

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
Y REDES DE COMUNICACIÓN



INFORME CIENTÍFICO

TEMA:

“SISTEMA DE MONITOREO DE RITMO CARDÍACO (S.M.R.C.)
PARA PERSONAS QUE REALIZAN EJERCICIO FÍSICO AERÓBICO”

AUTOR: EDISON MARCOS FLORES BOSMEDIANO

DIRECTOR: ING. DANIEL JARAMILLO

IBARRA – ECUADOR

DICIEMBRE 2015

“SISTEMA DE MONITOREO DE RITMO CARDÍACO (S.M.R.C.) PARA PERSONAS QUE REALIZAN EJERCICIO FÍSICO AERÓBICO”

Edison M. Flores.
em_floresb@hotmail.com
Universidad Técnica del Norte

Resumen— El presente trabajo consiste en el desarrollo de un sistema de monitoreo de ritmo cardíaco para las personas que realizan ejercicio físico aeróbico. Este proyecto beneficiará a la población que efectúa ejercicio físico, ya que mediante este sistema, ahora se podrá realizar dicha actividad de una manera controlada y lo más importante es que será muy fácil de interpretar para cualquier persona, tenga o no experiencia con el manejo de instrumentos para el control de su frecuencia cardíaca.

Índice de Términos — Ejercicio Físico, Frecuencia Cardíaca, Módulos.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el ejercicio físico adecuado es un factor fundamental para mantener, mejorar y conservar la salud, ya que ayuda a prevenir múltiples enfermedades. El ejercicio es una necesidad básica. El cuerpo humano está hecho para ser usado, y con la falta de ejercicio se renuncia a la oportunidad de mejorar o conservar la salud. Cuando el cuerpo no es ejercitado se vuelve flácido, lento y, en general, ineficaz. Sin embargo, al realizar ejercicio físico, la mayoría de personas piensa que mientras mayor sea el volumen e intensidad de trabajo, mejor serán sus resultados; siendo este concepto incorrecto.

Por tal motivo, se considera que para la realización de ejercicio físico aeróbico en cualquier deporte, se lo debe realizar de manera controlada y

planificada. Las personas que caminan, corren, trotan en los parques, por la ciudad o en sus caminadoras, lo hacen siempre queriendo obtener un beneficio para su salud; pero nunca pensando si lo están haciendo bien o mal.

Para controlar dicho problema, se utiliza instrumentos de verificación de nuestra frecuencia cardíaca como es el pulsómetro, no obstante casi nadie que hace ejercicio, a excepción de deportistas de alto rendimiento, lo utilizan. Las pocas personas que compran un pulsómetro, lo hacen con el afán de ver solo sus pulsaciones, pero eso no es suficiente a la hora de controlar una correcta práctica de ejercicio aeróbico.

El sistema de monitoreo de control cardíaco para personas que realizan ejercicio físico aeróbico, pretende dar al usuario deportista o no, la facilidad de obtener un correcto entrenamiento aeróbico y anaeróbico; con datos fiables, procedentes de estudios previos realizados por investigadores en la preparación física. Para esto el sistema presentará rangos de pulsaciones fiables, en cada zona de intensidad de entrenamiento, y haciendo fácil de usar para cualquier personas con la experiencia o sin ella de haber usado un pulsómetro convencional

II. MARCO TEÓRICO

A. Tecnología Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basado en el hardware y el software fácil de usar. Está dirigido a cualquier persona que hace proyectos interactivos. Arduino detecta el medio ambiente mediante la recepción de las aportaciones

Documento recibido el 18 de diciembre de 2015. Esta investigación se realizó como trabajo de grado previo para obtener el título profesional en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación (CIERCOM) de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) de la Universidad Técnica del Norte.

E. M. Flores, egresado de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación. (teléfono: 0993430040; e-mail: em_floresb@hotmail.com)

de muchos sensores, y afecta a su entorno por las luces de control, motores y otros actuadores.

Su entorno de lenguaje de programación son simples y claros: Son muy fáciles de aprender y utilizar, a la vez que flexibles y completos para que los usuarios avanzados puedan aprovechar y exprimir todas las posibilidades del hardware. Además, están bien documentados, con ejemplos detallados y gran cantidad de proyectos publicados en diferentes formas.

Las placas Arduino son reutilizables y versátiles. Reutilizables porque se puede aprovechar la misma placa para varios proyectos (ya que es muy fácil de desconectarla, reconectarla y programarla), y versátiles porque las placas Arduino proveen varios tipos diferentes de entradas y salidas de datos, los cuales permiten capturar información de sensores y enviar señales a actuadores de múltiples formas.

B. Arduino Lilypad

La placa de Arduino Lilypad es una placa con tecnología más flexible en cuanto al uso en textiles. Se pueden coser a la ropa muy fácilmente (observar figura 1). La placa de Arduino está diseñada para ser cocida a material textil. Permite además conectarle (mediante hilos conductores) fuentes de alimentación, sensores y actuadores de forma que se puedan “llevar encima”, haciendo posible la creación de vestidos y ropa “inteligente”. Además, se puede lavar. Esta placa incorpora el microcontrolador ATMEGA328V, el cual se programa acoplando a la placa un adaptador o cable USB.

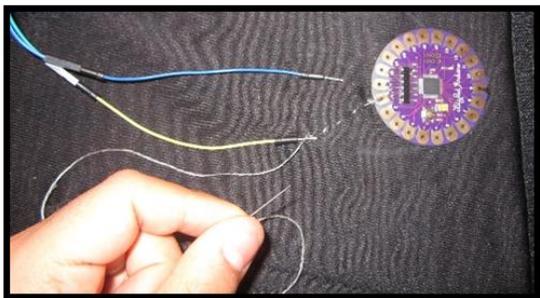


Figura 1. Cosido de la placa Arduino Lilypad
Fuente: Edison Flores

C. Entrenamiento Deportivo

El entrenamiento deportivo es un proceso de acciones complejas cuyo propósito es incidir de forma planificada y objetiva sobre el rendimiento deportivo

El entrenamiento deportivo es un proceso planificado y complejo que organiza cargas de trabajo progresivamente crecientes destinadas a estimular los procesos fisiológicos de supercompensación del organismo, favoreciendo el desarrollo de las diferentes capacidades y cualidades físicas, con el objetivo de promover y consolidar el rendimiento deportivo.

D. Resistencia aeróbica

La resistencia es una capacidad física importante en todos los deportes, permitiendo al individuo que la entrena, soportar resistencia a la fatiga, además de muchos beneficios que brinda a la salud y complemento físico para otras capacidades. Algunos preparadores físicos la catalogan muy importante para deportistas de alto rendimiento y amateurs.

La resistencia aeróbica, no solo brinda beneficios para un deportista de alto rendimiento o uno que empieza a formarse diariamente; sino para todas las personas, causando en aspectos positivos en su salud, por ejemplo, reduciendo el porcentaje de las enfermedades cardiorrespiratorias. Muchas personas ya hacen de esta capacidad física un estilo de vida diario.

