

PROTOTIPO PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE
RENDIMIENTO EN PRUEBAS DE ATLETISMO REALIZADAS POR JÓVENES
DEPORTISTAS

JORGE ANDRES BOHORQUEZ GALLEGO
MARIO ALEJANDRO RODRIGUEZ HERRERA

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA SECCIONAL MEDELLÍN

FACULTAD DE INGENIERÍAS

MEDELLIN

2015

PROTOTIPO PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE
RENDIMIENTO EN PRUEBAS DE ATLETISMO REALIZADAS POR JÓVENES
DEPORTISTAS

JORGE ANDRES BOHORQUEZ GALLEGO

MARIO ALEJANDRO RODRIGUEZ HERRERA

Proyecto presentado para optar al título de Ingeniero Electrónico

Asesor

Juan Guillermo Patiño Vengoechea

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA SECCIONAL MEDELLÍN

FACULTAD DE INGENIERÍAS

MEDELLIN

2015

Tabla de Contenido

1	JUSTIFICACIÓN	5
2	OBJETIVO GENERAL.....	6
3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
4	MARCO REFERENCIAL	7
4.1	DEPORTE CON DISPOSITIVOS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS), APLICACIONES Y LIMITACIONES.....	12
5	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
6	MARCO TEORICO	20
6.1	SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL.....	20
6.1.3.1	CARACTERÍSTICAS DEL GPS UBLOX NEO.....	30
6.2	SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA.....	31
6.2.1	APLICACIONES.....	34
6.2.2	MÓDULO RFID SL031	34
6.3	ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE	36
6.3.1	VELOCIDAD DE ACCESO	37
6.3.2	VELOCIDAD DE LECTURA Y ESCRITURA.....	39
6.3.3	Ejemplo de uso SSDHC.....	40
6.4	MICROCONTROLADOR.....	41
6.4.1	MICROCONTROLADOR Y MICROPROCESADOR	42
6.4.2	APLICACIONES.....	43
6.4.3	ARDUINO NANO.....	44
6.4.4	MICROCONTROLADOR PIC16F1827.....	46
6.5	ETAPA DE POTENCIA	49
6.5.1	CARGADOR MICRO-USB PARA BATERIA LITIO	49
6.5.2	BATERÍA LITIO.....	50
6.5.3	TARJETA LM2577 STEP-UP	53
7	RESULTADOS ESPERADOS.....	55

7.1	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	56
8	RESULTADOS	58
8.1	DISEÑO CONCEPTUAL Y ESQUEMÁTICO DEL PROYEC	65
8.2	MONTAJE EN PROTOBOARD DEL CIRCUITO	68
8.3	MONTAJE EN PCB.....	68
8.4	DISEÑO CARCASA.....	70
8.5	PRUEBAS	73
8.5.1	PRUEBA 1	73
8.5.2	PRUEBA 2	74
8.5.3	PRUEBA 3	81
8.5.4	PRUEBA 4	82
8.6	MANUAL TÉCNICO Y DE USUARIO	84
8.6.1	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL DISPOSITIVO	84
8.6.2	GUIA DE USUARIO	85
	Conclusiones	87
9	Bibliografía	88
10	LISTA DE TABLAS	90
11	LISTA DE FIGURAS	91

1 JUSTIFICACIÓN

A pesar de que todas las facultades de la Universidad de San Buenaventura conforma diferentes áreas del saber que se pueden complementar entre ellas, se ha evidenciado que la facultad de ingenierías establece muy pocas sinergias con las demás facultades, más que todo a nivel de investigación.

Con el fin de abrir una puerta y marcar un precedente, se realizó una investigación previa sobre las necesidades tecnológicas que puede tener el programa Tecnología en Educación Deportiva de la Facultad de Educación, puntualmente en el programa Tecnología en Entrenamiento Deportivo, se encontró un proyecto donde aplicando ingeniería electrónica se puede llegar a obtener una solución optima. El proyecto hace referencia al trabajo deportivo en campo abierto que realizan jóvenes deportistas, el programa es liderado por el docente Valentín Gonzales, donde se evidencia que al momento de realizar las pruebas de atletismo de largo aliento con los jóvenes deportistas, el docente no cuenta con herramientas para la medición de la distancia recorrida, variable fundamental que ayudaría considerablemente a mejorar los planes de entrenamiento y realizar seguimiento más preciso a cada uno de los deportistas.

La implementación de un dispositivo electrónico, de bajo costo y fiabilidad en la medición, buscara acercar al programa Tecnología en Entrenamiento Deportivo de la Facultad de Educación en el uso de la tecnología, para el mejoramiento de su dotación y el entorno del desarrollo de las pruebas de los deportistas.

2 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo portátil para la medición de distancia recorrida por jóvenes deportistas, durante la realización de pruebas de atletismo en campo abierto utilizando la tecnología de los sistemas de posicionamiento global, para el programa de Tecnología en Entrenamiento Deportivo que hace parte de la Facultad de Educación de la Universidad de San Buenaventura Medellín.

3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Levantar los requerimientos del sistema a desarrollar y consolidar la documentación de referencia del proyecto.

Desarrollar un dispositivo electrónico para medir la distancia recorrida de hasta cinco (5) deportistas de uno (1) en uno (1) realizando pruebas en campo abierto, con la ayuda de un dispositivo adherido al cuerpo.

Implementar un sistema que, mediante la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID), permita en el momento del análisis de los datos identificar los resultados de la prueba para un determinado deportista.

Adaptar con un sistema de almacenamiento extraíble que permita, posterior a la prueba, estudiar por parte del entrenador los datos adquiridos.

Elaborar la documentación técnica y de usuario asociada al proyecto.

