplió haciendo un servidor en la Raspberry Pi, permitiendo resultados deseados con una latencia en la base de datos de tanto 10 segundos sin afectar los tiempos tomados.
6. La graduación de sensores de presión se ve afectada por la cantidad de silicona que se encuentra encima de ellos, también la cantidad de agua, así mismo teniendo un umbral que detecte la fuerza para la calibración.
7. La implementación en Tiva C permitió que se midiera el tiempo a la velocidad de milisegundos, que permite su uso en competencias y la toma de los tiempos.

CAPÍTULO 10

Recomendaciones

- Agregar la toma de tiempo de más de una vuelta completa a la piscina, es decir en un viento mayor de 100 metros de recorrido.
- Agregar la toma de tiempo de más de un nadador por carril, es decir en una misma plancha poder tomar el tiempo de dos o más nadadores.
- Implementar las planchas a escala para los ocho carriles de la piscina.
- Implementar una página web que tenga acceso al servidor la página principal de la CDAG, teniendo el récord de cada nadador de los tiempos en los entrenos.
- Implementar el circuito de potencia que tenga en cuenta la duración de horas de los entrenos y competencias.

-
-
- [1] (). sistema_cronometraje_automatico.pdf, dirección: https://www.fegan.org/fegan/tprd/1516/xeral/doc/sistema_cronometraje_automatico.pdf (visitado 30-05-2019).
 - [2] (). US7119799.pdf, dirección: <https://patentimages.storage.googleapis.com/65/00/46/048d9d419ccf9e/US7119799.pdf> (visitado 30-05-2019).
 - [3] R. T. Julian y R. A. Farnsworth, “Swimming pool touchpad”, pat.estadounidense 7358456B1, 15 de abr. de 2008. dirección: <https://patents.google.com/patent/US7358456B1/en> (visitado 30-05-2019).
 - [4] (). US4292696.pdf, dirección: <https://patentimages.storage.googleapis.com/97/89/9e/8a793241115dc3/US4292696.pdf> (visitado 30-05-2019).
 - [5] S. User. (). Historia de la Natación, dirección: <https://www.fenadegua.com.gt/index.php/disciplinas/12-natacion/40-historia-de-la-natacion> (visitado 30-05-2019).
 - [6] (). Historia de la natación, dirección: <http://www.i-natacion.com/articulos/historia/historia1.html> (visitado 30-05-2019).
 - [7] (). TOKIO 2020: MARCAS BASICAS – Natación Total, dirección: <https://www.nataciontotal.com/?p=4950> (visitado 01-10-2019).
 - [8] (). Trabajo resumen-Reglamento Natacion by Gustavo Bohemi on Prezi, dirección: https://prezi.com/yzjy2njbb9d/trabajo-resumen-reglamento-natacion/?utm_campaign=share&utm_medium=copy (visitado 30-05-2019).
 - [9] (). (1) (PPT) Juez de natacion | Valentina Oyarzún - Academia.edu, dirección: https://www.academia.edu/8706597/Juez_de_natacion (visitado 30-05-2019).
 - [10] (). Swim - Macsha, dirección: <http://www.macsha.com/swim> (visitado 30-05-2019).
 - [11] (). Información general sobre el proceso de Sandblasting y la preparación de superficies, dirección: <http://www.columbec.com/informacion-general-sandblasting-y-preparacion-superficies> (visitado 30-05-2019).
 - [12] J. P. Blázquez, “Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos”, pág. 30,