E. Frecuencia cardíaca

Se define la frecuencia cardíaca como las veces que el corazón realiza el ciclo completo de llenado y vaciado de sus cámaras en un determinado tiempo. Por comodidad se expresa siempre en contracciones por minuto, ya que cuando nos tomamos el pulso lo que notamos es la contracción del corazón (sístole), es decir cuando expulsa la sangre hacia el resto del cuerpo.

F. Entrenamiento según la frecuencia cardíaca

El entrenamiento según la frecuencia cardíaca, se realiza como indicador para la realización de un correcto entrenamiento en personas que realizan actividad física o algún deporte. Este tipo de entrenamiento hace referencia de manera concreta a la frecuencia cardíaca máxima de cada individuo; de esta F.C.M. se derivan las zonas de entrenamiento. Estas zonas de entrenamiento, son rangos de pulsaciones en donde se deberá realizar la actividad física; y se las encuentra mediante cálculos específicos

G. Entrenamiento: método mediante fórmula de Karvonen

Este método para saber nuestros rangos de pulsaciones (intensidades) es mucho más viable y científico; este método toma en cuenta la condición física del individuo. Se puede dar a conocer que el método tiene su validez en la siguiente relación: Una persona de 35 años que ha entrenado toda su vida, no podrá tener un mismo rango de intensidades, ya que influirá mucho su frecuencia en reposo

Algunos cálculos de frecuencia cardíaca se basan sencillamente en multiplicar el porcentaje de esfuerzo de su frecuencia cardíaca máxima. Esto no toma en cuenta el hecho de que cada uno tiene diferente frecuencia cardíaca en reposo. El fisiólogo Karvonen, que se percató de esto, afirma que nuestra frecuencia cardíaca de reserva es igual a la frecuencia cardíaca máxima, menos nuestra frecuencia cardíaca en reposo.

Para calcular la zona de trabajo bastaría con multiplicar la frecuencia cardíaca de reserva por el porcentaje de intensidad y sumar nuestra frecuencia cardíaca en reposo a esta cifra.

$$F.C.Ent = (F.C.Max - F.C.Rep) \times \text{intensidad del ejercicio} + F.C.Rep$$

$$F.C.Ent = (R.F.C. \times \text{intensidad del ejercicio}) + F.C.Rep$$

F.C.Ent: Frecuencia cardíaca de entrenamiento.

F.C.Max: Frecuencia cardíaca máxima.

F.C.Rep: Frecuencia cardíaca en reposo.

R.F.C: Reserva funcional del corazón.

III. DESARROLLO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE RITMO CARDÍACO

El proyecto constituye en el diseño un sistema electrónico de monitoreo de ritmo cardíaco para personas que realizan ejercicio físico aeróbico utilizando software y hardware libre.

Para el proyecto se utilizará un sistema electrónico, el cual constará de una placa con microcontrolador con característica que sea adaptable para textiles inteligentes y se utilizará para las personas que realicen ejercicio físico aeróbico. A dicha placa estará conectado un sensor de signos vitales y en la alimentación se usará una batería de tipo Lipo. El sistema utilizará una comunicación Bluetooth, entre un módulo conectado a la placa y el Smartphone del usuario.

A. Hardware del sistema

Para la implementación del hardware se utilizará elementos esenciales como el Arduino LilyPad, el sensor cardíaco, el módulo Bluetooth HC-05 y el Smartphone. Estos elementos estarán ubicados en una muñequera, material tipo licra y el Smartphone en el brazo.

Una vez elegidos los elementos a utilizar, además de los diferentes dispositivos, se realizará el diseño de bloques y de flujo del sistema cardíaco. De forma general, en la Figura 2 se muestra los dispositivos y elementos que intervienen en el sistema y su ubicación.



Figura 2. Diseño del sistema
Fuente: Edison Flores

B. Caracterización del sistema

Se asignó una letra, como datos de comunicación, para cada zona de entrenamiento, para el pulso cardíaco normal, pulso de reserva, edad, género, entre otros. Estos datos servirán para que la aplicación realizada en Android reconozca los límites de las zonas y procese la información según sea conveniente. A continuación se mostrará en la tabla 1 con los caracteres de comunicación que contiene la placa Arduino Lilypad.

CARÁCTER		SIGNIFICADO
ENVÍA	RECIBE	
	“A”	Entrenamiento en Zona 1
	“B”	Entrenamiento en Zona 2
	“C”	Entrenamiento en Zona 3
	“D”	Entrenamiento en Zona 4
	“E”	Entrenamiento en Zona 5
	“F”	Edad del deportista
	“K”	Detener el entrenamiento
	“H”	Pulso Normal
	“I”	Pulso de Reserva
	“M”	Género: Masculino
	“L”	Género: Femenino
“O”		Pulsaciones bajas en Zona 1
“P”		Pulsaciones altas en Zona 1
“Q”		Pulsaciones bajas en Zona 2
“R”		Pulsaciones altas en Zona 2
“S”		Pulsaciones bajas en Zona 3
“T”		Pulsaciones altas en Zona 3
“U”		Pulsaciones bajas en Zona 4
“V”		Pulsaciones altas en Zona 4
“X”		Pulsaciones bajas en Zona 5
“Y”		Pulsaciones altas en Zona 6

Tabla 1. Diseño General del Sistema Cardíaco
Fuente: Edison Flores

C. Firmware de Arduino Lilypad

Para el sistema de monitoreo de ritmo cardíaco se utilizó el IDE de Arduino, con sus respectivos bloques de instrucciones, se utilizó variables, eventos seriales, switch, entre otros. Se detallará a continuación la programación de configuración del sistema de manera muy general.

1. Descripción del programa principal

Para el cálculo de la Frecuencia Cardíaca Máxima, existen varias fórmulas como se ha mencionado en el fundamento teórico, la forma tradicional, la cual es la más usada pero menos exacta por todos los Pulsómetros. Esta saca los rangos de pulsaciones de las zonas de entrenamiento a partir de la frecuencia cardiaca máxima (220-edad). Esta fórmula no toma en cuenta la forma deportiva actual del individuo, lo cual la hace inestable.

Para el sistema de monitoreo cardíaco se utilizará la Fórmula de Karvonen. En esta fórmula a diferencia de la tradicional, se añade el uso del pulso normal (opción para ver la forma deportiva actual del individuo), un pulso de reserva y la especificación del género.

Para la descripción del programa principal, lo estructuraremos por el orden de cada requerimiento específico para encontrar nuestra frecuencia cardíaca máxima, nuestro pulso normal y de reserva, entre otros.

D. Firmware de Android

La aplicación se realizó en MIT App Inventor2, está diseñada para cualquier Smartphone con Sistema Operativo Android desde la versión 4.1.2 (esta es una de las versiones más antiguas, así que no habrá problema en cualquier Smartphone actual). La aplicación que se puede observar en la figura 3, se realizó con una programación por bloques.

igual a la versión completa



Figura 3. Diseño General del Sistema Cardíaco
Fuente: Edison Flores



Figura 3. Menú principal de la aplicación (Versión Demo)
Fuente: Edison Flores

E. Proceso de implementación del sistema de monitoreo de ritmo cardíaco – prototipo #1

Una vez que se realizó el diagrama de bloques, los diagramas de flujo, y el firmware tanto en Arduino, como en Android; se procedió al primer prototipo para la implementación del sistema de ritmo cardíaco. Este fue solo a manera de prueba, para verificar la programación establecida previamente.

