

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA  
ENTRENAMIENTO DE NADADORES PROFESIONALES EN EL  
DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO

LEANDRO JOSE TORRES CORREA  
CÉSAR ANTONIO ZÚÑIGA ALVARADO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRÓNICA  
BARRANQUILLA  
2013

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA  
ENTRENAMIENTO DE NADADORES PROFESIONALES EN EL  
DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO

LEANDRO JOSE TORRES CORREA  
CÉSAR ANTONIO ZÚÑIGA ALVARADO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO  
MECATRÓNICO

Asesor disciplinar

MSc. EDGAR FRANCISCO ARCOS HURTADO

Asesor metodológico

MSc. MAURICIO ANDRÉS BARRIOS BARRIOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRÓNICA  
BARRANQUILLA

2013

Nota de aceptación

Trabajo aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma del Caribe para optar al título de Ingeniero Mecatrónico.

---

Jurado

---

Jurado

Barranquilla

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirnos cumplir una meta tan grande en nuestras vidas.

A nuestros padres por ser un incondicional apoyo en todo este proceso que esta por culminar, por su empeño en hacernos mejores en todo lo que nos propusimos y brindarnos su sabiduría y experiencia para enfrentar los obstáculos que surgían dentro de todo este proceso.

A nuestros compañeros de estudio quienes junto a nosotros batallaron día a día para ser mejores personas y profesionales, y mención especial a nuestro compañero de grupo Juan Bejarano que a lo largo de varios semestres ha sabido enfrentar con nosotros todos los retos que se nos presentaron en este camino y fue un guía especial en este proyecto.

## CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN.....	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
2. JUSTIFICACION .....	12
3. OBJETIVOS .....	13
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	13
4. MARCO REFERENCIAL .....	14
4.1 ESTADO DEL ARTE.....	14
4.2 MARCO TEORICO .....	16
4.3 MARCO CONCEPTUAL.....	25
5. DISEÑO METODOLÓGICO .....	31
5.1 RECOLECCIÓN DE DATOS .....	32
5.2 COMPARACIÓN DE DATOS .....	32
5.3 APLICACIÓN PARA SISTEMAS ANDROID APPINVENTOR .....	33
5.4 MODULO BLUETOOTH HC-06.....	35
5.5 CONTROLADOR DEL SISTEMA .....	36

5.6	DISPOSITIVO GUÍA .....	37
6.	RESULTADOS .....	38
7.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	45
	Tabla 1. Cronograma de actividades .....	45
8.	PRESUPUESTO .....	46
	Tabla 2. Presupuesto .....	46
9.	CONCLUSIÓN .....	47
10.	RECOMENDACIONES .....	49
	BIBLIOGRAFIA.....	50

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Cronograma de actividades.....	45
Tabla 2. Presupuesto.....	46

## LISTAS DE FIGURAS

pág.

Figura 1.	Composición de un LED.....	17
Figura 2.	Composición de un microcontrolador PIC16877A.....	19
Figura 3.	Módulo bluetooth HC-06 serial RS232.....	20
Figura 4.	Prueba del sistema en marcha en Proteus 8.....	21
Figura 5.	Entorno de Diseñador en AppInventor.....	23
Figura 6.	Entorno de Editor de bloques en AppInventor.....	24
Figura 7.	Tabla de natación.....	27
Figura 8.	Aletas y paletas de natación.....	27
Figura 9.	Pull-boys de natación.....	28
Figura 10.	Careta de natación profesional.....	28
Figura 11.	Esquema del sistema en general.....	31
Figura 12.	Interfaz de Usuario Iniciar Programa.....	34
Figura 13.	Interfaz de Usuario Seleccionar Estilo e Ingresar Tiempo.....	35
Figura 14.	Carril de LEDs.....	37
Figura 15.	Carril de separación tradicional.....	38
Figura 16.	Piscina en la cual se implementa el sistema diseñado.....	40
Figura 17.	Esquema del circuito utilizado.....	41
Figura 18.	Diagrama de flujo del sistema en general.....	42
Figura 19.	Editor de bloques del sistema en general.....	43
Figura 20.	Código del programa en PCW.....	44



## INTRODUCCIÓN

Luego de muchos años de estar la natación en campeonatos de gran importancia a nivel mundial como Panamericanos, Mundiales, y Juegos Olímpicos, se ha venido dando una gran relevancia a este deporte dado que se ha caracterizado por ser uno de los más importantes y completos físicamente del mundo.

La natación no es un deporte muy apoyado y masificado en la región Caribe, los mejores complejos acuáticos y la mayor masa de nadadores se encuentran precisamente en ciudades como Bogotá, Medellín y Cali, ciudades donde han surgido los mejores nadadores profesionales del país en los últimos tiempos. En este orden de ideas se hace necesario implementar un sistema de entrenamiento que permita que los nadadores alcancen un nivel altamente competitivo primordialmente en el departamento del Atlántico. Una posible alternativa es innovar en la forma como se está entrenando y con qué elementos se está llevando a cabo dicha práctica, para así, poder establecer una solución a los deportistas con el fin de alcanzar el nivel de competitividad necesario para obtener excelentes resultados tanto en torneos nacionales como internacionales de gran exigencia como los juegos Olímpicos, Panamericanos, Centroamericanos, entre otros.

De igual forma, con este proyecto se demuestra el gran campo de acción que tiene la Ingeniería Mecatrónica aportando soluciones eficientes a problemáticas del ámbito deportivo.

En este trabajo se muestra el proceso de diseño e implementación de un sistema controlado por medio de una aplicación desarrollada para un dispositivo Android, que tiene como fin ajustar los parámetros de un dispositivo guía, el cual, está compuesto por un carril de LEDs que iluminan el avance del nadador a través de

la piscina según las especificaciones dadas por el entrenador. Finalmente este dispositivo es implementado en una piscina de 10 metros que sirve como lugar de prueba del sistema en general.

Cabe aclarar que en este proyecto no se realiza un estudio en el cual se indique el nivel de mejora que proporciona el uso continuo del dispositivo en los nadadores para las competiciones mencionadas anteriormente, ya que la valoración del dispositivo queda supeditada a la evaluación hecha por el entrenador y los resultados obtenidos por los nadadores que se entrenen con esta herramienta.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática del bajo rendimiento de los nadadores colombianos y principalmente de la región Caribe se ha vuelto preocupante en el ámbito competitivo, ya son muy pocos los nadadores que progresan siendo profesionales y por diferentes factores no se muestra el rendimiento esperado de ellos en algunas ocasiones como torneos internacionales de importancia, como la Copa Pacífico y los Juegos Suramericanos, Bolivarianos, Panamericanos y Centroamericanos y del Caribe. Ante este problema se plantean diversas preguntas: *¿Cuál es la metodología de entrenamiento que se está ejecutando en los diferentes equipos de la región?, ¿En que se pueden diferenciar las formas de entrenamiento de los diversos equipos de la región?, Si existieran diferencias significativas, ¿será esta una causa de los malos resultados?, Si existieran diferencias y fuera una de las causas de la problemática, ¿sería necesario implementar un sistema de entrenamiento Mecatrónico para la región, en donde se sigan pautas en los métodos de entrenamiento?, Si diseñamos dicho sistema para entrenamiento, ¿De qué forma puede mejorar el rendimiento de los nadadores de los equipos?*

Cada pregunta es estudiada y con ella se generan diversas soluciones a dicho problema. La natación posee diversas formas de ejercer un entrenamiento, ya sea aplicando el trabajo dentro o fuera del agua pero de la misma manera se requiere mejorarlas para aspirar a mejores metas con la ayuda de la tecnología. Es por este motivo que se plantea una pregunta que engloba toda la solución a futuro de la problemática propuesta, *¿será que la tecnología puede llegar a ser la mejor forma para realizar un entrenamiento de natación? si se puede alcanzar este objetivo, entonces, ¿qué tan de verídico es que se puedan alcanzar dichas marcas para competir en torneos de alto rendimiento?*

## **2. JUSTIFICACION**

Para obtener resultados positivos y alentadores en próximas competiciones y acelerar el proceso de mejora del deporte dentro del país, se hace necesario tener en cuenta como se están llevando a cabo las preparaciones y que parte de estas no están cumpliendo el objetivo principal de brindar un nadador excelente de Colombia para mostrar al mundo, sobre todo si se quiere mejorar la participación en los Juegos de Londres 2012 con mira hacia los Juegos de Rio de Janeiro 2016.

La implementación del nuevo sistema de entrenamiento le proporciona al nadador una nueva forma de preparación para los torneos y competencias, éste, mediante un dispositivo guía se convierte en un punto de referencia que el deportista debe alcanzar, para así poder lograr obtener un record que se le haya asignado ya sea por su entrenador o siendo una marca a batir. Gracias a su diseño electrónico y siendo una herramienta innovadora en este deporte, el sistema se convierte en una fuente de motivación para el nadador y así ejercer de mejor manera su entrenamiento.

La implementación de la tecnología en el manejo del sistema por medio de un dispositivo móvil hace de este proyecto un impulso para seguir desarrollando aplicaciones que generen la continua mejora de la natación y otros deportes competitivos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un dispositivo de entrenamiento de natación basado en un sistema mecatrónico que permita mejorar el progreso competitivo de los nadadores, donde se controlen factores como el metraje, ritmo de nado y tiempos de recorrido, con base en el estudio de los diferentes métodos de entrenamiento del deporte.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Conocer y analizar los diversos métodos de entrenamiento de los equipos de natación del departamento del atlántico y del interior del país.
- Diseñar un sistema programado de base de datos donde se controle los parámetros de entrenamiento de los nadadores.
- Realizar la comunicación de los datos de los métodos de entrenamiento hacia el dispositivo guía de trabajo por medio de una interfaz de usuario.
- Implementar el dispositivo en una piscina de 10 metros en el departamento del atlántico.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 ESTADO DEL ARTE

Teniendo en cuenta que la natación es el motivo inspirador de este proyecto, cabe destacar que este es un deporte el cual tuvo su aparición competitiva desde los primeros Juegos Olímpicos de la era moderna en el año de 1896, luego doce años más tarde en 1908 se crea la federación que regula este deporte a nivel mundial llamada por sus siglas en francés FINA (FEDERATION INTERNATIONALE DE NATATION)<sup>1</sup>.