4 MARCO REFERENCIAL

El médico Richard J. Karboviak, quien trabaja para Northwets Medical Center Acceleration, publicó un artículo donde resalta la importancia de los nuevos dispositivos con GPS incorporado para el desarrollo de programas de actividad física, obteniendo la medición de la distancia y velocidad recorrida, permitiendo al entrenador observar en un display la información en tiempo real y con gran precisión, para de esta manera evaluar y mejorar la condición física de los atletas en cuanto a rendimiento y resistencia. También señala las desventajas encontradas en estos dispositivos como lo son: su alto costo de acuerdo a las diferentes opciones que ofrecen, su compatibilidad con un PC, lo cual implica la adquisición de software especial para visualizar la información, el gasto continuo de baterías y su uso limitado en solo espacios al aire libre para evitar la pérdida de precisión de la información debido a interferencias. Con la implementación de nuestro prototipo buscamos una solución a bajo costo al implementar un microcontrolador (PIC) de uso comercial, fácil adquisición y software de programación libre, además la inclusión de una batería de larga duración que se pueda recargar, junto con un dispositivo de almacenamiento de la información extraíble que permita su lectura abierta desde un editor de texto instalado en un computador. (Using GPS Technology to Monitor Intensity, Speed, and Training Volume in Outdoor Athletes, 2005)

En el diario de ciencia y medicina en deporte (2008), Aaron J. y Rob Dufifield publican los resultados sobre la evaluación de la validez y la fiabilidad de 6 dispositivos GPS para cuantificar el alto rendimiento del ejercicio intermitente, evaluando distancia y velocidad máxima en los circuitos. Su estudio está basado en: dos hombres de edades de 30 a 34 años, de mediano rendimiento que acceden a realizar 8 episodios de un circuito estándar que consistía en dar 6 vueltas alrededor de un curso de 128,5 metros. La velocidad y la distancia se

recogieron simultáneamente en 1Hz utilizando los 6 GPS, Utilizando medidas de distancia total y distancia de funcionamiento de alta intensidad.

En los resultados obtenidos muestran que los dispositivos GPS poseen una exactitud de (<5%); es decir una exactitud aceptable, indicando que los nuevos modelos de GPS pueden tener una mayor fiabilidad que los antiguos modelos.

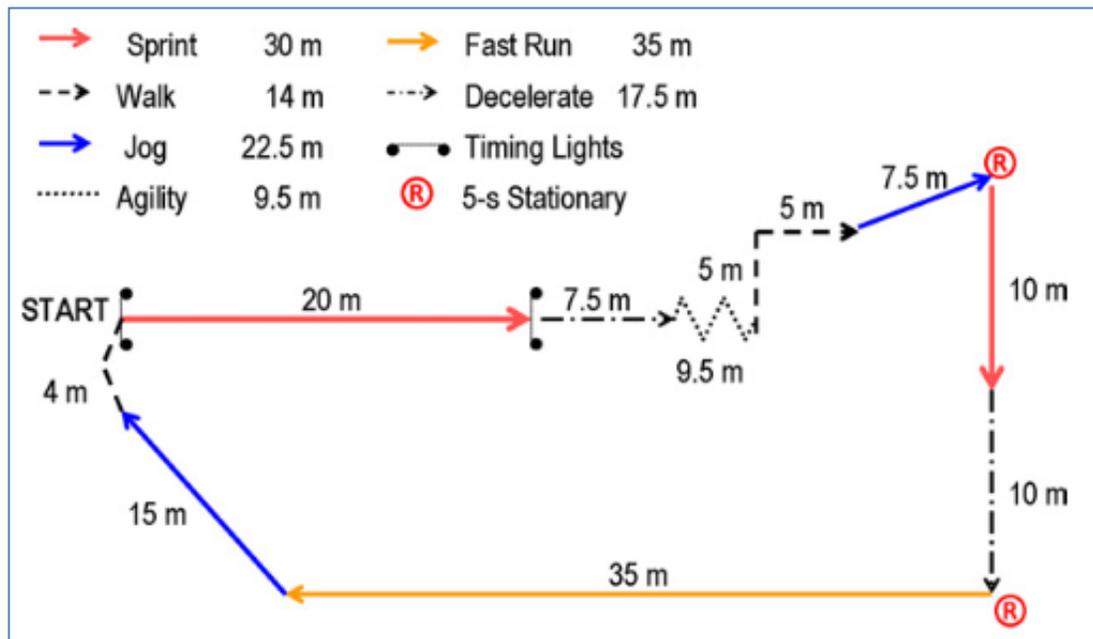


Figura 1. Diagrama Circuito de prueba de simulación (Coutts AJ, 2008)

La investigación realizada por David Casamichana Gomez y Julen Castellano Paulis de la Universidad del país Vasco, trata de medir la validez y fiabilidad en dispositivos GPS de 5Hz en carreras cortas con cambio de sentido, ya que varias investigaciones han tratado sobre GPS de 1Hz, sin cambios de sentido, para este estudio utilizaron un test llamado el Test Yo-Yo de Resistencia nivel 1, que se trata de "una prueba consistente en carreras de ida y vuelta de 20 metros con cambios de dirección de 180° recorridas a velocidad creciente (constituido por diferentes categorías de velocidad) y realizado de forma continua. Este test es utilizado para

evaluar la capacidad de trabajo de forma continua durante un largo periodo de tiempo (Bangsbo, laia & Krstrup, 2008)”

En este caso utilizaron diez jugadores de futbol semi-profesionales en edades de un rango de 20 a 25 años y con estaturas de 167 a 174 cm y pesos de 69.2kg a 76kg, los cuales fueron concedores del test y aceptaron hacerlo, obteniendo así los siguientes resultados:

Tabla 1. Velocidades y distancias de carrera de los 10 niveles realizados en el Test Yo-Yo de Resistencia nivel 1		
Nivel	Velocidad	Distancia
	m s ⁻¹ (km h ⁻¹)	m
1	2.2 (8.0)	140
2	2.4 (8.5)	160
3	2.5 (9.0)	160
4	2.7 (9.6)	160
5	2.8 (9.9)	180
6	3.0 (10.7)	180
7	3.1 (11.1)	200
8	3.2 (11.5)	200
9	3.3 (12.0)	220
10	3.5 (12.5)	180
TOTAL		1780
Nota: metros por segundo (m s ⁻¹), kilómetros por hora (km h ⁻¹) y metros (m).		