Se procedió a implementar un prototipo que me permita verificar la programación establecida, por lo tanto se realizó las pruebas en un “ARDUINO MEGA 2560”. En este primer prototipo no se hizo el uso del hilo conductor, aquí solo se realizó las conexiones con los cables normales de conexión que se usa en un protoboard como se observa en la figura 450

Para la aplicación de Android, de igual manera, se debe utilizar la misma programación establecida. Aunque para pruebas iniciales para el prototipo #1 se tenía estructurado partes básicas de la aplicación completa, como la edad, la F.C.M., el pulso cardíaco y las zonas de entrenamiento.

Con esta aplicación básica que se muestra en la figura 4, derivada de la App completa se procedió a realizar las pruebas y tomas de pulso en las personas. Se menciona que esta aplicación en cuanto a estructura de programación era totalmente

1. Descripción del programa principal

Para las conexiones se procedió a conectar de la siguiente manera:

- Conexión del pulso sensor al Arduino Mega 2560
- Conexión del módulo Bluetooth HC-05 al Arduino Mega 2560
- Conexión de alimentación eléctrica desde una laptop al módulo Arduino Mega 2560 mediante USB.

Se conectó directamente los pines del “Pulse sensor” al módulo Arduino. Como se ha mencionado, el sensor solo necesita de mínimo 3 voltios para su funcionamiento y de corriente 4 mA. En el módulo Arduino mega 2560, viene incorporado fuentes de conexión de voltaje para estos casos, de 3,3 voltios y de 5 voltios; es por eso que se conecta directamente sin ningún problema. También en cada pin entrega una corriente de 40 mA, que es más que suficiente para su uso.

El módulo Bluetooth se conectó un protoboard, para un manejo más fácil en sus conexiones hacia el Arduino Mega. De igual manera las conexiones

eléctricas fueron tomadas de los pines de la placa Arduino.

comunicación Bluetooth, se conectaba entre el módulo HC-05 y esta aplicación. De esta forma se podía observar los pulsos cardíacos que se estaban emitiendo.

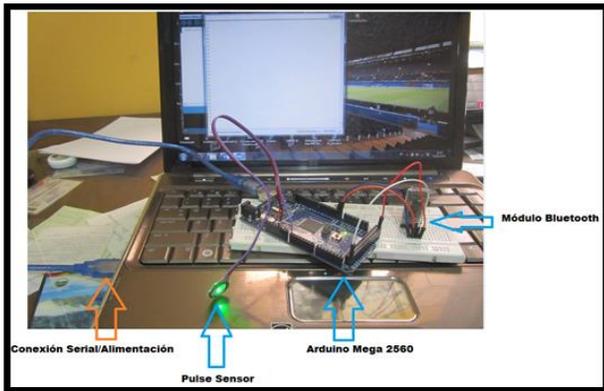


Figura 4. Conexiones del prototipo #1
Fuente: Edison Flores

2. Pruebas Y Resultados del Prototipo #1

En el prototipo #1 se realizaron pruebas para verificar que la programación de Arduino y Android se encuentre correctamente. Se procedió a verificar el correcto funcionamiento de toma de pulsos de sensor. Se menciona que se dio positivamente el reconocimiento de pulsos, se observaba rangos normales en estado de reposo, es decir entre los 60 y 75 ppm.

Estos pulsos se los pudo verificar de tres formas. Una de ellas fue en el monitor serial de Arduino, es decir observamos los pulsos que se emiten, en la pantalla de la computadora como se muestra en la figura 5

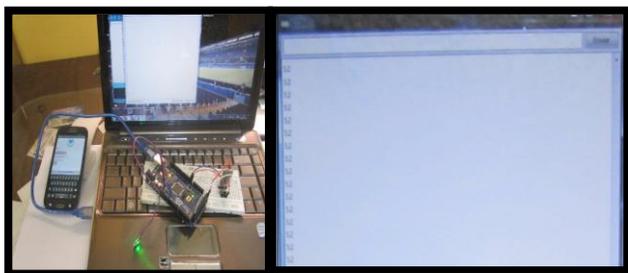


Figura 5. Verificación de pulsos en monitor serial de Arduino
Fuente: Edison Flores

La otra forma era observando a través de un programa instalado en el Smartphone, llamado "Blue Term+". Este programa mediante

La tercera forma de observar los pulsos cardíacos es en la aplicación instalada en el Smartphone. Aquí de igual manera se comunica mediante Bluetooth. Los pulsos se observa en un cuadro de texto de la aplicación.

Este prototipo #1 se lo diseño específicamente solo para verificar la programación tanto de Android y Arduino, es decir para pruebas de la programación. En este diseño, el usuario no tenía flexibilidad para su uso, al estar conectado a la computadora, solo se podría realizar las pruebas en el mismo sitio de la Pc. Es así que el usuario era dependiente del lugar donde se encuentre el sistema de monitoreo de ritmo cardíaco.

A. Proceso de implementación del sistema de monitoreo de ritmo cardíaco – prototipo #2

En el segundo prototipo, se propuso incorporar los elementos electrónicos a una muñequera, para que el uso sea más flexible para el usuario (movilidad de usos). Esta muñequera tiene que adaptarse a la movilidad de la persona que realiza ejercicio físico, así como también a los elementos electrónicos que irán dentro de ella. Se propuso convertir una muñequera en un textil inteligente.

1. Diseño para la implementación del prototipo #2

Para la implementación se realizó un diseño previo en un gráfico, esto para distribuir donde se iban a ubicar los elementos electrónicos, en la persona que realiza ejercicio físico.

En el diseño de implementación en el prototipo #2 se consideró lo siguiente:

- En el segmento electrónico, la Placa Arduino Lilypad, se buscó que sea cosida directamente a una muñequera (por dentro).

El módulo Bluetooth no requiere ser cosido, pero necesitaba ir por dentro de la muñequera, al igual que la baterías lipo.

- Para el sensor cardíaco, se necesitaba que los pines de conexión estén por dentro de la muñequera, y la parte de censo de pulsos se encuentre en uno de los dedos del usuario.
- Para este sistema se utilizó una batería Lipo para todos los componentes electrónicos.
- La muñequera se ubicó entre el antebrazo y la mano, y el dispositivo Android, si ubicó en el brazo, mediante una banda de brazo para celular. (Ver figura 6)

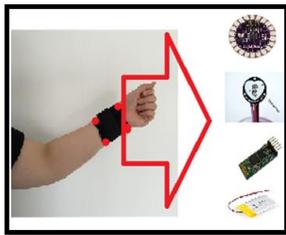


Figura 6.- Diseño para implementación del prototipo #2
Fuente: Edison Flores

2. Cosido de arduino LilyPad a la muñequera

La placa Arduino LilyPad se cosió en la parte interior de la muñequera, para que se sujete, se utilizó los pines que no se estaba utilizando, es decir con hilo normal, se podía sujetar la placa. La placa se fijó aún más, al coser los pines utilizados para las conexiones de los elementos, ya que se tuvo que pasar el hilo conductor, por lo menos tres veces, por los pines (agujeros donde pasa el hilo). Esto aseguró que el hilo conductor logrará una correcta conexión eléctrica con los elementos.