Para nuestro caso en particular donde se quiere averiguar métodos y sistemas de entrenamiento, hay que decir que en la natación los diferentes entrenadores o coach tiene cada uno una forma particular de orientar y dar resultados con sus dirigidos ya sea dentro de un mismo departamento, región, país o continente. Se puede observar dentro de los estatutos de la Federación Internacional de Natación (FINA)<sup>2</sup>, que esta solo se encarga de dar pautas o reglamentaciones técnicas al deporte de clavados y deja que los planes de entrenamiento para la natación carreras sean personales, únicos y que estos se apliquen de manera individual, eso sí teniendo en cuenta que a la hora de las competiciones los nadadores instruidos por sus entrenadores deberán cumplir normas y requerimientos que esta federación si contempla dentro de sus reglamentaciones.

Se puede decir entonces que para buscar un plan de entrenamiento para este deporte se debería preguntar a cada uno de los entrenadores oficiales federados en cada una de las federaciones pertenecientes a la FINA, que tipo de plan de entrenamiento aplican para cada uno de sus alumnos, lo cual haría algo tedioso el trabajo investigativo y muy extenso a la hora de sintetizar.

---

<sup>1</sup> Natación. Disponible desde:

[http://www.todo-olimpiadas.com/Natacion\\_piscinas+complementos\\_de\\_piscina.html](http://www.todo-olimpiadas.com/Natacion_piscinas+complementos_de_piscina.html)

<sup>2</sup>Organización FINA, Reglas generales de natación. SW1-13, SWAG. [En línea]. Disponible:[http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com\\_content&view=category&id=82:swimming-rules&Itemid=184&layout=default](http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com_content&view=category&id=82:swimming-rules&Itemid=184&layout=default)

Sin embargo al momento de indagar acerca de algún tipo de entrenamiento modelo a seguir, se pueden tomar como referencia los planes de los mejores nadadores del mundo actuales y hacer un análisis con estos para que con la ayuda de un entrenador local se revise que se puede tomar o desechar de estos modelos de entrenamiento, con el fin de mejorar el rendimiento en la práctica del deporte. Teniendo en cuenta que este análisis estará sujeto a criterios propios del analista consultado.

Lo más importante para la natación y sus federaciones como para la mayoría de los deportes inscritos a los Juegos Olímpicos es tener representantes en dichas, competiciones por lo tanto se puede concluir que todos los entrenamientos están llevados a cumplir con las marcas establecidas por la FINA para que los deportistas clasifiquen a estas justas deportivas.

En cuanto a la parte de encontrar dispositivos electrónicos que hayan sido utilizados para ayudar en los entrenamientos de la natación, se encontraron algunos de estos que realizan diversas funciones, por ejemplo, un dispositivo desarrollado por investigadores en el Instituto de Tecnología de Deportes de la Universidad de Lough borough (Leicestershire, UK), junto con la natación británica en julio de 2012, han realizado un nuevo sistema que rastrea los movimientos de los nadadores de manera inalámbrica y utiliza tecnología de sensores para ayudar a entrenar.

El sistema produce datos sobre la velocidad de un nadador y los movimientos del cuerpo, estos datos que se transmiten de forma inalámbrica para luego ser recibidos por una computadora portátil cerca de la piscina, donde un entrenador puede revisar la información detallada y ofrecer modificaciones a la técnica del nadador. El dispositivo es una caja ligera donde marcadores a prueba de agua se colocan en las caderas y los brazos del nadador, y este se adapta a la parte baja de la espalda. A medida que el nadador se mueve, los sensores transmiten los datos a un portátil cercano que interpreta la información en un lenguaje fácil de

entender, los datos incluyen, por ejemplo, la fuerza del nadador, la cantidad de tiempo que permanecen en el aire durante la inmersión, el ángulo de su cuerpo al entrar en el agua y al nadar y la cantidad de tiempo que están en contacto con la pared de la piscina durante un giro<sup>3</sup>.

Otro de los dispositivos encontrados fue un contador de vueltas que se encuentra pegado a la pared dentro de la piscina, este tiene la función de contar las piscinas que el nadador ha realizado y además lleva un cronometro que le permite tomar el tiempo que demora en realizar el recorrido completo, la desventaja es que este dispositivo hay que presionarlo a la hora de dar inicio y fin al cronometro para que capte el tiempo correcto y esto no es ideal a la hora de realizar un entrenamiento de tipo profesional<sup>4</sup>.

## **4.2 MARCO TEORICO**

Este sistema contará con varios subsistemas, dentro de ellos estará el sistema electrónico, que es diseñado con una serie de LEDs que se ubicaran en los carriles de la pileta, ésta indicará un ritmo de velocidad en que el nadador debe ir y que varía de acuerdo al metraje que se nadará y también a la exigencia que el entrenador requiera para una marca de tiempo específica.

### **4.2.1 Luces LEDs**

El dispositivo guía está conformado principalmente por un tipo especial de diodo llamado LED, que al ser atravesado por la corriente eléctrica emite un haz de luz que será percibido por el nadador al momento de realizar su entrenamiento, la ventaja de utilizar estos tipos de luces es que se pueden alimentar con voltajes de bajo consumo alrededor de 9 voltios y su tamaño es tan pequeño que se acomoda

---

<sup>3</sup> Kraft Amy, SmartPlanet, Electronic coach helps swimmers in the water. Disponible desde: <http://www.smartplanet.com/blog/smart-takes/electronic-coach-helps-swimmers-in-the-water/27473>

<sup>4</sup> Trivillage, Swimming Training Electronics, Swimming laps counter, Finis lap track. Disponible desde: <http://www.trivillage.com/fineqp1210.html>



fácilmente a lugares donde algún otro ente emisor de luz no tiene la facilidad de encajar, además de tener alta iluminación, estos son ideales para el diseño del sistema que se implementa. Los diodos de este tipo tienen diferentes estructuras físicas, para el proyecto se utiliza un LED con una estructura en forma de punto que mide alrededor de 1 cm de diámetro además de sus dos conexiones, tiene en el centro de ese punto el ente iluminador que tiene la capacidad de emitir luz que sea visible dentro del agua que es donde estará al momento de entrar en funcionamiento.

Figura 1. Composición de un LED

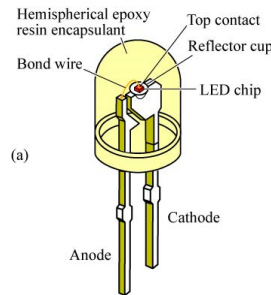


Figura tomada desde: <http://www.ecse.rpi.edu/~schubert/Light-Emitting-Diodes-dot-org/chap11/F11-01%20Epoxy%20dome.jpg>

#### 4.2.2 Microcontrolador PIC16F877A

Para controlar el encendido de estas luces, se utiliza un microcontrolador PIC 16F877A, el cual es un dispositivo electrónico que tiene todos los componentes necesarios para aplicaciones propias de una computadora aunque a una menor escala. Estos dispositivos poseen periféricos para entrada y salidas de datos, procesador, memoria, lo cual lo convierte en una de las herramientas electrónicas más utilizadas para control de procesos.

Este microcontrolador en particular cuenta con 40 pines en su estructura física, los cuales están distribuidos de la siguiente manera, existen dos pines de

alimentación positiva (11y 32) que estarán conectados a 5V DC proporcionados por una batería y a su vez dos pines de alimentación negativa (12 y 31) que se conectan a parte negativa de la fuente de alimentación, también posee un pin de Reset general (1) que sirve para reiniciar el programa que este contenga cuando se requiera, además se usan dos pines de entrada para el oscilador externo el cual es el encargado de determinar la velocidad de procesamiento del dispositivo microcontrolador, este dispositivo es capaz de trabajar con velocidades de hasta 20MHz lo que haría de su procesamiento un sistema veloz, para el proyecto se utiliza un oscilador de 4MHz ya que con este es suficiente cubrir las necesidades de procesamiento previstas para el sistema.

A su vez contiene una memoria flash de 8K y una EEPROM de 256 bytes que son de mucha ayuda a la hora de guardar datos necesarios para la ejecución de los programas implementados en el microcontrolador. Por otra parte cuenta con 5 puertos de entradas y salidas (A, B, C, D, E), entre estos suman 32 pines con los cuales se puede trabajar para satisfacer las necesidades de programación requeridas por el usuario, tiene como forma de comunicación serial los protocolos MSSP y USART que sirven a la hora de enviar datos externamente a dispositivos con estos protocolos.

Además de esto cuenta con entradas de datos análogas que sirven para el uso de este tipo de señales cuando el usuario lo necesite y entradas y salidas de datos digitales para tratar señales de este tipo que son las que se usan en el proyecto desarrollado<sup>5</sup>. A continuación se muestra la imagen del microcontrolador con cada uno de sus pines.

Figura 2. Composición de un microcontrolador PIC16877A

---

<sup>5</sup>Microchip. Datasheet microcontrollers. PIC16F877A. Disponible desde: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>

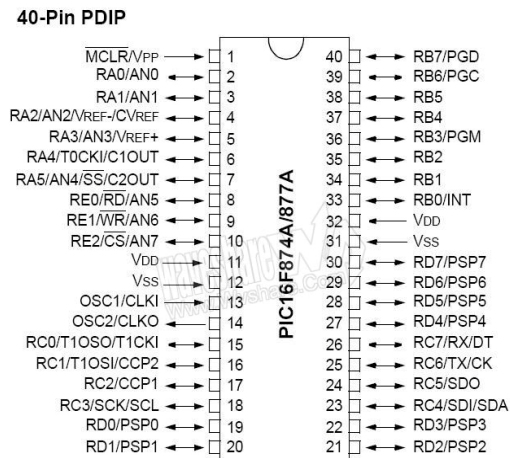


Figura tomada desde: [http://www.wvshare.com/img/pinout/PIC16F877A\\_1.jpg](http://www.wvshare.com/img/pinout/PIC16F877A_1.jpg)

### 4.2.3 Compilador PCW

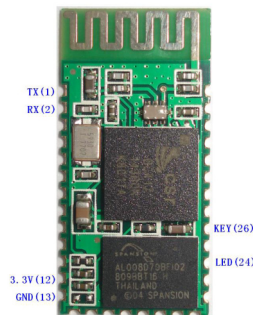
Para crear la programación que lleva el microcontrolador se utiliza PCW, este es un compilador que puede programar al PIC 16F877A, además, es distribuido gratis para su manejo en la creación y edición de proyectos para ser cargados en el microcontrolador.