Figura 2. Velocidades y distancias de carrera de los 10 niveles realizados en el test Yo-Yo de resistencia nivel 1 (D. Casamichana, 2011)

En los análisis para demostrar la fiabilidad y validez utilizaron los investigadores un estudio de la siguiente manera:

“En el estudio de la fiabilidad intra-sujeto se estimó la media (X), desviación estándar (s), el error típico (ET) de la medida en valores absolutos y en porcentaje de la media como coeficiente de variación (CV) con valores relativos (Hopkins,

2000). Estos estadísticos se realizaron para cada participante que llevó dos unidades y para cada distancia recorrida en cada categoría de velocidad, así como para la distancia total recorrida. Similar a la fiabilidad, para el estudio de validez se estimó la media (\bar{X}), desviación estándar (s), el rango, la diferencia de medias ($\pm LOA$), error típico (ET), coeficiente de variación (CV), intervalo de confianza.”

Tabla 2. Valores para estimar la fiabilidad de los dispositivos GPS tanto a partir de las distancias totales recorridas como para cada uno de los niveles de velocidad.

	Participante 1			Participante 2			Participante 3			Participante 4		
	$\bar{X}(s)$ [m]	ET [m]	CV [%]									
Dt	1809.0 (132.9)	94	5	1911.5 (41.7)	29.5	2	1752.0 (84.8)	60	3	2020.0 (192.3)	136	7
D1	142.0 (2.8)	2	1	155.5 (14.8)	10.5	7	140.0 (15.6)	11	8	179.0 (42.4)	30	17
D2	174.5 (12.0)	8.5	5	171.0 (5.6)	4	2	165.5 (19.1)	13.5	8	185.0 (16.9)	12	6
D3	176.0 (1.4)	1	1	184.5 (12.0)	8.5	5	155.0 (4.2)	3	2	199.0 (11.3)	8	4
D4	171.5 (12.0)	8.5	5	175.0 (8.5)	6	3	150.0 (7.1)	5	3	197.0 (16.9)	12	6
D5	189.5 (3.5)	2.5	1	196.5 (7.8)	5.5	3	172.0 (16.9)	12	7	199.5 (0.7)	0.5	0
D6	171.0 (19.8)	14	8	184.5 (4.9)	3.5	2	170.0 (33.9)	24	14	195.5 (13.4)	9.5	5
D7	186.5 (40.3)	28.5	15	219.5 (7.8)	5.5	3	185.0 (11.3)	8	4	219.5 (28.9)	20.5	9
D8	209.5 (2.1)	1.5	1	203.0 (2.8)	2.0	1	207.5 (6.4)	4.5	2	224.0 (49.5)	35	16
D9	209.0 (38.2)	27	13	229.0 (7.1)	5.0	2	231.5 (20.5)	14.5	6	229.0 (1.4)	1	0
D10	174.5 (7.8)	5.5	2	184.5 (0.7)	0.5	0	170.5 (2.1)	1.5	1	183.5 (10.6)	7.5	4
Media niveles		9.9	5		5.1	3		9.7	6		13.6	7

Nota: \bar{X} , media; s , desviación estándar; ET, error típico; CV, coeficiente de variación; m, metro; Dt, distancia total recorrida; D1, distancia recorrida en el nivel 1; D2, distancia recorrida en el nivel 2; D3, distancia recorrida en el nivel 3; D4, distancia recorrida en el nivel 4; D5, distancia recorrida en el nivel 5; D6, distancia recorrida en el nivel 6; D7, distancia recorrida en el nivel 7; D8, distancia recorrida en el nivel 8; D9, distancia recorrida en el nivel 9; D10, distancia recorrida en el nivel 10.

Figura 3. Valores para estimar la fiabilidad de los dispositivos GPS tanto a partir de las distancias totales recorridas para cada uno de los niveles como para cada uno de los niveles de velocidad.

(D. Casamichana, 2011)

“Los resultados en la estimación de la fiabilidad intra-sujeto, es decir, la valoración del error asociado a los registros obtenidos a través de los dos dispositivos GPS que lleva un mismo jugador, abarcan un amplio espectro.

Respecto a la validez de los dispositivos GPS debemos comentar que se ha estimado un 2 % en el CV para la distancia total recorrida, valores similares a los encontrados por otros autores que evalúan los mismos dispositivos GPS a 5 Hz (Petersen, et al., 2009).”. En el desarrollo de nuestro prototipo, buscaremos implementar un circuito similar a estos sistemas que nos permita una lectura correcta de la posición del deportista sin que se pierda la fidelidad y precisión de la medición con los movimientos que se desarrollen en el recorrido de la carrera, hasta completar la prueba de 1000 metros.

La empresa Polar lanza al mercado la unidad con GPS integrado, se trata del modelo RC3 GPS, es un reloj que proporciona la velocidad, distancia de datos e información de la ruta ingresando a un servidor web. Este prototipo ha sido adoptado para actividades al aire libre como el atletismo y ciclismo, además permite descargar la información al PC por medio del cable USB y el software Websync, lo que permite una interacción con los amigos al comparar resultados, poner nuevos retos, superar marcas, establecer rutas y la sincronización de la información con diferentes redes sociales.