- [13] (). ESP8266 todo lo que necesitas saber del módulo WiFi para Arduino, dirección: <https://programarfacil.com/podcast/esp8266-wifi-coste-arduino/> (visitado 07-07-2019).
- [14] J. Haartsen, “BLUETOOTH—the universal radio interface for ad hoc, wireless connectivity”, n.º 3, pág. 8, 1998.
- [15] (). NFC: qué es, cómo funciona en el móvil y para qué sirve, dirección: <https://www.xataka.com/moviles/nfc-que-es-y-para-que-sirve> (visitado 30-05-2019).
- [16] (). RASPBERRY PI – Historia de la Informática, dirección: <https://histinf.blogspot.com/2013/12/18/raspberry-pi/> (visitado 30-05-2019).
- [17] (). Modelos y características de Raspberry Pi, Luis Llamas, dirección: <https://www.luisllamas.es/modelos-de-raspberry-pi/> (visitado 30-05-2019).
- [18] (). Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno, dirección: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno> (visitado 30-05-2019).
- [19] (). TEENSY3.1: TEENSY v3.1 - PLACA CON MICROCONTROLADOR DE 32 BITS - COMPATIBLE CON ARDUINO – Velleman Projects – Electronics for Makers, dirección: <https://www.vellemanprojects.eu/products/view/?id=420178&lang=es&country=be> (visitado 30-05-2019).
- [20] (). Conociendo el Microcontrolador TM4C123GH6PM, un ARM Orientado para Automatización, de Texas Instruments. (MIC013S), dirección: <http://www.incb.com.mx/index.php/articulos/78-microcontroladores-y-dsps/1812-conociendo-el-microcontrolador-tm4c123gh6pm-un-arm-orientado-para-automatizacion-de-texas-instruments-mic013s> (visitado 30-05-2019).
- [21] (). ¿Qué es un sensor? Tipos y diferencias – PrototipadoLAB, dirección: <http://paolaguimerans.com/openeart/?p=1372> (visitado 30-05-2019).
- [22] L. Carrión, D. Ochoa y J. A. Valverde, “SENSOR DE FUERZA RESISTIVO (FSR)”, pág. 9,
- [23] (). SENSORES : Celda de carga 50 Kg, dirección: <https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/sensores/celda-de-carga-50-kg-detail> (visitado 16-07-2019).
- [24] (). SENSORES DEL SONIDO, prezi.com, dirección: <https://prezi.com/ucealvf3m09u/sensores-del-sonido/> (visitado 17-07-2019).
- [25] (). ¿Qué es un sensor ultrasónico? | Fundamentos del sensor: Guía de sensores para fábricas clasificados por principios | KEYENCE, dirección: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/index.jsp> (visitado 17-07-2019).
- [26] gr8ytFollow. (). Simple FC-04 sound sensor demo, Instructables, dirección: <https://www.instructables.com/id/Simple-FC-04-Sound-Sensor-Demo/> (visitado 17-07-2019).
- [27] (). PVC : Los principales tipos y su infinidad de aplicaciones | Metacrilatos, dirección: <https://www.metacrilatos.net/2015/04/los-principales-tipos-de-pvc-e.html> (visitado 30-05-2019).
- [28] (12 de sep. de 2018). ¿Qué es el PVC? Ventajas, fabricación e impacto ambiental., ASOVEN, dirección: <https://www.asoven.com/pvc/que-es-el-pvc-ventajas-fabricacion-e-impacto-ambiental/> (visitado 30-05-2019).

- [29] (). Aplicaciones del polietileno de Solquim | QuimiNet.com, dirección: <https://www.quiminet.com/articulos/aplicaciones-del-polietileno-de-solquim-2565682.htm> (visitado 30-05-2019).
- [30] (). TR11 24 Bienvenidos al mundo.pdf, dirección: <http://www.cornella.cat/files/contenidos/Educaci%C3%B3/Treballs%20de%20Recerca%202009/2011/treballs/TR11%2024%20Bienvenidos%20al%20mundo.pdf> (visitado 30-05-2019).
- [31] (). Download raspbian for raspberry pi, Raspberry Pi, dirección: <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/> (visitado 09-09-2019).