Se usa el compilador PCW que trabaja de forma secuencial para la generación del archivo que posteriormente se grabara en el microcontrolador. Primero, en este se genera un nuevo proyecto, que se crea para definir lo que el usuario desea desarrollar, luego, se programa por medio de un lenguaje C que inmediatamente el mismo compilador lo traduce al lenguaje máquina que maneja los propios PIC's de la familia 16F que es con el cual estamos trabajando para finalmente detectar y depurar los errores para compilar toda la programación que irá hacia el microcontrolador.

### 4.2.4 Modulo Bluetooth HC-06

Se usa un módulo que se caracteriza por servir de enlace en la comunicación por medios Bluetooth; éste se alimenta con bajos voltajes desde 3.1 – 4.2 V y la corriente es de 30 a 40 mA, la corriente de comunicación de 8 mA. Posee una antena interna que genera 2.4 GHz de frecuencia radial, sus dimensiones son 27mm x13mm x2mm, además el protocolo USB es Full Speed 1.1 y compila con 2.0; puede trabajar entre un rango de temperaturas de -20 a 55 Celsius<sup>6</sup>. Tiene dos pines de comunicación para la entrada y salida de datos que permite enlazarse con el microcontrolador por medio de la comunicación RS232, el cual no es impedimento a la hora se usarse en una prueba de entrenamientos. Es de rápida conexión pero delicado a los golpes; cualquier dispositivo móvil con bluetooth puede reconocer el módulo, pero para poder ingresar al sistema se necesitará de una aplicación que se descarga para su ejecución en dicho dispositivo, mientras tanto no será posible su uso.

Figura 3. Módulo bluetooth HC-06 serial RS232



Figurada tomada desde: <http://www.exp-tech.de/service/datasheet/HC-Serial-Bluetooth-Products.pdf>

#### 4.2.5 Circuito General

<sup>6</sup> HC Serial Bluetooth Products. User Instructional Manual. Information of Package. Disponible desde: <http://www.exp-tech.de/service/datasheet/HC-Serial-Bluetooth-Products.pdf>

Para la conexión del sistema de control, el módulo de comunicación y el carril de LEDs, se es necesario un circuito que conecte todas estas partes del sistema y las enlace de manera correcta para ver en funcionamiento el producto desarrollado. Este circuito cuenta con una fuente de voltaje de 9 V que se encarga de dar energía a todo el circuito en general, esta batería que se usa cuenta con un regulador de voltaje 7805 que tiene como función regular el valor del voltaje que va hacia el PIC que debe ser máximo 5 V y a los LEDs que para su funcionamiento correcto necesitan de 9 V, también cuenta con resistencias de 330 ohm en cada una de las salidas del PIC que van a los LEDs, que son las encargadas de regular el paso de la corriente, además de transistores 2N2222A que complementan la función descrita y protegen a lo LEDs de cualquier anomalía en el funcionamiento de la alimentación.

Figura 4. Prueba del sistema en marcha en Proteus 8

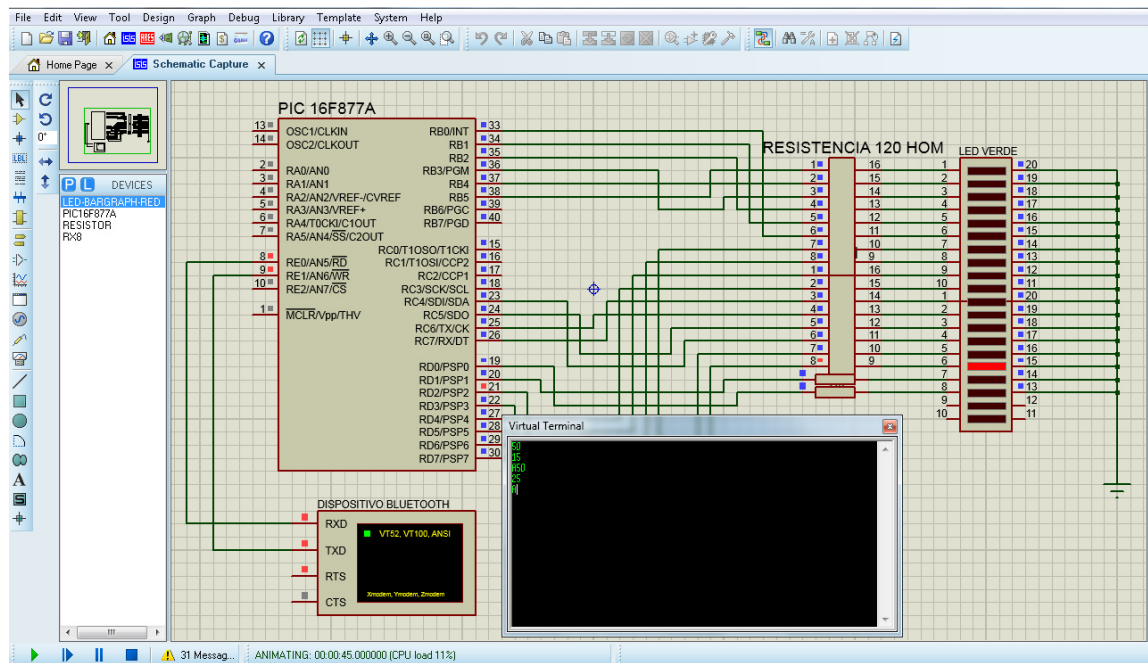


Figura creada por los autores

#### 4.2.6 Aplicación APPINVENTOR

Todo el sistema está manipulado desde un dispositivo con tecnología Android y una aplicación que se puede desarrollar en este tipo de aparatos llamada ApplInventor, por medio de la cual se establece la comunicación entre el móvil y el módulo Bluetooth.

El sistema trabaja con un software llamado ApplInventor, este es una aplicación libre para celulares o algún otro dispositivo con tecnología Android desarrollada por un grupo de personas del MIT<sup>7</sup>, que tiene como función la creación de aplicaciones que puedan implementarse en aparatos de este tipo, ya sean celulares, tabletas o cualquier otro elemento con esta tecnología.

ApplInventor trabaja por medio de tres entornos para la programación y ejecución de dicha aplicación dos de estos se desarrollan desde un ordenador y son los encargados de la programación de la aplicación y uno más desde el móvil en el cual se ejecuta, uno de los entornos que se maneja en la computadora es el llamado *Diseñador*, este crea y modifica las variables de uso y es donde se ubican elementos de diseño tales como, *cajas de texto, botones, imágenes* entre otros para definir la estructura visual que tendrá la aplicación en la pantalla del celular. El otro entorno por el que se maneja esta aplicación es el llamado *Editor de bloques*, también desarrollado desde la computadora y es el que se encarga de la programación propia de cada uno de los elementos agregados en el entorno Diseñador.

En el primer entorno se tiene en cuenta que la cantidad de elementos que se selecciona no tiene un límite que este supeditado al tamaño de pantalla del dispositivo que se está usando, además hay algunos elementos que se seleccionan y no aparecen en pantalla físicamente tales como Bluetooth o Cronometro ya que estos los toma el programa internamente y los ejecuta dependiendo de la programación que se le dé en el Editor de bloques. Del segundo entorno se puede agregar que este maneja una forma de programación

---

<sup>7</sup> MIT Center for Mobile Learning. Support. What is ApplInventor. Disponible desde: <http://appinventor.mit.edu/explore/content/what-app-inventor.html>

muy sencilla para el usuario, este cuenta con la programación en forma del famoso juego *TETRIS*, en el cual las piezas de este deben ir encajando de manera correcta para poder ganar más puntos, en el caso del editor de bloques las piezas encajan de manera correcta cuando se unen piezas de un elemento y se le da una orden que cumplir, para que el usuario analice si esa opción es posible o no, solo basta con observar si los cajones que contienen las funciones que se escogen, encajan de manera correcta uno con otro. Lo destacable de esto es que cada cajón tiene en su estructura física el nombre de la acción que cumple seguida de un punto y el nombre del elemento al que se le aplica esta acción, con esto se asegura el usuario qué función está dando y a que elemento se la está asignando con solo mirarlos. Este entorno también es agradable a la vista del usuario ya que posee en cada uno de sus cajones distintos colores que hace un poco más atractiva la programación.