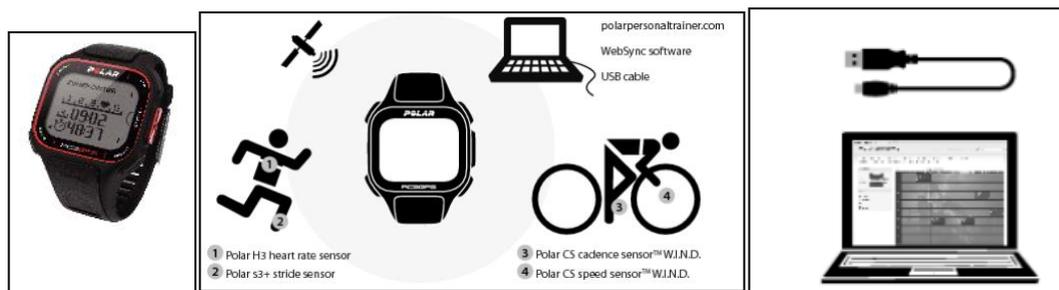


Figura 4. Polar Modelo RC3 GPS (Polar PC3 GPS)

Uno de nuestros objetivos es buscar la optimización y facilidad para descargar la información de la prueba de competencia al computador, para su posterior revisión y análisis por parte del entrenador, por lo que se busca eliminar el uso de cables adicionales y optar por un medio de almacenamiento extraíble, que permita tener buena capacidad de almacenamiento y transferencia de datos al PC.

4.1 DEPORTE CON DISPOSITIVOS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS), APLICACIONES Y LIMITACIONES

Desde hace décadas, la monitorización de los movimientos desarrollados por los deportistas durante el entrenamiento o la competición esta siendo un tema de interés para los científicos del deporte (Carling, Bloomfield, Nelsen y Reilly, 2008; Castellano y Casamichana, 2014; Liebermann, Katz, Hughes, Bartlett, McClements y Franks, 2002). El seguimiento realizado posibilita conocer los requerimientos físicos a los que son sometidos los jugadores (Barbero-Álvarez, Soto y Granda, 2005; Reilly y Thomas, 1976; Rienzi, Drust, Reilly, Carter y Martin, 2000), permitiendo intervenir de una forma específica en el entrenamiento y evaluar el rendimiento durante las competiciones (Barros et al., 2007).

En este sentido, diversas tecnologías se han utilizado para el registro del movimiento de los deportistas (Casamichana, 2011). Laboriosas técnicas de registro manual (Reilly y Thomas, 1976), han ido evolucionando hacia grabaciones magnetofónicas (Mayhew y Wenger, 1985; O'Donoghue, Boyd, y Bleakley, 2001), tabletas digitales (Dufour, 1993; Partridge, Mosher y Franks, 1993) o software específicos (Bloomfield, Polman, y O'Donogue, 2007; Rienzi et al., 2000), llegando a los sistemas más modernos como las técnicas de registro semiautomático a través de video o videotracking. Entre estos últimos, los más conocidos, los sistemas AMISCO francés (Castellano, Blanco-Villaseñor y Álvarez, 2011), ProZone inglés (Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff y Drust, 2009), y los menos,

como el TRACAB sueco (Chironhego) o el Verusco de Nueva Zelanda (Prozone). Actualmente existen alternativas que permiten el registro de manera totalmente automática, es decir, sin intervención humana como el Venetrack que es un sistema de videotracking (Redwood-Brown, Cranton y Sunderland, 2012), los sistemas basados en radiofrecuencia (Frencken, Lemmink y Delleman, 2010) o los sistemas de posicionamiento global (Global Positioning System o GPS), siendo estos últimos uno de los más extendidos en la actualidad con una gran producción científica (Dobson y Keogh, 2007). Precisamente, debido al gran desarrollo experimentado en los últimos años (Pino, Padilla, Pérez, Moreno y De la Cruz, 2008) merecen especial atención los sistemas de posicionamiento global (GPS), que en este trabajo serán analizados, poniendo sobre la mesa cuestiones que tienen que ver con su funcionamiento, las posibles aplicaciones en el ámbito deportivo, sus ventajas y limitaciones. Con esta aportación, de manera no exhaustiva, se pretende dar una amplia visión sobre la utilización actual de los dispositivos GPS, así como las tendencias de futuro.



Figura 5. Detección en tiempo real de la ubicación de un deportista (Casamichana, 2014)

FUNCIONES BÁSICAS DEL SISTEMA GPS

Los dispositivos GPS completan un sistema de radionavegación vía satélite desarrollado y gestionado por el departamento de defensa de los EEUU, creado originalmente con fines militares. El proyecto que se inició en el año 1973, terminó de complementarse en marzo de 1994 y está totalmente operativo desde julio de 1995, permite determinar en tiempo real por triangulación, la ubicación (coordenadas espaciales) las 24 horas del día, en cualquier lugar de la tierra y bajo cualquier condición atmosférica, tanto de puntos estáticos como en movimiento con un índice de error de pocos metros (Krenn, Mag, Titze, Pekka, Jones y Ogilvie, 2011; Sánchez-Medina y Pérez-Caballero, 2006).

Este sofisticado sistema, que hoy se utiliza con regularidad, es posible gracias al descubrimiento de la resonancia magnética que permitió a su vez la creación de relojes atómicos de elevada precisión y que son la base de esta tecnología (Rigden, 2000). El sistema GPS se divide en tres segmentos: espacial, control y usuario. Los segmentos espaciales y control son gestionados por EEUU (aunque esperamos que de aquí a algunos años el sistema europeo GALILEO pueda estar en funcionamiento, lo que mejorará substancialmente las prestaciones de los dispositivos). El segmento espacial está formado por 27 satélites emisores de las señales. El segmento control está constituido por un conjunto de estaciones de elevada precisión situadas estratégicamente en la tierra, incluyendo una estación principal o maestra y varias antenas terrestres. Finalmente, el segmento usuario corresponde a los receptores GPS que han sido diseñados para recibir y decodificar las señales transmitidas por los satélites. Los satélites transmiten señales a los receptores GPS para determinar la ubicación, velocidad y dirección de los dispositivos (Schutz y Herren, 2000).