Figura 7.- Arduino LilyPad cosida totalmente a la muñequera (Prototipo#2)
Fuente: Edison Flores

3. Conexión del módulo Bluetooth

El módulo Bluetooth fue ubicado en dentro de la muñequera., fijado con hilo normal para que no se

mueva. En este prototipo #2 se hizo la conexión entre la placa Arduino y el módulo mediante el hilo conductor, es decir desde tenían unión directa por medio del hilo conductor. Esto dificultó la conexión en los pines del módulo, ya que si existía un hilo chocando levemente con el otro, podía producir un cortocircuito. Por lo tanto, en el módulo Bluetooth, se aisló en cada pin para que no se unan con el hilo conductor. Esto se lo pudo hacer con pedazos de palillos, para separar los pines y el hilo.

Este elemento electrónico tenía que conectarse a dos elementos, uno era la placa Arduino y el otro era a la batería para su alimentación eléctrica

4. Conexión del sensor

El sensor cardíaco, tiene tres terminales, uno de ellos que es de color morado, es el que envía la señal para encontrar los pulsos cardíacos, este se cosió al “pin 0” del LilyPad y los otros dos, el de color negro (Ground) y de color rojo (Vcc) tendrán conexión a la batería Lipo. La parte específica del sensor tiene que estar por fuera de la muñequera, porque será para ubicarlo en el dedo del usuario en donde captará los pulsos cardíacos.

5. Alimentación eléctrica del sistema

Para alimentar el sistema, se conectó los positivos y negativos de la placa Arduino LilyPad, del módulo Bluetooth y del sensor cardíaco a los terminales de positivo y negativo de la batería Lipo. La batería lipo que se utilizó era de 3,7 voltios a 200 mA.

6. Pruebas y resultados del prototipo #2

A diferencia del prototipo #1, en este se realizó pruebas en varios aspectos, pruebas del sensor cardíaco, pruebas de envío de caracteres, pruebas de alimentación eléctrica y también pruebas de comodidad del uso de la muñequera.

Como resultado del prototipo #2 se obtuvo la siguiente muñequera que se observa en la figura 8, convertida en textil inteligente. En apariencia se

nota una muñequera más el sensor cardíaco por fuera de ella.

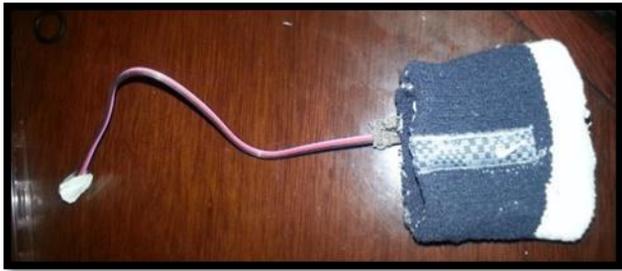


Figura 8.- Muñequera (Prototipo#2)
Fuente: Edison Flores

7. Pruebas de comodidad de la muñequera

En este prototipo el usuario se coloca la muñequera, ingresando la abertura de esta, por la en frente de los dedos de la mano, hasta terminar en la muñeca y el sensor se lo ubicará en cualquier dedo de la mano. Con el diseño de esta muñequera en el prototipo #2 se pudo observar y apreciar que, por lo pequeña que era, aunque muy elástica; fue muy incómodo al momento de ingresarla por la mano hasta llegar a ubicarla entre el antebrazo y la mano. Los elementos electrónicos se podían palpar claramente su relieve haciendo molesto para el usuario que se la pone, y al no haber mucho espacio para las conexiones con el hilo conductor; en varios puntos que se unían o se topaba, se debió poner cinta aislante en ciertas secciones de hilo para no provocar cortocircuito.

8. Pruebas del sensor cardíaco

Para la verificación de que el sensor cardíaco y la programación no se vieran afectadas por las conexiones con el hilo conductor se procedió a evidenciar si los pulsos emitidos eran correctos, como se observa en la figura 9; donde primero se comprobó dichos pulsos en la aplicación “BlueTerm+”.

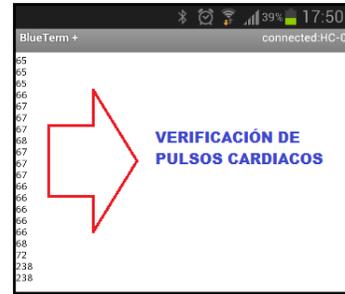


Figura 9. Verificación de pulsos cardíacos en prototipo#2
Fuente: Edison Flores

9. Prueba de envío de caracteres

Se realizó pruebas del funcionamiento para verificar las configuraciones de edad, zonas de entrenamiento, límites inferiores y superiores de las zonas. Esto se realizó para analizar la comunicación inalámbrica y el envío de caracteres entre la aplicación en Android y la placa Arduino Lilypad.

En la aplicación Android, el usuario ingresa con primer parámetro su edad. Esto es muy importante, porque con esta edad se hará el cálculo de la Frecuencia Cardíaca Máxima. Este dato se envía desde la Aplicación a la Placa Lilypad. Esta verificación se realizó utilizando el programa “BlueTerm+” (ver figura 10, 11 y 12).



Figura 10. Verificación de ingreso de edad
Fuente: Edison Flores

Otro parámetro a verificar es cuando el usuario elija la zona de entrenamiento desde la Aplicación, la placa Lilypad reconocerá la zona, imprimiendo “Zona#”



Figura 11. Verificación de elección de zona de entrenamiento 1
Fuente: Edison Flores



Figura 12. Verificación de elección de zona de entrenamiento 2
Fuente: Edison Flores

Dentro de cada zona de entrenamiento, existen límites inferiores y superiores de pulsaciones cardiacas. Cada límite en cada zona, tiene un carácter asociado a ella. Este carácter emite la placa Arduino hacia la Aplicación, para que emita la alarma correspondiente como se observa en la figura 13.

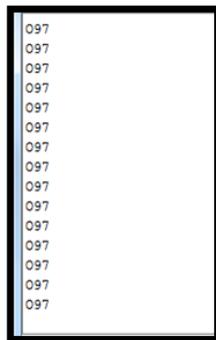


Figura 13. Envío de carácter de límite inferior en la zona 1
Fuente: Edison Flores

10. Pruebas de alimentación eléctrica

Para las pruebas de alimentación eléctrica en este prototipo se realizó de dos formas. Una de ellas era con una batería tipo Lipo de 3,7 voltios a 200 mA., y la otra forma fue mediante una fuente de 5 voltios a 1 Amperio (transformador de 110v a 5v).