Figura 5. Entorno de diseñador en ApplInventor

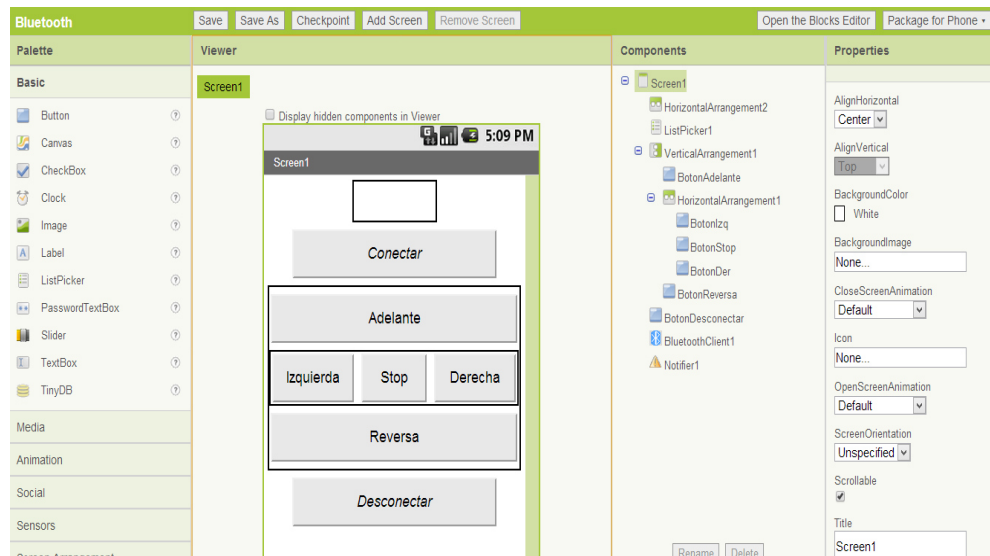


Figura creada por los autores

Figura 6. Entorno de editor de bloques en ApplInventor

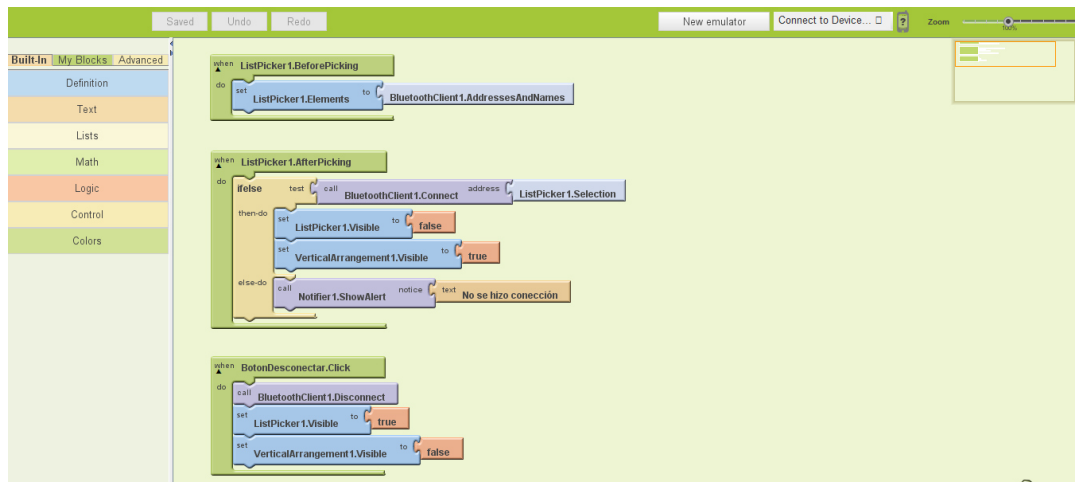


Figura creada por los autores

Ya cuando se han ubicado y programado los elementos seleccionados por el usuario, en la computadora, AppInventor te permite verificar si la aplicación creada se ejecuta de manera correcta o tiene alguna falla por medio de un emulador virtual de Android o directamente en un teléfono móvil.

El emulador es una herramienta virtual que proporciona la misma aplicación en donde se enlaza el programa desarrollado y se confirma si la aplicación construida está cumpliendo con los objetivos propuestos por el usuario, cabe aclarar que estas simulaciones se dan con algunas limitaciones dependiendo de la complejidad de la aplicación desarrollada. En el teléfono físicamente se tienen que realizar algunos ajustes previos sencillos que se pueden ver en la página virtual de la aplicación para que el celular se enlace y esta se ejecute de manera correcta, luego se debe conectar el móvil directamente a la computadora o por medio de WiFi para poder ver la aplicación creada desarrollándose en el dispositivo seleccionado.



### 4.3 MARCO CONCEPTUAL

Dado que nuestro proyecto se basa en el ámbito departamental, tomaremos como referencia los planes de entrenamiento del seleccionador departamental de natación y miembro del comité de entrenadores nacionales Eduardo Movilla V.

Por lo mencionado anteriormente y teniendo en cuenta que el objetivo es clasificar nadadores a Juegos Olímpicos se trabaja con un macro ciclo de 4 años para llegar a las próximas justas, este macro ciclo debe constar de un plan definido año por año y este se da de la siguiente manera:

Se trabajará con máximos dentro de los meses de marzo – mayo, y septiembre – noviembre para mejorar las capacidades del nadador y dejar los mínimos para los meses restantes ya que en estas épocas son cuando se realizan los campeonatos nacionales (junio y diciembre) clasificatorios a competiciones internacionales que avalan la participación a Juegos Olímpicos.

Dentro de los micros ciclos, se establecen las rutinas de entrenamiento a seguir en estas épocas dando así dentro de un año una curva que representa las épocas de entrenamientos exigentes, de exigencia media y de poca exigencia. Para saber esas rutinas el entrenador nos proporciona solo las capacidades aeróbicas o anaeróbicas a desarrollar dentro de los micros ciclos.

Exigencia Máxima: Resistencia Lactácida (resistencia dentro del 95 y 100 % del tiempo de competencia con largo descanso), Tolerancia (resistencia dentro del 90 y 95 % del tiempo de competencia con poco descanso), Máximo Consumo (resistencia dentro del 90 y 95 % del tiempo de competencia con descanso moderado), Chequeos (prueba del tiempo de competencia).

Exigencia Media: R1 (resistencia dentro del 70 y 80 % del tiempo de competencia con descanso moderado), R2 (resistencia dentro del 80 y 90 % del tiempo de competencia con descanso moderado).

Exigencia Mínima: R1 (resistencia de 70 y 80 % del tiempo de competencia con descanso moderado), Fondo (trabajos de gran distancia y seguidos).

Dentro de los distintos planes de entrenamientos que manejan los diferentes entrenadores en la natación, hay un común denominador en todos estos y es la utilización de implementos y técnicas que ayudan al mejoramiento de las capacidades de los deportistas, sabiendo que dependiendo del territorio donde se practique el deporte estos implementos o técnicas tendrán leves o severas modificaciones para adaptarlo al entorno en donde se va a utilizar. Algunos de estos implementos o técnicas son:

- Tabla
- Aletas y Paletas
- Pull-boys
- Careta
- Sesiones de Gimnasia
- Sesiones Acuáticas (Individuales)
- Sesiones Psicológicas (Individuales o grupales)

La tabla sirve para mantener los brazos en posición extendida alrededor de la cabeza al momento de estos encontrarse sin movimiento, se utiliza en ejercicios de piernas para fortalecerlas y no permitir el hundimiento de los brazos, aunque en otras ocasiones se utiliza en inmersión para fortalecer los brazos y mantener una guía al estar bajo el agua. Su uso puede darse en cualquier parte de las exigencias anteriormente descritas.

Figura 7. Tabla de natación

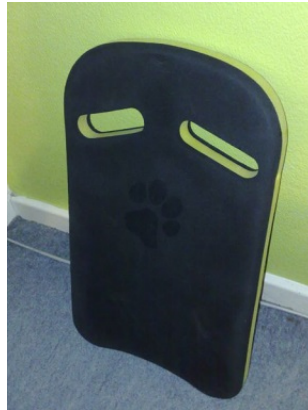


Figura tomada desde:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Swimming\\_kick\\_board.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Swimming_kick_board.jpg)

Las aletas complementan el uso de la tabla, estas se colocan en los pies del nadador para ejecutar los movimientos de las piernas y fortalecerlas, las paletas por su parte se usan en las manos y cumplen la función de fortalecer los hombros y corregir la técnica de nado. Su uso puede darse en cualquier parte de las exigencias anteriormente descritas.

Figura 8. Aletas y paletas de natación



Figura tomada desde:

<http://www.todonatacion.com/material/material.php?pasado=palas-manoplas>

Este elemento cumple la función inversa a la tabla, se usa para mantener en flotación las piernas mientras estas no se encuentren en movimiento y complementan la función de las paletas. Su uso puede darse en cualquier parte de las exigencias anteriormente descritas.

Figura 9. Pull-boys de natación



Figura tomada desde: <http://www.mybestchallenge.com/blog/material-para-el-perfeccionamiento-de-la-natacion-ii-el-pull-boy/>

La careta tiene como función principal la ayuda a la técnica de respiración del nadador, se utiliza para que este no tenga la necesidad de girar la cabeza dentro del agua para tomar aire y así ejecutar de mejor manera la técnica de nado. Su uso puede darse en cualquier parte de las exigencias anteriormente descritas.

Figura 10. Careta de natación profesional



Figura tomada desde: <http://www.linio.com.co/Set-de-Careta-y-Snorkel-para-Adultos-Intex-80360.html>

Cada uno de estos ítems se implementa en los entrenamientos de los nadadores de la manera que cada instructor requiera y crea conveniente dentro de su equipo de trabajo.

Para determinar un plan de entrenamiento se debe tener en cuenta primero que todo el tiempo que hay para dedicarle a la preparación del nadador y para que se esté preparando, así se podrá definir un macro ciclo de entreno que conste de curvas de máximas y mínimas exigencias de la capacidad aeróbica y anaeróbica del nadador y además se establecen los micro ciclos de cómo se aplicará esa exigencia en el diario vivir, o sea cada entrenamiento.

Por ejemplo según la experiencia del entrenador Eduardo Movilla, para un nadador de la costa que se prepara con miras a Juegos Nacionales de Colombia, sabiendo que las justas se disputaran en la ciudad de Cali, a finales de Junio, un entrenamiento que se ha desarrollado desde principio de año constaría de lo siguiente:

Macro ciclo comprendido entre enero y junio con 3 micro ciclos dentro de este, que se desarrollarían de la siguiente manera. De enero a mediados de marzo exigencia mínima con chequeos temporales cada mes. De marzo a mayo exigencia media y máxima representadas en entrenamientos todos los días de 2 horas con variantes de Gimnasia, Psicología y Agua. De Mayo a Junio se intensifica el trabajo hasta unas dos semanas antes de las competencias clasificatorias a finales de Junio. Lo cual se identifica por medio de largos periodos de exigencia media combinados con periodos cortos de exigencia máxima hasta la fecha anteriormente descrita.

Cabe aclarar que un tipo de sistema como el que se va a implementar en la costa no se ha implementado en ninguna región de Colombia anteriormente. Pero si se ha sabido de proyectos similares a nivel mundial que trabajan para que la tecnología ayude en el progreso de los deportistas en esta disciplina.