La tecnología GPS consiste, fundamentalmente, en un sistema de medición de tiempos, cuyo punto de referencia es el cálculo del tiempo de retardo entre la

emisión de las señales a través de los satélites y la llegada de dicha señal a los dispositivos receptores GPS. Un receptor GPS debe recibir la señal de al menos tres satélites para localizar la posición (Larsson, 2003). Utilizando esta información, un dispositivo de estas características puede calcular y registrar información referente a la velocidad y la distancia recorrida principalmente (Reid, Duffield, Dawson, Baker y Crespo, 2008). Cada satélite está equipado de un reloj atómico, que se sincroniza con el receptor GPS. Entonces el satélite envía información horaria (a la velocidad de la luz) referente de la hora exacta al receptor GPS. Comparando el tiempo dado por los satélites y el tiempo del receptor GPS, se calcula el tiempo del recorrido realizado por la señal. Posteriormente se estima la distancia recorrida por la señal, ya que se conoce el tiempo de trayecto y la velocidad a la cual es realizado dicho trayecto (Larsson, 2003).

APLICACIONES EN EL ÁMBITO DEL DEPORTE

Posteriormente al uso militar se extendió su aplicación a otros ámbitos como a la aviación, la marina, seguimiento de animales (Von Hünerbein, Hamann, Rüter y Wiltschko, 2000), uso recreacional (Larsson, 2003; Witte y Wilson, 2004), estudios de la locomoción (Terrier, Ladetto, Merminod y Schutz, 2001; Terrier y Schutz, 2003) y actualmente, al control de atletas en deportes y actividades físicas realizadas al aire libre. Ya están disponibles comercialmente dispositivos que utilizan la tecnología GPS para excursionistas, cicloturistas y corredores. Aunque originariamente fueron adaptados para deportistas que cubrían largas distancias durante el entrenamiento, posteriormente, debido al avance experimentado y software específicos, se han ido incorporando a otras disciplinas, destacándose su aplicación en los deportes colectivos (Dobson y Keogh, 2007). La utilización de la tecnología GPS (Aughey, 2011) se ha extendido al deporte de competición, puesto que puede proporcionar información precisa sobre las demandas del juego y

jugador en los deportes de equipo (Jennings, Cormack, Coutts, Boyd y Aughey, 2010b).

Habitualmente, los dispositivos receptores portátiles GPS se introducen en una pequeña mochila almohadillada (arnés) incorporada a la espalda del jugador, justo debajo del cuello. Este arnés es ajustado de manera que no se mueva y no provoque ningún malestar durante su uso. Además, estos dispositivos permiten registrar datos referentes al tiempo, posición, altitud y dirección, además de registrar la frecuencia cardiaca cuando el jugador está en posesión de una banda torácica. En consecuencia, el espectro de información registrado por los dispositivos es muy amplio y son convertidas en multitud de variables de diferente índole, tales como: distancia recorrida (en metros y expresada en términos relativos a la distancia total recorrida) o duración de carrera (en segundos o en términos relativos al total), distancia o tiempo de desplazamiento a diferentes rangos de velocidad de carrera, velocidad instantánea, media y máxima, work/rest ratio, frecuencia de carreras a diferentes intensidades, saltos, acciones de alta intensidad repetidas (Buchheit, Mendez-Villabueva, Simpson y Bourdoun, 2010b), por poner algunos ejemplos. Todas ellas, variables que tienen que ver con el espacio, el tiempo, y sus derivaciones.

Hace algunos años con la implementación del acelerómetro en los dispositivos GPS se ha abierto una nueva dimensión en la monitorización y cuantificación de la carga (Casamichana, Castellano, Calleja-González y San Román, 2011), a partir, sobre todo, de indicadores globales como el player load (Casamichana, Castellano, Calleja, San Román y Castagna, 2012) o el total body load (Gómez-Piriz, Jiménez-Reyes y Ruíz-Ruíz, 2011), parámetros diseñados por las marcas comercializadoras del producto. Aunque todavía están también en vías de desarrollo (Hauswirth, Le Meur, Couturier, Bernard y Brisswalter, 2009), la información aportada por los acelerómetros (y giroscopios) podría tener la ventaja de dar valores sobre impactos y cargas características de los deportes

intermitentes de alta intensidad, con aceleraciones y cambios de dirección constantes (Varley, Aughey y Pedrana, 2011) que parecen subestimarse (Varley, Elias y Aughey, 2012). Los indicadores de carga global como el metabolic power (Gaudino, laia, Alberti, Hawkinsm Strudwick y Gregson, 2014) resultantes de ellos quizás puedan representar de una manera más fidedigna y, por tanto válida, las demandas físicas de la competición o el entrenamiento (Casamichana et al., 2012).



Figura 6. Software para determinar en tiempo real ubicación de un deportista (Casamichana, 2014)

FIABILIDAD, VALIDEZ, PRECISIÓN Y OTRAS LIMITACIONES

Aunque estos sistemas de posicionamiento global han demostrado ser un método válido para determinar la posición de un sujeto durante estudios biológicos y biomecánicos (Schutz y Chambaz, 1997; Schutz y Herren, 2000; Terrier, Ladetto, Merminod y Schutz, 2000; Terrier y Schutz, 2003; Witte y Wilson, 2004), incluso se han encontrado resultados consistentes comparando pruebas realizadas en

diferentes momentos del día, no afectando a los resultados la diferente configuración de los satélites (MacLeod, Morris, Nevill, y Sunderland, 2009; Petersen, Pyne, Portus y Dawson, 2009). Sin embargo, todavía cuenta con algunas limitaciones para su uso, fundamentalmente respecto a su fiabilidad, que debe ser optimizada. Algunas fuentes de error podrían ser las efemérides, errores de sincronización de los relojes, retardos en la recepción de la señal al propagarse por la troposfera e ionosfera, interferencias de la señal (error multicampo), errores relacionados con el propio receptor visibilidad de los satélites o la disponibilidad selectiva (Abad, 2005; Misra y Enge, 2006; Mohino, 2006) entre otras. En cualquier caso, los receptores GPS también incluyen el número de satélites que han estado operativos en cada registro de señal, lo que hace sencillo la eliminación de aquellos datos que no den las garantías necesarias de precisión. Un dispositivo de uso civil puede asegurar una precisión aproximada de 15-20 m en el plano horizontal y 27 en el plano vertical (Sánchez-Medina y Pérez-Caballero, 2006), y aunque si se necesita una mayor precisión en los cálculos se puede considerar la utilización del GPS diferencial o los sistemas de corrección diferencial en tiempo real (EGNOS para Europa), que permiten precisiones de 2 m (Larsson, 2003). (Casamichana, 2014)