Con el uso de la batería tipo Lipo, los elementos del sistema encendieron correctamente, el sensor cardíaco, la placa Arduino y el módulo Bluetooth. Se verificó la transmisión de datos emitidos, pulsos, caracteres enviados entre placa y la aplicación; todo se presentó de manera correcta hasta los 30 segundos después del encendido.

Después de este tiempo, todos los elementos seguían encendidos sin ningún problema, pero el inconveniente con una sola batería y de corriente muy baja, fue que en el módulo Bluetooth, ya no se enviaban las tramas con los datos correspondientes. Se pudo observar en la aplicación que después del tiempo mencionado, se dejaba de recibir los pulsos cardíacos y por ende las alarmas en cada zona, edad y demás datos. Esto afectaba a la funcionalidad del sistema, ya que no se podía establecer de manera definida la comunicación inalámbrica entre placa Arduino y Aplicación.

Con el uso de un transformador de 110v a 5v y de 1 amperio como fuente de alimentación eléctrica para el sistema, el funcionamiento de este fue correcto todo el tiempo, es decir, se aumentó la corriente para el sistema de 200 mA. a 1A. y también el voltaje de 3,7v a 5v. Se observó en la aplicación que los datos eran enviados correctamente y constantemente todo el tiempo. Pero con esta fuente se le quitaba flexibilidad de uso al usuario, ya que el sistema se hacía dependiente del lugar donde se encuentre la fuente.

11. Análisis De Resultados Del Prototipo #2

Realizadas las diferentes pruebas en el prototipo#2, se pudo observar que el sistema de monitoreo cardíaco fue totalmente exitoso en cuanto a la programación realizada tanto en Arduino, como en Android.

En cuanto a la parte de alimentación eléctrica hubo inconvenientes con la batería tipo lipo de 3,7v a 200mA. Ya que duraba un tiempo muy corto de comunicación inalámbrica entre la placa Arduino y

la aplicación. Se tendrá que tener en cuenta este parámetro para el siguiente diseño.

En lo referente al diseño de la muñequera se notó que hubo incomodidad al momento de ingresarla por la mano, ya que se palpaba los elementos y resulto muy pequeña, pese a su elasticidad. Se observó que se pueden presentar problemas como cortocircuitos, si el hilo conductor se topa entre sí, y por el reducido tamaño de la muñequera la canalización del circuito está muy unida. Se puede tomar en cuenta para mejorar este inconveniente en un nuevo prototipo.

Se abre la brecha para poder realizar posibles cambios para mejorar el diseño de la muñequera y para la alimentación eléctrica en el sistema. Las pruebas fueron realizadas tratando de simular la realidad con condiciones cotidianas de uso, además de observar las necesidades prioritarias para orientar al buen uso del sistema.

B. Proceso de implementación del sistema cardíaco – prototipo #3

Partiendo de experiencias de diseño y configuraciones del prototipo #1 y #2 tanto en software y hardware, se procedió al diseño e implementación de un nuevo prototipo#3, el cual tiene como objetivo mejorar las características y dar una mejor flexibilidad y comodidad en cuanto a su uso.

Para este prototipo no se realizó ningún cambio en la programación en Arduino y Android. Se utilizarán los mismos elementos electrónicos del prototipo #2 y las mismas conexiones; solo se realizar un cambio de diseño en la muñequera, es decir, este prototipo será realizado para mejorar el diseño del textil inteligente.

1. Aplicación en el smartphone

La aplicación que se utilizó para este prototipo fue la misma utilizada en el prototipo #1 y #2; está sirvió para monitorear los pulsos y elegir el

entrenamiento deseado. No se realizó cambios ya que contenía los elementos necesarios para el funcionamiento correcto.

2. Configuraciones de arduino lilypad

El software desarrollado anteriormente, será utilizado de igual manera en este nuevo diseño. La programación será la misma para ejecutar el sistema de monitoreo cardíaco

3. Diseño de la muñequera en el prototipo #3

En este diseño se utilizó una nueva muñequera confeccionada de manera propia, el material que la recubre era de tela tipo toalla y por dentro se utilizó tela normal para que se puedan coser los elementos. Esta no era de ningún fabricante en especial y se la diseñó con características para presentar mayor comodidad de uso para el usuario. Esta muñequera tiene un sector amplio donde se pudieron distribuir los elementos y realizar el cocido de los mismos sin ningún problema como se puede observar en la figura 14.



Figura 14. Diseño de muñequera para prototipo#3

Fuente: Edison Flores

En esta muñequera se ubicaron cintas de velcro (ver figura 15) para una mejor sujeción en el antebrazo del individuo. También ayudará para que los dispositivos electrónicos y el sensor cardíaco puedan estar fijos, sin mucho movimiento y contacto entre ellos. En las conexiones de los pines del sensor cardíaco, estarán mucho más fijos que el prototipo#2, esto ayudará a q no se produzcan valores alterados en los pulsos.

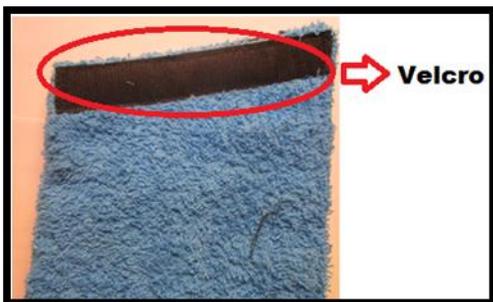


Figura 15. Cintas de velcro en la muñequera del prototipo #3
Fuente: Edison Flores

La muñequera tuvo dos doblajes (ver figura 16), el primero servirá para cubrir los elementos electrónicos, proteger a los elementos de impurezas que puedan afectar su funcionamiento, del posible sudor producido en la zona, así como también tiene la ventaja de que cuando el usuario desee, puede revisar si los elementos están encendidos o no, y si existe algún problema visible en los elementos.



Figura 16. Primer doblaje de la muñequera en el prototipo #3
Fuente: Edison Flores

El segundo doblaje sirvió para darle precisión de ajuste a la muñequera en el antebrazo de cada persona (ver figura 16, 17, 18). Ayudó a que la muñequera no se mueva y quede fija en el antebrazo de las personas, cuando esté realizando ejercicio físico. Presenta una cinta velcro para el ajuste.