Por dicha razón se implementará un sistema mecatrónico que contribuya al mejoramiento de entrenamientos y capacidades del nadador para fortalecer las técnicas de nado.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño de este sistema tiene como base varios subsistemas que al final se integran entre sí para conformar la herramienta que se presenta como proyecto, además de tener una fase previa de investigación en la cual se consultaron varios entrenadores del deporte para determinar la estandarización del producto a realizar. A continuación se muestra un esquema del sistema diseñado en general y cada uno de sus subsistemas:

Figura 11. Esquema del sistema en general

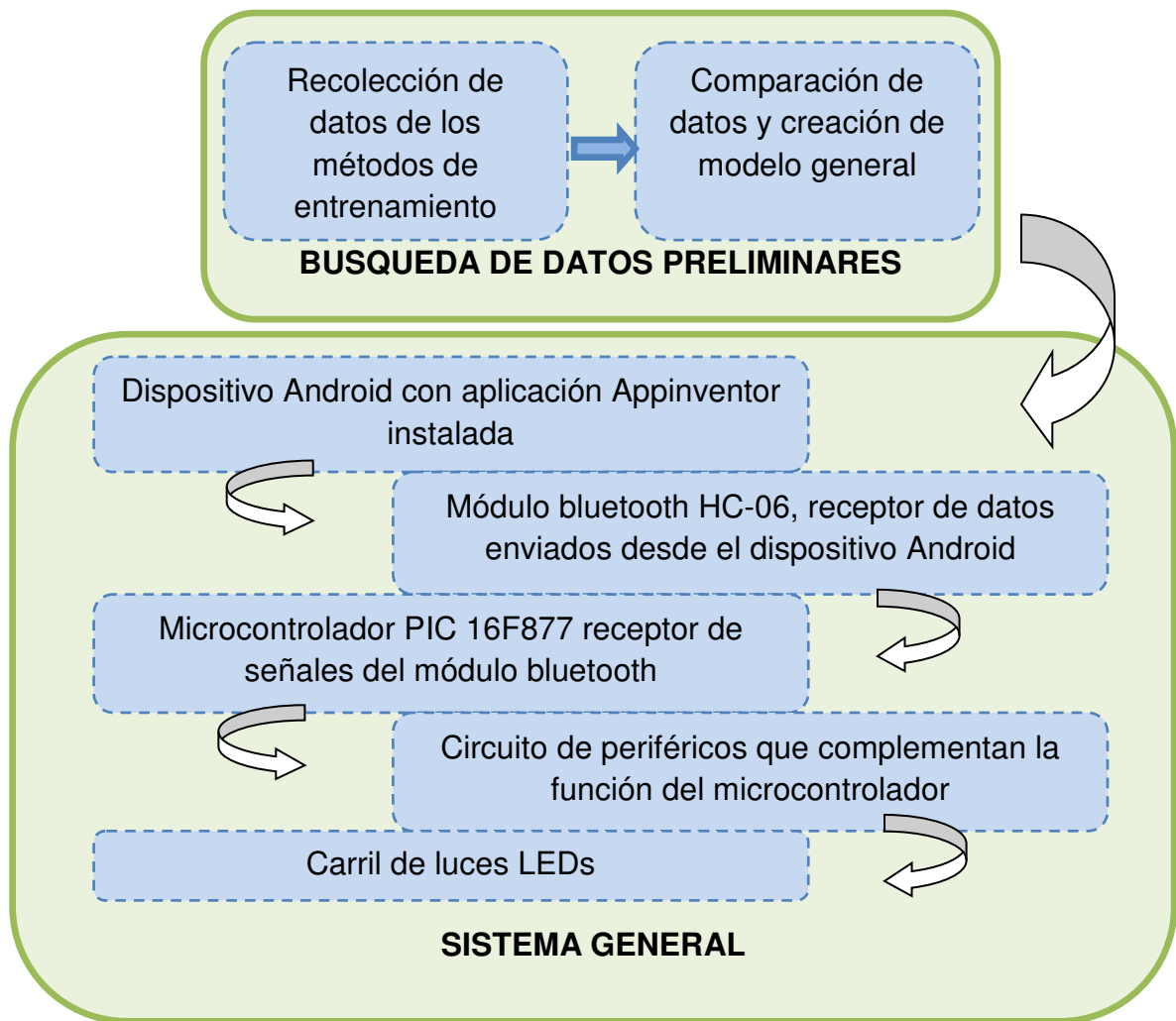


Figura creada por los autores

Luego de conocer la estructura que representa las diferentes fases del producto, a continuación se especifican cada una de estas para mayor entendimiento de las mismas.

## **5.1 RECOLECCIÓN DE DATOS**

En esta fase se realizó la primera parte del estudio, donde se tomaron las opiniones de cada uno de los entrenadores sobre la problemática y además se recolectó la metodología de entrenamiento de cada uno de estos. “Debido a que cada entrenador posee una metodología única de entrenamiento”<sup>8</sup>, fue necesaria la adquisición de los datos de cada plan de entrenamiento para obtener una plataforma general. Con esto se obtuvo una estimación de cómo se entrena a nivel general en el departamento del atlántico.

Luego de obtener esta estimación, se realizó el mismo procedimiento con algunos de los equipos más importantes del interior del país. Debido a que no se tenía un acceso fácil a este medio, se tomaron estos datos por parte de documentaciones y experiencias suministradas por los entrenadores de los equipos con más experiencia de la región. Así se realizó un estimado sobre la forma general de entrenamiento como se llevó a cabo con los equipos del departamento.

## **5.2 COMPARACIÓN DE DATOS**

Una vez obtenidos los datos se inició la segunda fase del estudio, donde se definieron las diferentes variables con las que se dio relación a la problemática, con el objetivo de atacar los puntos más importantes de la manera más efectiva posible. Definidas estas, se procedió al estudio comparativo entre las formas generales de entrenamiento en el departamento y los equipos del interior, una vez

---

<sup>8</sup> MOVILLA, Eduardo. Entrenador Club La Academia de Natación. Barranquilla, Colombia. Observación inédita. 2012.



obtenidos los resultados, tomamos una metodología la cual engloba las pruebas que se realizan en torneos de competición internacional que se pueden encontrar en la FINA, para conformar una plataforma de entrenamiento mixta la cual es la base de nuestro sistema. En ella se incorporan las metodologías de los cuatro estilos de nado con sus respectivos metrajes los cuales varían en 50, 100 y 200 metros en cada uno de ellos y además, se suman 400, 800 y 1500 metros únicamente en el estilo libre.

### **5.3 APLICACIÓN PARA SISTEMAS ANDROID APPINVENTOR**

En la aplicación de AppInventor se decide desarrollar la interfaz gráfica la cual estará ejecutándose en los dispositivos móviles que permitan la descarga de la aplicación.

El proceso de configuración del sistema inicia realizando la conexión entre el móvil y el dispositivo bluetooth, cuando se establece la comunicación entre ambos, significa que el usuario puede dar inicio al sistema, lo cual se subdivide en varios pasos para realizar correctamente el plan de entrenamiento; lo primero que se debe escoger es el modelo de entrenamiento que desea realizar, seleccionando el metraje que desea recorrer el nadador, recordando que se generó el sistema basado en la recolección de datos y en las pruebas que se nadan en torneos internacionales, luego se necesita indicar el tiempo que recorrerá el deportista junto a la guía de entrenamiento la distancia establecida, dado lo anterior, se generan tres anotaciones informando si se desea **iniciar o parar** el recorrido o **reset** del sistema y volver a escoger los modelos de entrenamiento; si se elige **iniciar**, el programa mostrará un cronómetro que indica el tiempo en que el nadador realiza la prueba. En cada anotación de estas, está siempre a la vista del usuario el botón **desconectar** para detener el dispositivo dado el caso que ya no se desee seguir el entrenamiento señalado.

En la Figura 12 y 13 se aprecian los pasos a seguir para realizar e iniciar el entrenamiento deseado por el usuario.

Figura 12. Interfaz de usuario iniciar programa

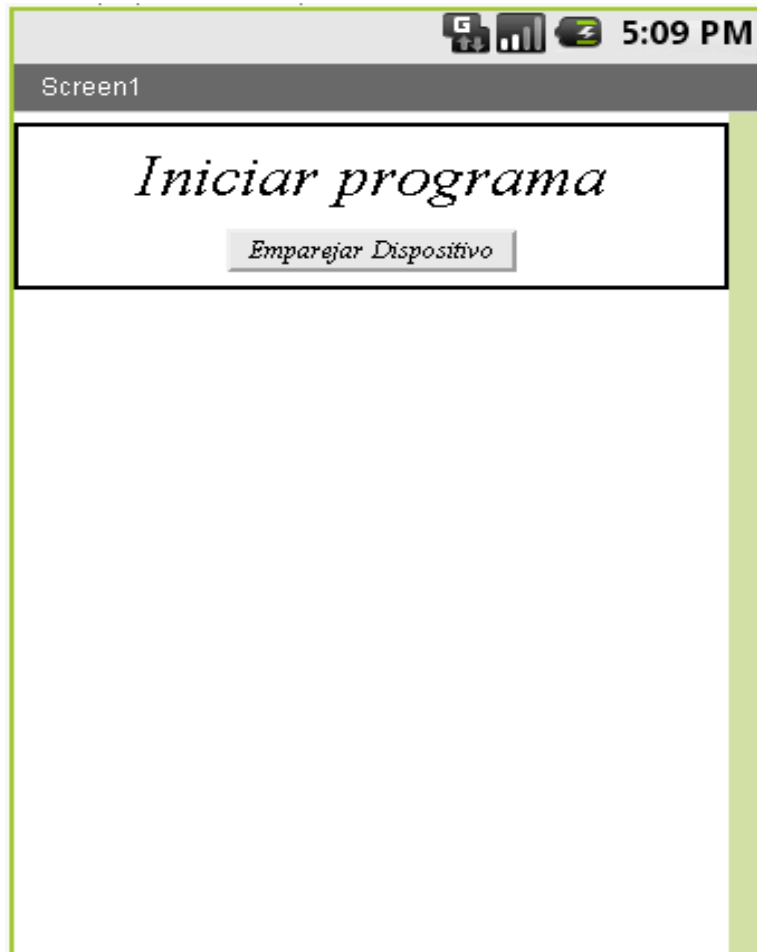


Figura creada por los autores

Figura 13. Interfaz de usuario seleccionar estilo e ingresar tiempo



Figura creada por los autores

#### 5.4 MODULO BLUETOOTH HC-06

Para la comunicación que se realiza entre el celular y el microcontrolador se utiliza un módulo bluetooth, capaz de conectarse con teléfonos móviles o cualquier dispositivo con esta tecnología, y además, enviar señales hacia un microcontrolador el cual se acopla directamente por medio de cables, el cual transmite y recibe datos por medio del protocolo RS-232, asimismo, es el encargado de enlazar la comunicación entre la aplicación del dispositivo móvil y la guía de entrenamiento que se encuentra en el agua.