5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día es de vital importancia dentro de las Universidades, la integración de las diferentes facultades, esto con el fin de de buscar soluciones a diferentes problemáticas de todo tipo de índole, donde como futuros egresados estemos en la capacidad de unir esfuerzo y conocimientos con diferentes perfiles profesionales, y desde nuestra área, la ingeniería electrónica brindar soluciones tecnológicas que impacten de una manera positiva en la sociedad.

El contacto con el docente del programa Tecnología en Entrenamiento Deportivo de la Facultad de Educación, permitió la oportunidad de conocer una necesidad requerida para los entrenamientos y pruebas de largo aliento que realizan los jóvenes deportistas de dicho programa, logrando un primer acercamiento entre las facultades, conociendo una necesidad del docente de contar con un dispositivo confiable que le permita medir la distancia recorrida por los deportistas durante las pruebas y tomar decisiones.

El desarrollo de un dispositivo de medición de distancia recorrida basado en un sistema GPS integrado a un microcontrolador (PIC), nos permitirá contar con una herramienta valiosa que será portátil por su sistema de batería integrada con la autonomía suficiente para las diferentes pruebas y con la capacidad de almacenar datos en un medio extraíble que le facilitará al docente una vez terminadas las pruebas, analizar los datos y en base a los mismos determinar la evolución de los jóvenes deportistas y ajustar los planes de entrenamiento.

6 MARCO TEORICO

A pesar de los avances en la tecnología y en las investigaciones que cada vez facilitan más los desarrollos de nuevos dispositivos acomodados a las necesidades particulares de la sociedad; no ha sido posible impedir que para el caso de dispositivos como los que apoyan los entrenamientos deportivos, sean monopolizados por las grandes marcas de dispositivos para entrenamiento deportivo. Esto trae consigo diferentes barreras para el acceso a dicha tecnología, la primera radica en los costos de estos dispositivos y la segunda que puede convertirse en un factor mucho más crítico, es la poca versatilidad que ofrecen, ya que dispositivos con un código totalmente cerrado, que se desarrollaron para un fin determinado, pero que no siempre van a cubrir las necesidades puntuales de un nicho puntual de deportistas.

Adicionalmente cualquier funcionalidad adicional que se quiera explotar sobre el dispositivo, requiere de una inversión adicional para ser usada.

6.1 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

El dispositivo para medir distancia recorrida que desarrollaremos de la mano de este proyecto, estará basado en la tecnología de los sistemas de posicionamiento global GPS, la cual consiste en lo siguiente:

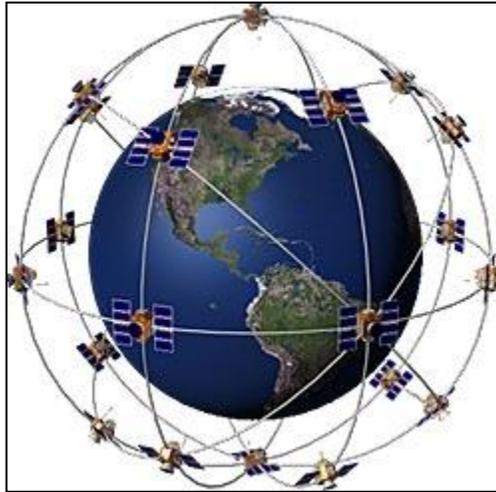


Figura 7. Constelación NAVSTAR (What is GPS?)

El sistema de posicionamiento global GPS (*Global Positioning System*) es un sistema de navegación por radio ondas que permite localizar cualquier punto de la superficie terrestre. Está basado en una constelación de 24 satélites, NAVSTAR (Figura 1.) y en 5 estaciones de seguimiento de los satélites. El GPS utiliza estos satélites como puntos de referencias con los que calcula, mediante equipos portátiles, la posición con una precisión que puede llegar a ser milimétrica con los instrumentos y tratamiento informático adecuados.

La localización se realiza por una multilateración tridimensional. Este método consiste en calcular la posición conociendo las distancias entre la antena del equipo y un mínimo de cuatro satélites.

Los satélites emiten información sobre tres ondas, llamadas portadoras: L1 (con una frecuencia de 1575,42 MHz), L2 (1227,69 MHz) y L3 (1381,05 MHz). Sobre estas ondas se modulan dos códigos y un mensaje. Uno de los códigos es de libre acceso, C/A (*Course/Acquisition*) o S (Standard) y sólo está disponible con la portadora L1. Se llama de libre acceso porque cualquier usuario, tanto civil como militar, puede utilizarlo. El otro código está restringido al uso militar, se llama P (*Precise*) y está modulado sobre las tres portadoras. Los códigos y las portadoras

se utilizan para calcular las distancias a los satélites. El mensaje aporta la información sobre distintos parámetros de los satélites y permite programar posteriores sesiones de medición.