Figura 17. Segundo Doblaje de la muñequera en el prototipo #3
Fuente: Edison Flores

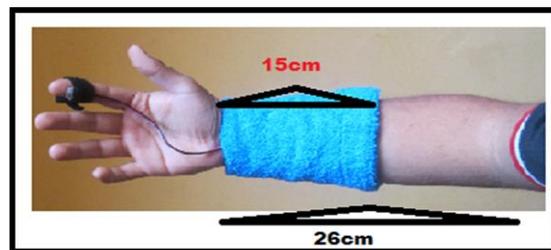


Figura 18. . Dimensiones de la muñequera y el antebrazo (prototipo#3)
Fuente: Edison Flores

4. Conexiones de los elementos

Como se mencionó anteriormente, las conexiones en este prototipo serán iguales a las del prototipo#2, es decir se procederá a realizar de igual forma el cosido de la placa Arduino Lilypad, se realizará las conexiones del módulo Bluetooth, del sensor cardíaco y de la batería

5. Cosido y conexión de los elementos electrónicos

El cosido se lo realizo con el mismo hilo conductor, se empezó cosiendo la placa Arduino Lilypad, posteriormente el módulo Bluetooth y finalmente el sensor cardíaco y la batería. En esta muñequera se tuvo la facilidad de tener más espacio (ver figura 19) en donde se pueda organizar el recorrido del hilo conductor. Esto ayudó en gran parte a prevenir un posible cortocircuito.

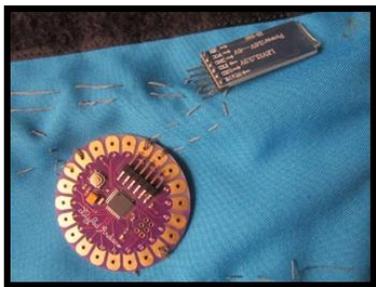


Figura 19. Cosido y conexión de elementos en la muñequera (prototipo#3)

Fuente: Edison Flores

6. Pruebas y resultados del prototipo #3

Las configuraciones en la placa Arduino y en la aplicación siguen siendo las mismas; es por esto que las pruebas del sensor cardíaco y del envío de caracteres produjeron los mismos resultados del prototipo #2. Estos resultados fueron correctos en dicho prototipo.

7. Pruebas de comodidad de la muñequera

En este prototipo lo importante era realizar las pruebas de comodidad en el uso de la muñequera, aquí se podía observar y sentir claramente su flexibilidad y confort de uso, el usuario se sentirá más cómodo con este nuevo diseño de muñequera, será mucho más fácil ponerse, sacarse y utilizarla al momento de realizar ejercicio físico.

Se concluyó claramente que este prototipo fue mejor que el anterior, no en cuanto a sus configuraciones de software ya que no cambió, sino en cuanto a una mejor facilidad de uso, es lo que la hizo mucho más factible.

8. Análisis de resultados del prototipo #3

Las pruebas realizadas en el prototipo#3, fueron realizadas de manera positiva, presentando éxito en cada una de ellas. En cuanto a las configuraciones no se obtuvo ningún problema, cabe mencionar que estas configuraciones son las mismas del prototipo #1 y #2 y anteriormente no hubo problemas con ello. Se obtuvieron los mismos resultados positivos.

En cuanto a la alimentación eléctrica se vino arrastrando el mismo inconveniente que el prototipo #2, como se utilizó la misma batería, ocurrió lo mismo, que dicho prototipo, la comunicación inalámbrica se establecía por poco tiempo. Pero si se cambiaba a la fuente con mayor voltaje y corriente, era un éxito el sistema, pero con la desventaja de la movilidad.

La muñequera al ser más grande, presentó ventajas a la hora de coser con el hilo conductor, ahora se tuvo más espacio para canalizar el hilo conductor, sin tener problemas de posibles cortocircuitos. Además, con respecto al prototipo#2, este nuevo, presentó mayor facilidad para ponerse y sacarse. En el prototipo #2 la muñequera era muy ajustada para cualquier usuario y los elementos electrónicos se podían palpar, y posiblemente pudo estorbar a algunos usuarios.

Ahora en el nuevo prototipo cuenta con cinta velcro que ayuda a la sujeción perfecta de la muñequera, así como también al tener dos doblajes, hace que sea más resistente, más robusta y esponjosa para no palpar los elementos electrónicos en la piel del usuario.

Como parámetro a mejorar en este diseño fue que los velcros utilizados eran muy gruesos y anchos y la tela que la recubría que era tipo toalla también, cuando se realizaba los doblajes estos ocupaban mucho espacio y se hacía muy gruesa la muñequera.

C. Proceso de implementación del sistema cardíaco – diseño final

Para este diseño final, se partió de configuraciones y diseños realizados en prototipos previos. En este diseño se tomaron las siguientes consideraciones:

- El uso de un switch para el encendido y apagado del sistema.
- Se utilizó dos baterías para alimentar eléctricamente al sistema.
- Se cargó en el Smartphone la aplicación

completa con todos los parámetros para que el entrenamiento del usuario sea personalizado.

- Se mejoró el diseño de la muñequera.

1. Diseño para la implementación

En este diseño final se añadió más elementos, como es el uso de dos baterías y los switch, el objetivo fue dar un encendido y apagado al sistema. El diseño fue el que a continuación se presenta en la figura 20:

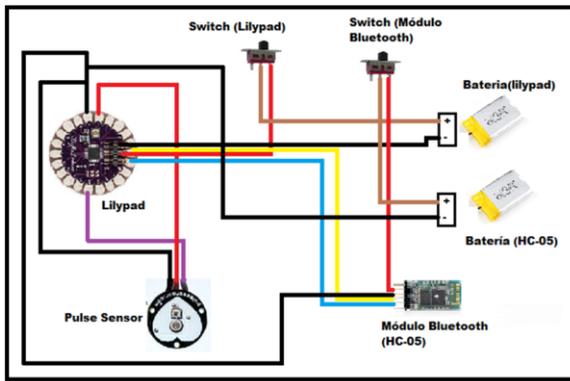


Figura 20. Esquema previo a la implementación del sistema
Fuente: Edison Flores

2. Diseño de la muñequera

Para el diseño de la muñequera se cumplió con los siguientes requerimientos:

- El color utilizado fue negro.
- Se confeccionó con tela tipo licra.
- Se utilizó velcros más delgados (0,5cm).
- Se utilizó almohadillas delgadas para hacerla más robusta y cómoda.
- Se añadió pequeñas tiras dentro de la muñequera para asegurar los elementos.
- Se utilizó tiras de telas sobre el cosido del hilo conductor, para prevenir cortocircuitos
- Se realizó una pequeña abertura en la muñequera para que pasen los cables del sensor cardíaco.
- Tiene dos doblajes, como la del prototipo #3.

Se mejoró el diseño teniendo en cuenta, los resultados presentados en diseños anteriores, con

esta muñequera, el usuario pudo obtener más comodidad y flexibilidad de uso (ver figura 21,22).



Figura 21. Zonas de velcro en la muñequera (Diseño final)
Fuente: Edison Flores



Figura 22. Ubicación de la muñequera (diseño final)
Fuente: Edison Flores

3. Cocido de arduino lilypad a la muñequera

Se fijó la placa Arduino lilypad a la tela tipo licra, esta tela era muy delgada, por lo que no hubo inconvenientes al momento de cocer con el hilo conductor. Se fue cociendo cada pin, para cada elemento.

En los orificios de la placa electrónica es decir los pines, se sugiere que a la hora de coser, el hilo pase tres veces por el orificio, esto es para que exista continuidad de voltaje y corriente. Una vez realizado este paso, se lleve el hilo hasta un punto específico para unir a los cables flexibles de protoboard. (ver figura 23).