## 5.5 CONTROLADOR DEL SISTEMA

El control del dispositivo guía esta implementado en un microcontrolador PIC16F877A, este elemento es el encargado de recibir las señales provenientes del módulo Bluetooth y dirigirlas de la manera correcta hacia el carril de LEDs. La programación implementada en el microcontrolador al momento de recibir la señal de módulo es la que determina por cuál de los 18 pines de los puertos seleccionados se debe activar la señal de salida para que enciendan las luces del carril de manera secuencial y a la velocidad indicada por el usuario desde la aplicación.

Para realizar la programación del microcontrolador PIC 16F877A quien controla el dispositivo guía, se decide utilizar el lenguaje de programación C, el cual es llevado a código ensamblador mediante el compilador PCW de la casa CCS Inc. la ventaja de usar este compilador es que se está trabajando con lenguajes de alto nivel que son fácil de interpretar y no ocupan tanta memoria en el PIC.

El programa de control de la guía de entrenamiento se desarrolla en este compilador utilizando el lenguaje C, gracias al estudio de este lenguaje, se es sencillo realizar el programa, además, no genera demasiado código lo cual es una ventaja a la hora del ahorro de la memoria y simplicidad del programa.

Éste lo integraremos en un entorno de desarrollo integrado (IDE) que nos permite desarrollar todas y cada una de las fases en que se compone el sistema, pasando desde la edición hasta la compilación y detección de errores para su depuración. La última fase, a excepción de la depuración y retoques hardware finales, será programar el PIC 16F877A.

## 5.6 DISPOSITIVO GUÍA

Para el desarrollo de esta fase del sistema se utilizan varias series de LEDs, cada una de estas series cuenta con tres luces LEDs ubicadas en forma de estrella dentro de un tubo plástico, entre cada serie hay una distancia específica de 50 cm hasta completar de extremo a extremo los 10 metros de la piscina, todas estas luces y sus conexiones están recubiertas por un tubo plástico de un diámetro y grosor vasto que las aísla del agua, este tubo lleva en su interior las 18 series de LEDs y sus parejas de cables conectores por donde se reciben las señales del dispositivo microcontrolador.

Este dispositivo guía reemplaza los carriles actuales que separan las vías por las cuales transitan los nadadores dentro de la piscina, para que estos al momento de sacar el rostro para respirar tengan en cuenta el lugar por el que la luz ira recorriendo la carrilera.

Figura 14. Carril de LEDs



Figura creada por los autores

## 6. RESULTADOS

En esta fase se muestra el sistema de entrenamiento como tal, para este caso dividimos el diseño en dos etapas, hardware y software, con las cuales se desarrolló el sistema en su totalidad.

*Etapa de hardware:* El diseño preliminar de la parte de hardware de nuestro sistema está basado en los carriles tradicionales divisores de las piletas profesionales. En nuestro sistema diseñado, cada eslabón del carril está compuesto por una serie de tres LEDs en forma de estrella, esto para evitar que al rodar el carril sobre su eje la luz no deje de incidir de forma directa sobre el nadador.

Esta serie de luces va enlazada a los carriles que separan las vías por las cuales transitan los nadadores dentro de la piscina, para que estos al momento de sacar el rostro para respirar tengan en cuenta el lugar por el que la luz ira recorriendo la carrilera.

Figura 15. Carril de separación tradicional



Figura tomada desde: <http://spanish.alibaba.com/product-gs-img/the-olympic-standard-swimming-pool-lane-11cm-swimming-pool-lane-line-489360755.html>

Dicha serie de luces está recubierta con silicona para hacerla impermeable y así evitar el deterioro de las mismas, estos anillos de luces se encenderán progresiva y secuencialmente según el tiempo que se quiera cumplir por el nadador y digitado por el entrenador, es decir, dependiendo de la orden dada desde la aplicación, un tiempo de recorrido se envía al carril de LEDs para atravesar la pileta y uno a uno estos eslabones se encenderán siguiendo el tiempo estipulado, esto ha sido basado en los sistemas de cronometraje de las competencias retransmitidas en televisión, en donde una línea muestra el estado del record impuesto con respecto al nadador, entre más lejos o cerca este de la línea, más cerca o lejos esta del record impuesto anteriormente, siguiendo esa idea, se diseñó el carril que se coloca dentro de la piscina con el objetivo de llevar una línea guía como referencia para el nadador cuando este se encuentre en sus prácticas.

Para la puesta en marcha del sistema, finalmente se acude a las instalaciones de La Academia de Natación Eduardo Movilla, quien fue nuestro guía y asesor para los sistemas de entrenamientos actuales que se necesitaron para la realización exitosa de dicho proyecto. Esta piscina cuenta con 10 m de distancia a lo largo por 6 m de ancho, en esta se entrenan varios de los nadadores de la Selección Atlántico aspirantes a ser Selección Colombia de Natación y por ello la idea de implementar este sistema en dicho lugar.

Figura 16. Piscina en la cual se implementa el sistema diseñado



Figura tomada desde: <http://academiaeduardomovilla.com/multimedia.html>

El circuito de control del dispositivo de guía conformado por el módulo Bluetooth y el microcontrolador se encuentra protegido contra el agua dentro de una caja de material impermeable y desde allí este recibe los datos enviados desde el control de mando (celular o cualquier otro aparato con sistema Android), por lo cual dicho elemento contenedor lleva en su interior todos los periféricos necesarios para la recepción de los mismos tales como batería de 9V, microcontrolador PIC 16F877A, cristal de cuarzo de 4MHz, capacitores cerámicos de 20uF, resistencias de 120 ohmios, transistores 2N2222A y diodo LED, el encendido de los eslabones está basado en los circuitos electrónicos de secuencias de luz los cuales encienden a medida que se les envía un impulso de energía a cada una de las series de LEDs que componen este tipo de circuitos.



Figura 17. Esquema del circuito utilizado

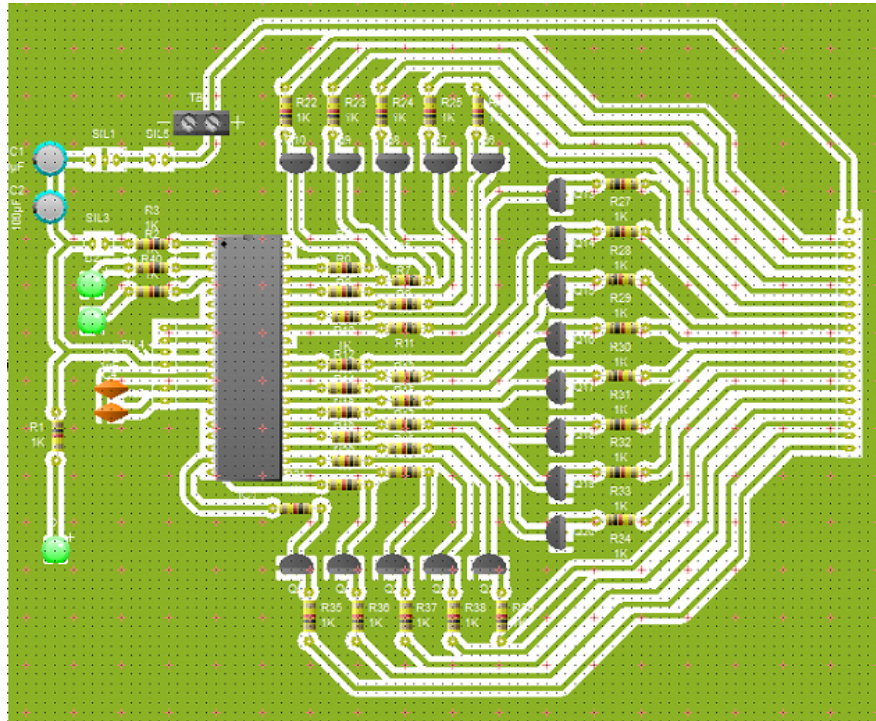


Figura creada por los autores

*Etapas de software:* El control del sistema se lleva a cabo a través de la aplicación diseñada en App Inventor y la programación diseñada para el microcontrolador, en el caso de la aplicación, esta cuenta con una pantalla programada en la que se debe digitar datos como la distancia que desea recorrer el nadador en metros y el tiempo que debe tardar el nadador en recorrer esa distancia suministrada por el entrenador, para luego ser enviadas a través del módulo bluetooth al microcontrolador que da inicio a la guía de luces cumpliendo con los parámetros anteriormente mencionados.

La decisión de utilizar este dispositivo nace de la facilidad a la hora de enlazar este con cualquier otro dispositivo y su fácil programación en el entorno PCW lo cual lo hace simulando una comunicación serial y esto facilita enormemente el

trabajo de programación en el lenguaje utilizado ya que dicho lenguaje cuenta con librerías que preestablecen el uso de comunicación serial.