Todo el sistema está controlado, por tratarse de un desarrollo de origen militar, por el Departamento de Defensa de los EE.UU., el cual dispone de dos métodos para controlar el uso civil. El primero se conoce como Disponibilidad Selectiva, SA (*Selective Availability policy*) y consiste en la introducción de errores, de manera deliberada, en la información que transmiten los satélites en el mensaje. El segundo, llamado A-S (*Anti-Spoofing*) consiste en encriptar el código P, con esto sólo los receptores militares autorizados pueden registrar adecuadamente este código y obtener las mejores precisiones que ofrece el sistema. (Las técnicas GPS como herramienta en la gestión medioambiental)

6.1.2 APLICACIONES DE USO DEL SISTEMA GPS AL ENTORNO ESCOLAR

Con lo que llevamos escrito hasta ahora, cualquiera de nuestros lectores que tenga que ver con el campo de las actividades físicas en el entorno escolar ya tendrá en mente posibles aplicaciones de estatecnología. Nosotros vamos a señalar algunas siendo este un campo abierto para la creación de herramientas curriculares adaptadas a nuestras necesidades reales. Veamos algunas de estas aplicaciones:

1. No perderse, encontrarse: Todos aquellos que salimos con frecuencia al medio natural en más de alguna ocasión nos hemos visto apurados en alguna zona - muchas veces más que conocida para nosotros-. La niebla, nieve, ventisca... nos pueden sorprender en nuestras salidas provocando una situación de desorientación y en estas ocasiones (niebla densa y ventisca con borrado de huellas) el mapa y la brújula por si solas nos va a servir de muy poco. Es en estos casos donde un GPS nos serviría de radiobaliza y nos llevaría al comienzo de una

ruta. La opción TRACKBACK nos va a permitir desandar el camino andado volviendo por nuestros pasos. Cuando acudimos con escolares al medio natural esta opción aparece como un seguro que nos va a permitir al menos volver al lugar donde comenzamos la ruta. De igual manera y manejando el mapa vamos a poder estar localizados en el punto exacto del mapa. Muchas veces con nuestros topográficos pensamos que estamos en un lugar y resulta que el lugar real en el que nos hallamos se encuentra a más de 200 m del lugar que creíamos estar. Estas equivocaciones serán evitadas mediante el manejo del GPS. Esta posibilidad, la de ubicarse en el terreno mediante coordenadas enviadas por satélite, las vamos a utilizar para ser ubicados en el mapa cuando acudimos al medio natural con los escolares. En nuestro cuaderno de campo estamos incluyendo actividades de orientación usando las coordenadas UTM.

2. Posibilidad de repetir una ruta: Siempre que salimos con escolares al medio natural la preparación de la misma implica el haber desarrollado la ruta con anterioridad a la fecha en la que nos vamos a desplazar con nuestros discentes. Sin embargo, y a pesar de que muchas rutas las conocemos sobradamente, muchas veces las paradas intermedias en las que tenemos preparadas actividades didácticas (identificación de flora, reconocimiento de fósiles, aquel pino con agujeros del pico pica-pinos...) o las paradas de avituallamiento (una fuente de agua clara, sombra...) las pasamos de largo porque nos hemos desviado un poco sin saberlo. Mediante el uso del GPS tenemos la posibilidad de tener guardado el track de la ruta permitiéndonos el que podamos volver a repetir esa misma ruta pasando por esos lugares que nosotros hemos marcado. Esta opción es de gran utilidad cuando nos vamos a lugares donde existen multitud de sendas para llegar a un mismo lugar pero que dependiendo de cual cojamos pasaremos por uno u otro lugar. La posibilidad de realizar intercambio de rutas entre centros docentes, agrupaciones de montaña... es otra posible aplicación para el entorno escolar. Sería muy interesante disponer de un catálogo de rutas diseñadas por niveles y características que pudiéramos intercambiar entre profesionales de la actividad

física para ser utilizadas con nuestros escolares. El GPS nos va a permitir que si me facilitan el track de una ruta podamos realizar dicha ruta sin haber estado nunca allí.

3. Pedir rescate en caso de accidente: Si alguna vez hemos tenido el infortunio de sufrir un accidente en el medio natural, en un terreno alejado de cualquier entidad de población y en un terreno montañoso la aplicación siguiente será de gran utilidad y por tanto muy valorada. Cuando sufrimos un percance en el medio natural, el desenlace final va a depender en muchas ocasiones de la premura con que los efectivos de rescate lleguen al lugar del accidente. Tratar de localizar un lugar en medio de la montaña mediante referencias visuales puede resultar complejo y muchas veces erróneo para quienes están tratando de encontrar al accidentado. Los datos que damos por teléfono al servicio de emergencias no siempre son bien interpretados causando en no pocas ocasiones desorientación más que delimitación del lugar del accidente. Esta situación sería evitable si dispusiésemos de un receptor GPS puesto que podríamos dar nuestra ubicación con exactitud mediante el sistema de coordenadas.

4. Dibujar tu ruta sobre el mapa y crear imágenes en 3D con altimetrías: Registrar una ruta en el GPS me va a permitir que al pasarla al ordenador pueda ver el recorrido real que he realizado con gran fiabilidad. Además, tengo la opción utilizando el software adecuado de poder levantar el mapa en 3D u obtener fotos aéreas donde queda reflejada la ruta. Si he ido anotando en los waypoints información seré capaz de modificar esa ruta adaptándola a las necesidades reales del nivel de los participantes (nivel de exigencia mayor, menor...)

5. Diseñar circuitos de condición física: El hecho de poder tener registrado la distancia y la altura de una zona conocida nos va a permitir que align=justify diseñemos circuitos acordes al objetivo buscado de manera sencilla pudiendo conocer el perfil del circuito en cuestión. A nosotros nos sirve para marcar recorridos de resistencia y también cuando diseñamos actividades

deportivas en las que se requiera conocer la distancia y el perfil del terreno (carreras populares, la distancia de una vuelta al centro...).