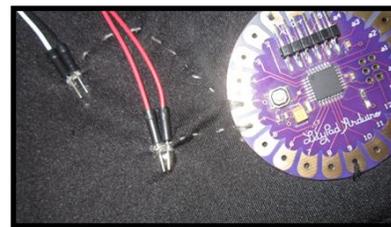


Figura 23. Intersección de cables con hilo conductor (diseño final)
Fuente: Edison Flores

4. Conexión del módulo bluetooth

Para las conexiones del módulo Bluetooth, se realizó lo siguiente

- Para los pines “Tx” y “Rx” del módulo que son de tipo macho se conectó cable tipo hembra-hembra. Esto se realizó para sacar una extensión de conexión de estos pines para que se luego se conecte al hilo conductor.
- Para los pines “Vcc” y “Gnd” se conectó directamente a una batería lipo, este no necesito de hilo conductor, solo se utilizó el cable flexible de protoboard.

5. Alimentación eléctrica del sistema

Para la alimentación eléctrica en este diseño final, se utilizó dos baterías lipo, cada una de 3,7 voltios a 680 mA. El hecho de utilizar dos baterías fue porque en diseños anteriores se probó con una sola y se tenía problemas de transmisión de datos con el módulo Bluetooth.

Ahora con dos baterías, una para la placa Arduino Lilypad y el sensor cardíaco, y la otra para el módulo Bluetooth; no hubo inconvenientes en ningún aspecto. Para ver las conexiones de las baterías con los elementos, se puede observar en la figura 24.

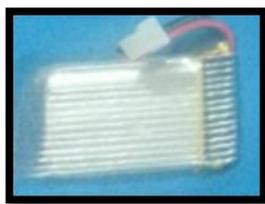


Figura 24. Batería Lipo para sistema de monitoreo
Fuente: Edison Flores

Se verifico el voltaje proveniente de la batería lipo, aunque la batería era teóricamente de 3,7 voltios, al momento de medir su voltaje por medio de un multímetro, este fue de 4,09 voltios. Este voltaje no afecta a ningún elemento ya que el rango el rango de funcionamiento de todos estaba entre los 3,3 a 5 voltios.

Para alimentar a la placa Arduino se conecta en los espadines que sobresalen en la parte superior de la placa. Se conecta al primer pin para “Gnd” y al tercer pin para “Vcc”. Luego esta placa tiene pines para coser que alimentan a otros dispositivos, en nuestro caso el sensor cardíaco.

6. Prueba de envió de caracteres correctos

Se realizó la prueba de envió de caracteres, de dos formas, una fue mediante una comunicación serial, donde se podían observar en el monitor serial del IDE de Arduino los datos enviados.

Se realizó la verificación de las diferentes variables del sistema de monitoreo, a través de la comunicación serial. Como resultado se obtuvo que todos los datos fueron transmitidos correctamente. A utilizar el mismo código, no hubo problema con este y las conexiones tampoco alteraron el mismo.

7. Pruebas De Alimentación Eléctrica

Para las pruebas en el aspecto de la alimentación eléctrica, se probó primero con la utilización de una sola batería lipo de 3,7 voltios a 680 mA. El sistema encendió correctamente, pero al igual que en el diseño #2 y #3, se tuvo problemas en la comunicación de datos, ya que se envía por un momento y se cortaba la transmisión de datos.

Al ver este resultado negativo, se procedió a la utilización de otra batería. Cuando se probó la conexión con las dos baterías del mismo voltaje y corriente, la conexión tuvo éxito, ya que no se volvió al problema de transmisión de datos. Con esto se solucionó el problema, y también hizo fiable al sistema, al transmitir los pulsos cardíacos constantemente.

Adicionalmente en la parte eléctrica, en este diseño final se incluyó la utilización de dos switch, uno por cada batería, para un mejor uso del sistema en el encendido y apagado. La implementación de los switch se probó primero en un protoboard para posteriormente unirlo a la muñequera. El usuario sabrá que el sistema está encendido, cuando la palanca del switch, este junto al punto azul que se

encuentra en el mismo.

8. Pruebas de comodidad de la muñequera

En este diseño final, al presentar mejoras en su diseño, las pruebas de comodidad fueron muy positivas para el uso de la persona que realice ejercicio físico. La muñequera de tela tipo licra, de textura suave para la piel, junto con unas delgadas almohadillas (esponjas), hizo que está presente mucho confort para su uso. (ver figura 25).



Figura 25. Vista lateral de la muñequera (diseño final)
Fuente: Edison Flores

Además se probó también el sistema en conjunto con la banda en el brazo, esta sirvió para dar comodidad al usuario cuando lleve el celular, ya que este, es el que emite las alarmas, y se necesita que estén cerca de nuestro oído; una alarma fue por medio de vibración y la otra por sonido. (ver figura 26).



Figura 26. Muñequera más banda de brazo
Fuente: Edison Flores

9. Análisis De Resultados Del Diseño Final

Realizadas las diferentes pruebas en el diseño final, se pudo observar que el sistema de monitoreo

cardíaco fue totalmente exitoso en cuanto a la programación realizada tanto en Arduino, como en Android. Como no se cambió de programación, y al usarla en prototipos anteriores, es evidente que en el diseño final no se presentaría ningún problema.

En cuanto a la parte de alimentación eléctrica, con la utilización de las dos baterías de 3,7 voltios 680mA, se pudo verificar que el sistema funcionó correctamente y de manera perfecta en el diseño final. Además también se probó junto con la conexión de los switch. Este parámetro fue corregido, ya que en prototipos anteriores se tenía problemas.

En lo pertinente al diseño de la muñequera, se presentaron ventajas en el momento de la costura con el hilo conductor, se tuvo suficiente espacio para canalizar el hilo. Además de los recubrimientos sobre el mismo fueron parte fundamental para que el usuario este tranquilo de que no se producirá un cortocircuito por la unión de este hilo. Se menciona que con respecto a diseños anteriores, en este diseño final, la muñequera tiene dos medidas de ajuste, es robusta y cómoda; lo que lo hace muy versátil para su uso

III. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

En este análisis se detallan todos los costos empleados en el diseño final del sistema de monitoreo de ritmo cardíaco, tomando en cuenta que los costos deben ser tangibles, es decir que se puedan medir en alguna unidad económica, que en este caso son dólares americanos; mientras que los beneficios son determinados de manera personal ya que estos permitirán obtener beneficios para la salud y el buen vivir de las persona que realizan o no ejercicio físico (ver tabala 2).