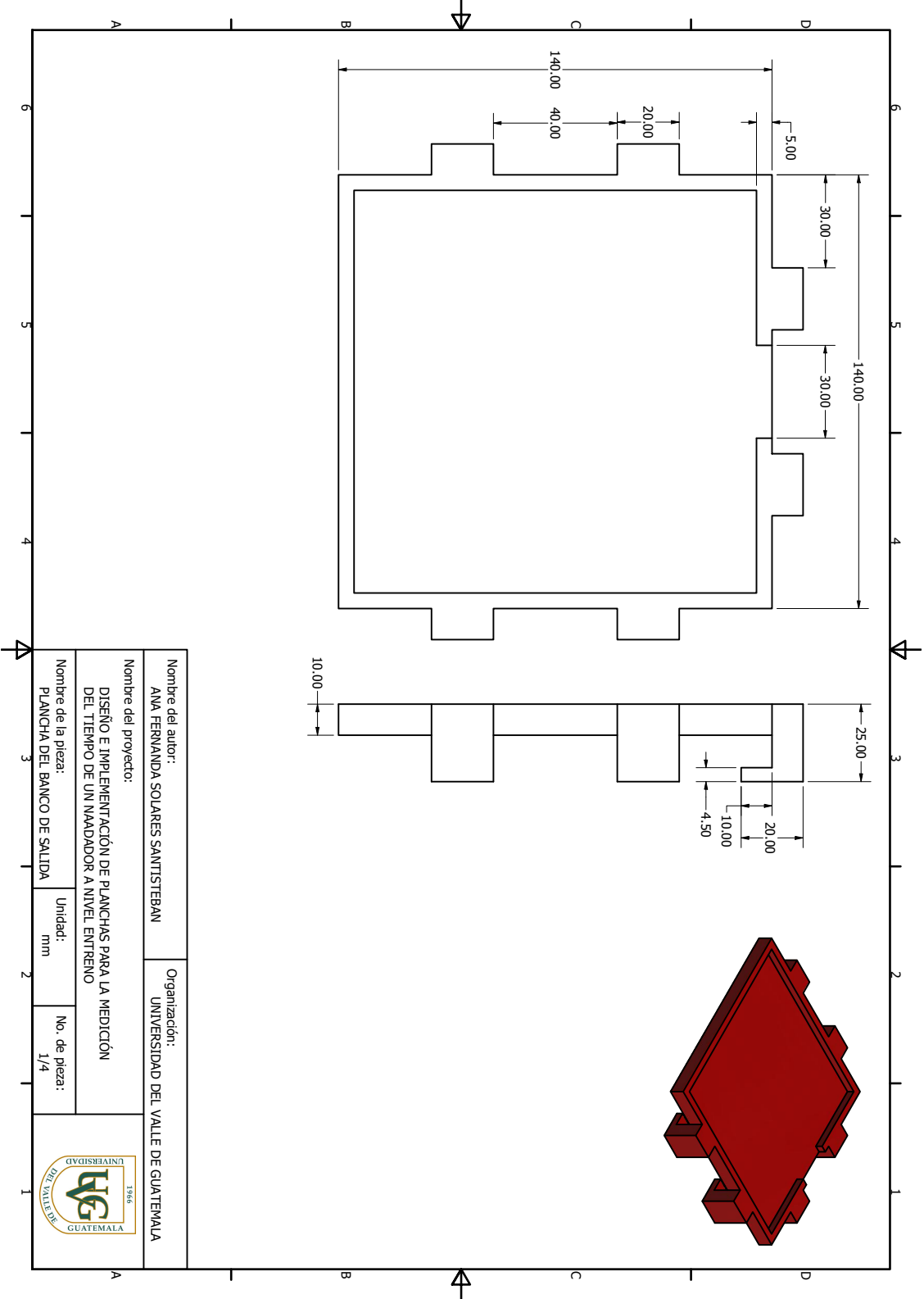
12.1. Código del proyecto


<https://github.com/AnaFerSolares23/Trabajo-de-graduacion-2019>

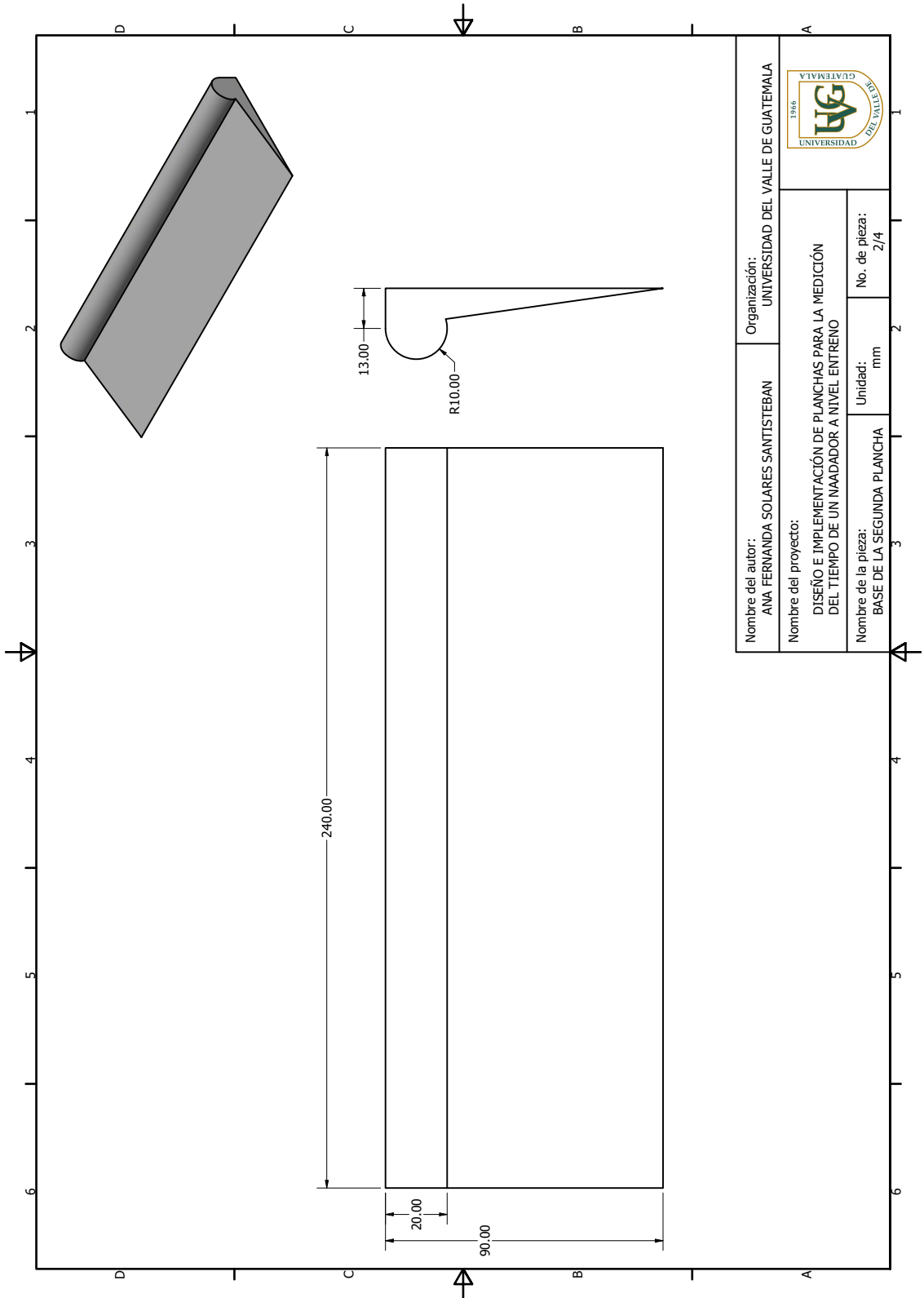
12.2. Vídeo de funcionamiento


https://www.youtube.com/watch?v=6e4cvez_yhs&feature=youtu.be

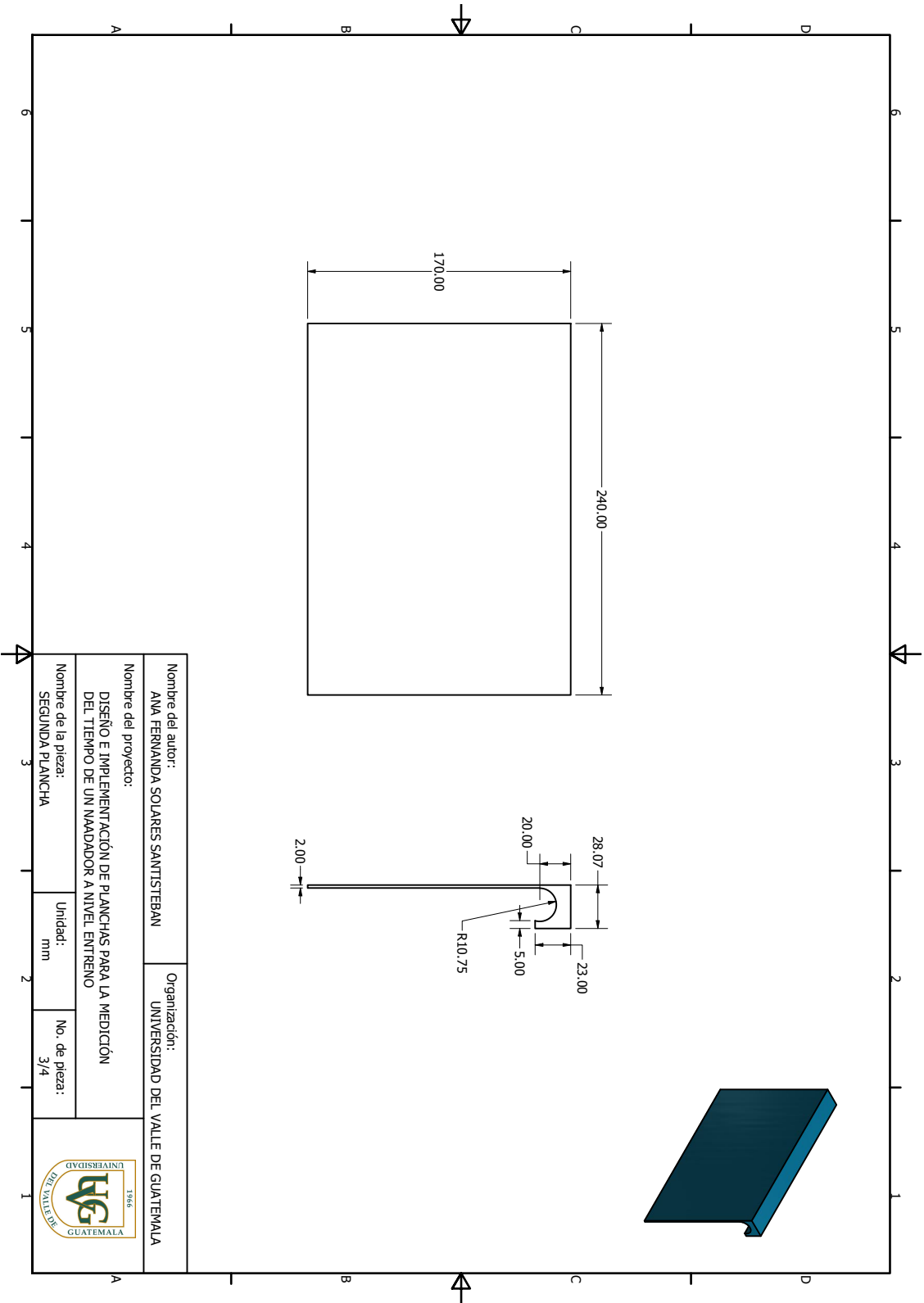
12.3. Planos de la plancha



Nombre del autor: ANA FERNANDA SOLARES SANTISTEBAN		Organización: UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA	
Nombre del proyecto: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PLANCHAS PARA LA MEDICIÓN DEL TIEMPO DE UN NAADADOR A NIVEL ENTRENO			
Nombre de la pieza: PLANCHA DEL BANCO DE SALIDA	Unidad: mm	No. de pieza: 1/4	



Nombre del autor: ANA FERNANDA SOLARES SANTISTEBAN	Organización: UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
	
Nombre del proyecto: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PLANCHAS PARA LA MEDICIÓN DEL TIEMPO DE UN NAADADOR A NIVEL ENTRENO	
Nombre de la pieza: BASE DE LA SEGUNDA PLANCHA	No. de pieza: 2/4
Unidad: mm	



Nombre del autor: ANA FERNANDA SOLARES SANTISTEBAN		Organización: UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA	
Nombre del proyecto: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PLANCHAS PARA LA MEDICIÓN DEL TIEMPO DE UN NAADADOR A NIVEL ENTRENO			
Nombre de la pieza: SEGUNDA PLANCHA	Unidad: mm	No. de pieza: 3/4	
3	2	1	