Se muestra el diagrama de flujo que detalla de manera general el software del sistema:

Figura 18. Diagrama de flujo del sistema en general

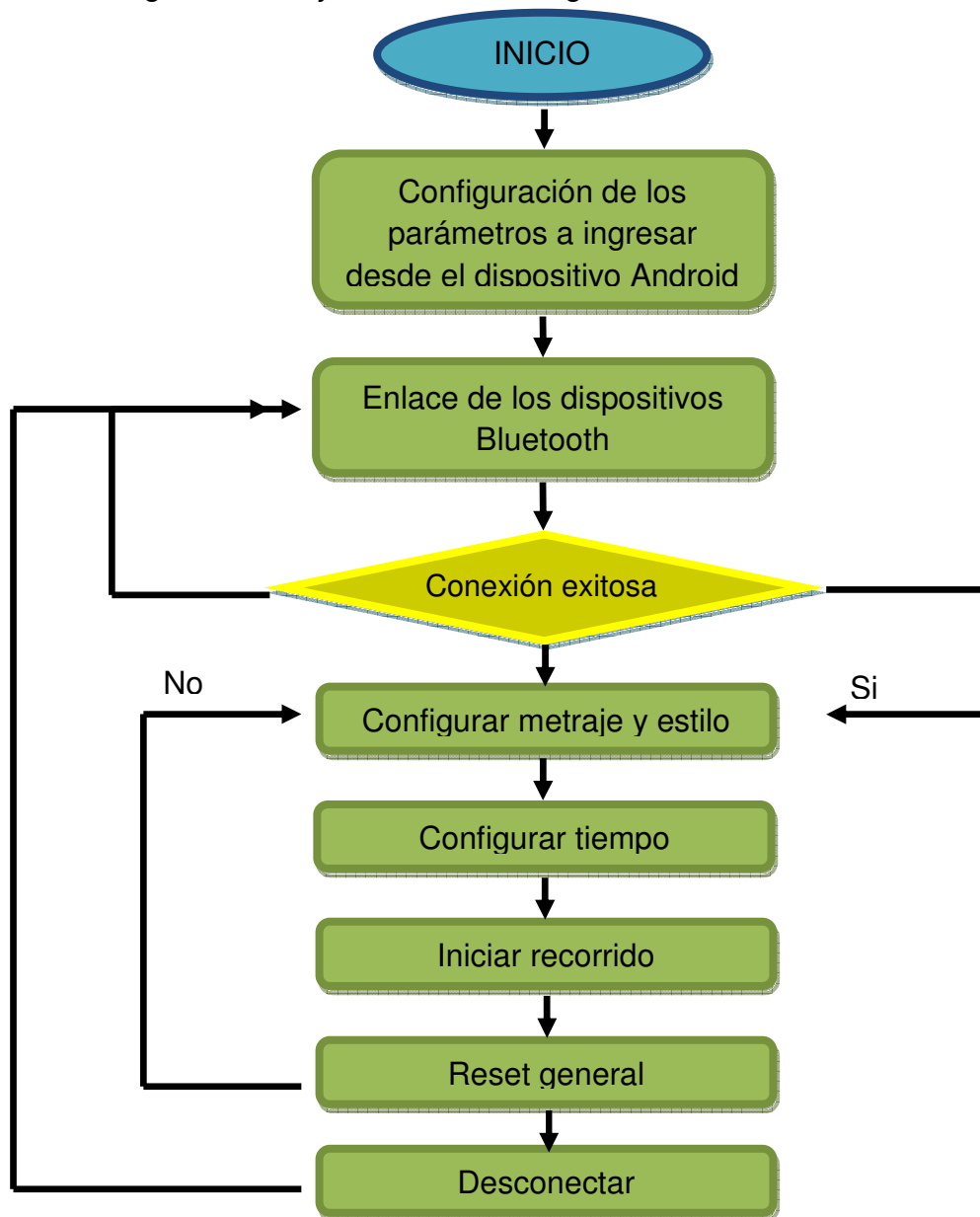


Figura creada por los autores

Figura 19. Editor de bloques del sistema en general

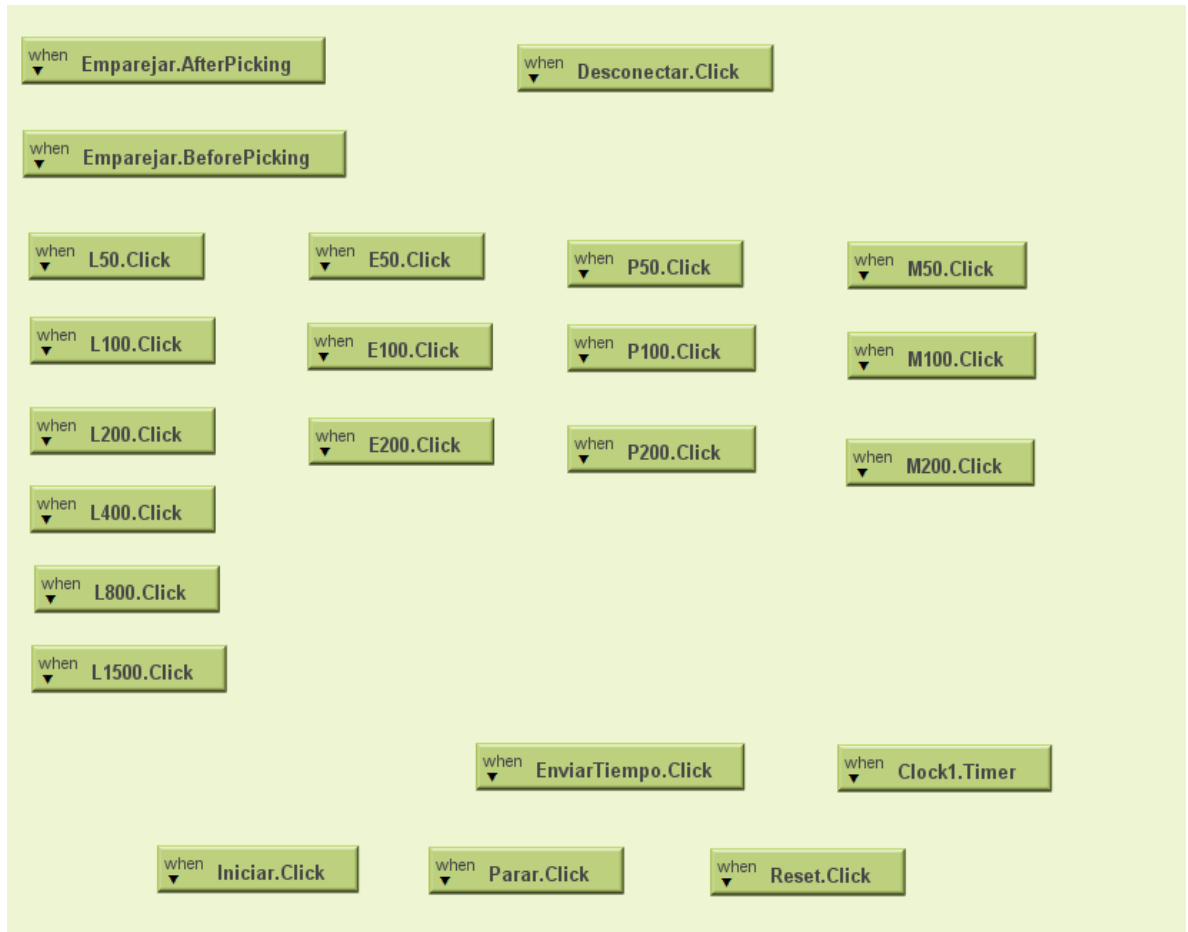
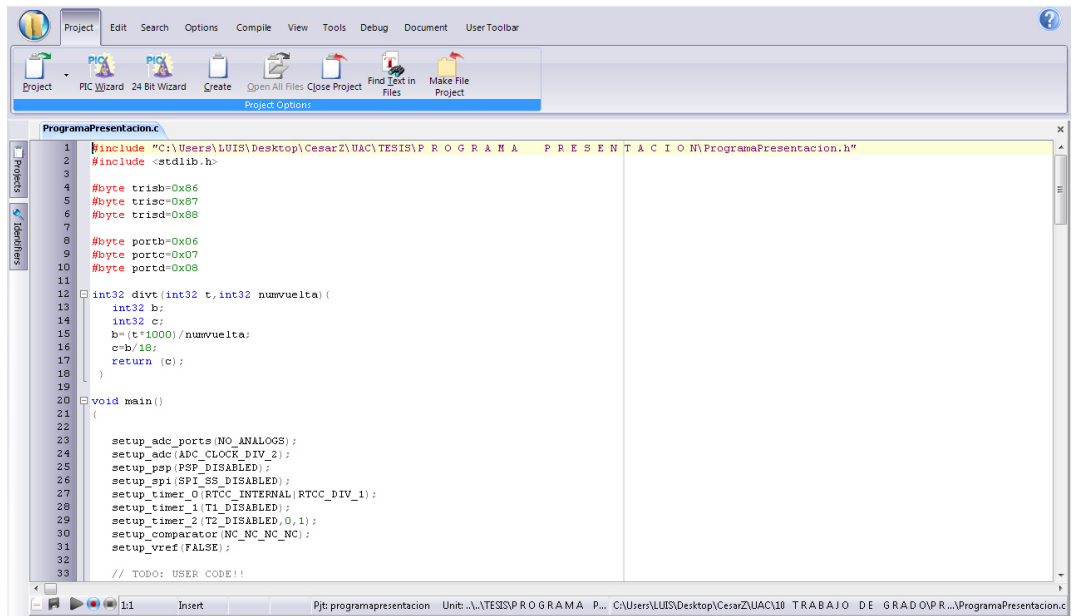


Figura creada por los autores

Cada una de estas cajas que se visualizan en la figura anterior, contiene una programación única que indica la acción a realizarse por parte del elemento nombrado con el texto que aparece identificando la caja, es decir cada elemento de la figura contiene en su interior directrices que determinan el accionar de los botones con los que el usuario interactúa finalmente en el dispositivo Android.