DESCRIPCIÓN	V ALOR
Costos de la muñequera del sistema de monitoreo de ritmo cardíaco	\$ 24,70
Costos de elementos electrónicos	\$ 98.50
Costo del dispositivo móvil inteligente	\$ 285.00
Costo del software	\$ 0
TOTAL COSTOS	\$ 408,2

*Tabla 2 . Costos del proyecto
Fuente.- Edison Flores*

Los beneficios que se obtienen al finalizar la implementación del sistema de monitoreo de ritmo cardíaco, es el permitir a todas las personas realizar actividad física de manera planificada y controlada, ayudándoles así, al cumplimiento de una actividad deportiva que favorecerá a su salud, en la prevención de lesiones, posibles taquicardias, entre otras. Ayudará a las personas, sean deportistas profesionales o no, a adaptar el ejercicio a los objetivos que se haya propuesto, controlando la intensidad del ejercicio e informando sobre las mejoras de la condición física, a través del ritmo cardíaco en reposo

Cumplirá uno de los objetivos del “Plan Nacional del Buen Vivir” que es mejorar la calidad de vida de la población, garantizando la salud desde la generación de prácticas saludables; además de motivar a la práctica deportiva permanente o eventual y de manera saludable.

Se menciona también que el deporte es uno de los mejores métodos para unir a distintas personas y mejorar así la capacidad de socialización de cada persona.

IV. CONCLUSIONES

Con el desarrollo del Sistema de Monitoreo de Ritmo Cardíaco (S.M.R.C.) se permitirá a todas las personas, sean aficionados o profesionales en la práctica deportiva, a realizar ejercicio físico de manera planificada y controlada; siendo la clave

para obtener beneficios como el fortalecimiento del corazón, activar zonas inactivas del cerebro, mantener fuertes los huesos y músculos, así como también será el modo correcto de llevar una vida saludable con la prevención de lesiones musculares.

El entrenamiento según la frecuencia cardíaca, mediante la aplicación de la fórmula de Karvonen, es el método más usado en la actualidad por los entrenadores, para realizar de manera correcta la práctica del ejercicio aeróbico. Los rangos de pulsaciones establecidos en este procedimiento, dependen de características fisiológicas y cardiovasculares propias de cada persona, teniendo como resultado el cumplimiento del principio de la individualización en el entrenamiento deportivo.

El sistema de monitoreo de ritmo cardíaco ayudará a las personas que desconozcan de la utilización de un Pulsómetro, este sistema proveerá de una aplicación gráfica muy intuitiva para cualquiera, así como también las personas tendrán la confianza de que cuando realicen el ejercicio, el sistema le avisará los límites exactos en los que deberá entrenar, aspecto importante que solo los Pulsómetro de gama alta lo hacen.

Se investigó las características de cada elemento electrónico que fue implementado en el sistema, donde el sensor cardíaco se adaptó de la mejor manera al mismo, para el senso del pulso cardíaco en las personas, también se empleó la placa electrónica Lilypad Arduino ATmega128 y sus ventajas de uso junto con el hilo conductor cumplieron con los requerimientos tanto de sujeción a la muñequera como del uso de pines necesarios para las respectivas conexiones; además de la utilización de un módulo Bluetooth HC-05 que permitió establecer y mantener una comunicación inalámbrica de corto alcance.

La realización de la aplicación llamada Pulsómetro, con desarrollo de programación en bloques en el programa App Inventor bajo sistema Operativo Android, que en conjunto con un Smartphone, cumplieron con la función de informar al usuario las alarmas emitidas por salirse de un

rango de pulsaciones establecidos, una vibrando y la otra auditivamente. Además por medio de este dispositivo sirvió para la comunicación inalámbrica mediante tecnología Bluetooth.

V. RECOMENDACIONES

El presente proyecto da una pauta inicial para el desarrollo de futuros sistemas electrónicos que estén relacionadas al beneficio de la salud y del entrenamiento deportivo en sus diferentes ámbitos.

Utilizar las hojas de datos (data sheets) de los elementos electrónicos, estas permiten una correcta configuración y conexión de los mismos.

Al momento de utilizar el hilo conductor, es decir a la hora de coser, se debe tener cuidado en el recorrido del mismo, por que si el hilo se topa entre sí, causará un cortocircuito, pudiendo quemar y alterar el desempeño de todos los elementos electrónicos conectados. Es por ello se aconseja que antes de coser se debe tener un esquemático de guía del cosido, para organizar los caminos del hilo conductor.

Se recomienda el uso de software libre, como es el programa App Inventor para el desarrollo de una aplicación móvil e IDE de Arduino, ya que estos permiten reducir los costos en el desarrollo de proyectos.

Se recomienda la aplicación del manual de usuario adjunto en el proyecto, antes de usarlo, con la finalidad de ver el correcto funcionamiento y evitar posibles daños en el sistema.

Se recomienda para futuros proyectos el desarrollar de un sistema de monitoreo de frecuencia cardíaca, para el ámbito de la medicina, relacionadas con patologías de arritmias; que permita la verificación en tiempo real de pulsos cardíacos y alertas, en una plataforma en la internet.

REFERENCIAS

- [1] WILMORE J. (2007), Fisiología del esfuerzo y del deporte, Editorial Paidotribo, España.
- [2] BOMPA T. (2005), Entrenamiento para jóvenes deportistas, Ed. Hispano Europea, España.
- [3] CONDE M. (2000), Organización del Entrenamiento de la Resistencia, Ed. Instituto Monsa, España.
- [4] TORRENTE O. (2013), Arduino:Curso práctico de información Ed. Rc. Libros,
- [5] DOMÍNGUEZ E, (2013), Redes de comunicación de datos (Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo), Ed. Editex
- [6] JIMENEZ I. (2010), Operaciones auxiliares con tecnologías de la información y la comunicación, Ed. Paraninfo.
- [7] ANDREW, (2003), Redes de computadoras, Editorial Pearson
- [8] PALLÁS R. (2004), Sensores y acondicionadores de señal, Editorial Marcombo.
- [9] WEINECK J. (2005), "Entrenamiento Total", Editorial Paidotribo, España.
- [10] RITTINGHOUSE, J, (2010), Cloud Computing, Implementation, Management And Security, Editorial CRC Press.
- [11] HOHMANN A. (2005), Introducción a las ciencias del entrenamiento, Editorial Paidotribo, España.
- [12] PLATONOV V. (2001), La Preparación Física, Editorial Paidotribo, España.
- [13] SALINAS N. (2005), Manual para técnico de sala de Fitness, Editorial Paidotribo, España.
- [14] GUIMARES T. (2002), El Entrenamiento Deportivo. Capacidades Físicas, Editorial UENED, Costa Rica.
- [15] GRANELL J. (2004), Las técnicas de atletismo. Manual práctico de enseñanza, Editorial Paidotribo, 17/5/2004
- [16] PÉREZ P. (2012), Yo soy tu entrenador personal, Editorial Lulu.com

Edison Marcos Flores Bosmediano.



Nació en Atuntaqui provincia de Imbabura el 29 de Agosto de 1990. Realizó sus estudios primarios en la Escuela “La Salle”. En el año 2008 obtuvo su título de bachiller en Ciencias con especialización Físico Matemático en el “Colgio Fisco-Misional San Franciso”.

Actualmente es Licenciado en Entrenamiento Deportivo y egresado de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte. Trabaja como Entrenador de fútbol y en todo lo referente a la Domótica