Figura 20. Código del programa en PCW



```
1 #include "C:\Users\LUIS\Desktop\CesarZUAC\TESIS\PROGRAMA PRESENTACION\ProgramaPresentacion.h"
2 #include <stdlib.h>
3
4 #byte trisb=0x86
5 #byte trisc=0x87
6 #byte trisd=0x88
7
8 #byte portb=0x06
9 #byte portc=0x07
10 #byte portd=0x08
11
12 int32 divt(int32 t,int32 numvuelta) {
13     int32 b;
14     int32 c;
15     b=(t*1000)/numvuelta;
16     c=b/18;
17     return (c);
18 }
19
20 void main()
21 {
22
23     setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
24     setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);
25     setup_psp(PSP_DISABLED);
26     setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
27     setup_timer_0(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_1);
28     setup_timer_1(T1_DISABLED,0,1);
29     setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
30     setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
31     setup_vref(FALSE);
32
33     // TODO: USER CODE!!
```

Figura creada por los autores

## 7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 1. Cronograma de actividades

		Tiempo (meses)									
No.	Actividad	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
1	Búsqueda Bibliográfica										
2	Análisis de la población										
3	Toma de muestras										
4	Análisis y procesamiento de las muestras										
5	Diseño del circuito maestro										
6	Diseño de interfaz comunicativa										
7	Implementación del sistema										
8	Pruebas										
9	Corrección de errores										
10	Puesta en Marcha del Sistema Final										
11	Informe Final										

## 8. PRESUPUESTO

El costo total del proyecto fue asumido por parte de los estudiantes, los gastos que se estimaron en la elaboración del proyecto se muestran de la siguiente manera:

Tabla 2. Presupuesto

RUBROS	Entidad que financia		TOTAL
	Empresa	Estudiantes	
<b>1. Bibliografía</b>			
a) Fotocopias	-	X	\$ 50.000,00
b) Papelería	-	X	\$ 30.000,00
<b>2. Viajes</b>			
a) Pasajes	-	X	\$ 50.000,00
<b>3. Análisis y manejo de información</b>			
a) Asesoría Especializada	-	X	\$ 100.000,00
b) Documentos de interés	-	X	\$ 40.000,00
<b>4. Equipos</b>			
a) Computador	-	X	\$ 1.000.000,00
b) Smartphone	-	X	\$ 350.000,00
c) Cronometro	-	X	\$ 15.000,00
<b>5. Materiales</b>			
a) Dispositivo de comunicación inalámbrico	-	X	\$ 80.000,00
b) Equipos electrónicos	-	X	\$ 400.000,00
<b>TOTAL</b>			\$ 2.115.000,00

## 9. CONCLUSIONES

### **10. Diseñar e implementar un dispositivo de entrenamiento de natación basado en un sistema mecatrónico que permita mejorar el progreso competitivo de los nadadores, donde se controlen factores como el metraje, ritmo de nado y tiempos de recorrido, con base en el estudio de los diferentes métodos de entrenamiento del deporte.**

Se logró crear un sistema de entrenamiento para nadadores que permite controlar factores como el metraje a nadar, ritmo de nado y tiempos de recorrido. Se diseñó una herramienta guía para el nadador a partir de un arreglo de LEDs que se instala en la piscina de prueba, además, una aplicación de software usando la herramienta *App Inventor* por medio de la cual el usuario (entrenador) establece los parámetros de entrenamiento anteriormente mencionados, usando el protocolo de comunicación bluetooth se logra realizar la comunicación entre el dispositivo móvil Android y la tarjeta electrónica que controla el dispositivo guía. Finalmente, se consigue obtener el producto final deseado al enlazar cada subsistema creado y se implementa en una piscina de 10 m, sin embargo, el dispositivo guía puede ser ampliado de tal manera que se pueda trabajar en piscinas semiolímpicas y olímpicas cumpliendo así con las distancias que se manejan en competiciones oficiales.

Esta herramienta puede beneficiar a nadadores, de manera tal que se aprenda a regular el ritmo de nado y con ello nadar de manera más eficiente y con menor esfuerzo, logrando con esto más posibilidades de enfrentar una competición con mayor éxito.

Al desarrollar esta herramienta se adquirieron nuevos conocimientos en el área de comunicación inalámbrica y el uso de aplicaciones móviles, además de reforzar conocimientos en temas como programación de microcontroladores y diseño de sistemas de control electrónicos.

Para la Universidad Autónoma del Caribe, este proyecto puede ser una herramienta de mucha utilidad en la parte deportiva, ya que puede ser adaptado y utilizado en los deportistas pertenecientes al equipo de natación de la Universidad y así lograr mejores resultados con la utilización de este sistema.



## 11. RECOMENDACIONES

Asegurarse que el dispositivo se encuentre en buen estado antes de su uso.

Fijarse que no está quebrado el dispositivo guía a lo largo de sus bordes, de ser así, no ingresarlo a la piscina, éste podría producir paso de corriente y generar accidentes fatales.

No conectar el dispositivo guía hasta que se encuentre instalado dentro de la piscina.

No golpear ni dejar caer la caja de circuitos, contiene elementos delicados que pueden dañarse con golpes bruscos.

Asegurar que encienda el LED amarillo de la caja del circuito al conectar el sistema para confirmar que existe una buena conexión.

Al terminar el entrenamiento con el dispositivo guía, guardarlo en un ambiente seco.

## BIBLIOGRAFIA

Academia de Natación Eduardo Movilla V. Multimedia. Galería de fotos. [En línea]. Disponible: <http://academiaeduardomovilla.com/multimedia.html>

Alibaba.com®, los juegos olímpicos de la norma de la piscina de natación de carril, 11 cm piscina carril de línea. [En línea]. Disponible: <http://spanish.alibaba.com/product-gs-img/the-olympic-standard-swimming-pool-lane-11cm-swimming-pool-lane-line-489360755.html>

Ejercicios con aletas 2012. [En línea]. Disponible: <http://www.vitonica.com/natacion/el-uso-de-aletas-en-la-piscina-para-mejorar-la-tecnica>

Entrevista con Entrenador Eduardo Movilla, Club la Academia de Natación, Piscina Olímpica de Barranquilla, Septiembre 10, 2012. Planes de Entrenamiento, manuscritos.

Entrevista con Entrenador Eduardo Movilla, Club la Academia de Natación, Piscina Academia de Natación Eduardo Movilla, Septiembre 20, 2012. Entrenamiento personal

Entrevista con Entrenador Eduardo Movilla, Club la Academia de Natación, Piscina Olímpica de Barranquilla, Octubre 20, 2012. Metodología de entrenamiento

Federación Española de Natación, Natación Canal, Los tipos de entrenamiento. [En línea]. Disponible: <http://natacioncanal.blogspot.com/2007/08/iv-los-tipos-de-entrenamiento.html>

Kraft Amy, SmartPlanet, Electronic coach helps swimmers in the water. [En línea]. Disponible: <http://www.smartplanet.com/blog/smart-takes/electronic-coach-helps-swimmers-in-the-water/27473>

Lara Juan, Vitónica, El uso de aletas para la piscina para mejorar la técnica. Todo Natación, Entrenamientos, Artículos de natación. [En línea]. Disponible: [http://www.todonatacion.com/W\\_entrenamientos.php](http://www.todonatacion.com/W_entrenamientos.php)

MikroElektronika, Capitulo1, El mundo de los Microcontroladores, Introducción 2009. [En línea]. Disponible: <http://www.mikroe.com/chapters/view/14/chapter-1-world-of-microcontrollers/>

MIT Center for Mobile Learning. Support. Disponible desde:  
<http://appinventor.mit.edu/explore/content/what-app-inventor.html>

My best challenge. Material para el perfeccionamiento de la natación. Pull-boys. Disponible desde: <http://www.mybestchallenge.com/blog/material-para-el-perfeccionamiento-de-la-natacion-ii-el-pull-boy/>

Natación, Natación. [En línea]. Disponible desde: [http://www.todo-olimpiadas.com/Natacion\\_piscinas+complementos\\_de\\_piscina.html](http://www.todo-olimpiadas.com/Natacion_piscinas+complementos_de_piscina.html)

Natación, Entrenamientos de natación, Tablas y rutinas de musculación. [En línea]. Disponible: <http://www.entrenamientos-natacion.com>

Natación, Ejercicios de natación, Entrenamiento. [En línea]. Disponible: [http://www.inatacion.com/articulos/ejercicios/i\\_ejercicios.html](http://www.inatacion.com/articulos/ejercicios/i_ejercicios.html)

Organización FECNA, Torneos avalados del 2012. Juegos Nacionales. [En línea]. Disponible: <http://www.fecna.com/natacion/torneos/avalados-fecna-2/>

Organización FINA, Reglas generales de natación. SW1-13, SWAG. [En línea]. Disponible: [http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com\\_content&view=category&id=82:swimming-rules&Itemid=184&layout=default](http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com_content&view=category&id=82:swimming-rules&Itemid=184&layout=default)

Organización FINA, Manuales de otras disciplinas direccionadas por la federación. [En línea]. Disponible: [http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=331&Itemid=1216](http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=331&Itemid=1216)

Paletas de natación. Disponible desde:  
<http://www.todonatacion.com/material/material.php?pasado=palas-manoplas>

Peatom. El poder de las tecnologías en los récords de natación. [En línea]. Disponible: <http://www.peatom.info/deportes/120603/el-poder-de-la-tecnologias-en-los-records-de-natacion/>

Resistencia y deporte. Minialetas. Disponible desde:  
<http://www.deporteyresistencia.com/wp-content/uploads/2012/03/minialetas.jpg>

Schubert E.F. Cambridge Univ. Press, Chapter 11, Light Emitting Diode. [En línea]. Disponible: <http://www.ecse.rpi.edu/~schubert/Light-Emitting-Diodes-dot-org/chap11/chap11.htm>

Tabla de natación. Disponible desde:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Swimming\\_kick\\_board.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Swimming_kick_board.jpg)

Tamayo A. Acerca del taller, Matriz de Leds 2009. [En línea]. Disponible:

<http://galaxi0.wordpress.com/about/salidas-y-entradas-digitales/matriz-de-leds/>

Trivillage, Swimming Training Electronics, Swimming laps counter, Finis lap track.

[En línea]. Disponible: <http://www.trivillage.com/fineqp1210.html>

Wave Share. PIC16F877A. Datasheets. Disponible desde:

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>