6. Levantamiento de perfiles de manera automática: Aquellos que llevamos tiempo con el uso del mapa y la brújula todavía recordamos lo costoso que era levantar el perfil de una ruta a realizar. Debíamos señalar la ruta en el mapa de una manera aproximada pues nunca el trazo del dibujo iba a pasar por el punto real situado en el mapa a no ser que esta discurriese por caminos o carreteras, y posteriormente llevábamos la altitud de la curva de nivel sobre la que nos desplazábamos a una escala de alturas y uníamos los puntos. Esto nos daba una aproximación bastante burda del perfil de la ruta a seguir. Se trataba de una labor muy costosa y muy poco fiable. Este problema nos lo resuelve el GPS y los mapas digitales de manera muy rápida y fiable. Esta opción va a ser de gran utilidad cuando diseñamos rutas para informar de cómo va a ser la ruta en cuanto a los desniveles que va a tener de una manera gráfica y fácil de interpretar. Con el empleo del GPS vamos a obtener los perfiles de la ruta de manera automática así como la distancia recorrida.

7. Crear nuestras propias rutas: Podemos diseñar nuestras rutas antes de salir a realizarlas aportando información de la misma que es de vital importancia cuando acudimos al medio natural con escolares tales como el tipo de trazado, el kilometraje, el desnivel... Muchas veces acudimos al medio natural y realizamos una y otra vez las mismas rutas o trazados por miedo a adentrarnos en áreas desconocidas. Si bien con escolares nunca se debe ir a la aventura pues el riesgo que corremos es mayor que el beneficio que buscamos, nuestro receptor GPS nos va a brindar la posibilidad de ser "aventureros" y de crear rutas para ser utilizadas posteriormente con los escolares. Localizar una zona de interés paisajístico y trazar una ruta en el ordenador e intentar realizarla balizando la misma constituye una aventura en sí misma. Esta aventura, a veces será fructífera y otras veces nos servirá para identificar por dónde no debemos ir. De cualquier manera nos

permitirá crear nuestro propio archivo de rutas susceptibles de ser aplicadas con los escolares.

8. Memorizar y tener localizados puntos de interés: Cuando acercamos a nuestros alumnos/as al entorno natural, nos adentramos en un aula que se encuentra en la naturaleza y que brinda grandes posibilidades de aprendizaje en un espacio que predispone a los escolares a participar, disfrutando con el cuerpo y a través de cuerpo y potenciando la dualidad mente-cuerpo como algo indivisible. Utilizar los medios que nos brinda la naturaleza pasa por tener localizados ciertos lugares que nos van a servir de hitos pedagógicos por encontrarse en ellos material susceptible de ser utilizado con nuestros escolares para la transmisión de contenidos. Tener localizado aquel tejo milenario, el fósil de trilobite, el pino con los agujeros del pico picapinos, la ermita románica o el roblón centenario me va a permitir que sobre esos hitos pueda diseñar actividades curriculares e incluirlas en nuestro cuaderno de campo. Poder visitar en invierno una zona de cascadas de hielo, o en primavera un almendro en flor o una vista espectacular de un acantilado pasa por poder volver a ese lugar otra vez de forma exacta. Esto nos lo va a proporcionar la utilización de los waypoint de nuestro receptor GPS.

9. Creación y modificación de mapas para orientación escolar disminuyendo el tiempo en el diseño y preparación de los recorridos: Diseñar recorridos de orientación básicos sin disponer de mapas a escala 1:5000; 1:10.000 en los alrededores del centro educativo va a resultar una tarea relativamente sencilla y poco costosa. La ubicación de las balizas va a ser exacta y la longitud de los circuitos a si cómo la valoración de la dificultad de los mismos será algo que vamos a poder realizar de una manera cómoda con nuestro receptor GPS. Constituye una ayuda a la hora de trabajar contenidos de orientación en el medio escolar.

10. Aplicación del trabajo de campo al trabajo del aula de manera interdisciplinar: La cantidad de información que podemos recoger durante las salidas al medio

natural van a ser registradas en el receptor GPS. Estos datos pueden ser utilizados en el aula. Calcular medias del tiempo invertido, clasificar la ruta valorando las zonas más dificultosas y menos dificultosas, identificar accidentes geográficos, ver la ruta realizada en una ortofoto... son infinidad de tareas que pueden ser utilizadas en el aula en colaboración con los departamentos de matemáticas, geografía e historia... Convertir una salida al medio natural en una verdadera actividad interdisciplinar capaz de aunar a distintos departamentos bajo un prisma común resulta más sencillo.

11. Creación de nuestros propios rutómetros: Poder crear nuestras propias rutas y plasmarlas en papel nos va a servir de gran ayuda cuando queramos volver a realizar esa ruta. Incluso habiendo pasado mucho tiempo y sólo habiendo realizado una vez el itinerario si creamos un rutómetro del mismo, podré repetirla años ha aún cuando la zona me sea poco conocida con gran fiabilidad de no extraviarme y visitar los parajes marcados en el rutómetro. Esta opción nos va a permitir preparar salidas al medio natural en parajes muy diversos.

12. Creación de "Ambiental-Hitos": La asociación INVESTEIA (Asociación para la investigación en didáctica ambiental) presentó el proyecto "Ambiental-Hitos" al gobierno de Cantabria y este aceptó el proyecto el cual tiene como objetivo la promoción y consolidación de una red educativa de investigación del medio ambiente de Cantabria. Según los promotores del proyecto: "Un Ambiental-Hito, es un lugar con el suficiente interés ambiental para que las personas interesadas por el medio ambiente y la naturaleza lo visiten. Es un hito en el medio ambiente de una comunidad. Un lugar se convierte en un ambiental-hito cuando alguien (una persona, un grupo de amigos, un centro educativo, una clase con sus profesores, etc.), de forma democrática y altruista, decide que ese lugar merece la pena, lo visita, coloca en él una pequeña contraseña normalizada, que los demás participantes en el proyecto deberán encontrar, y realiza una descripción de sus características y valores ambientales. Esta descripción se coloca en la página web del proyecto y se imprime en una ficha coleccionable que se distribuye a los

participantes en el proyecto: colegios, asociaciones, etc.". Este proyecto no es exclusivo del territorio de Cantabria, de hecho ya hay muchos "ambiental-hitos" en diferentes lugares del mundo como las Islas Galápagos, Costa Rica, Alpes Franceses, Malta... Cualquier persona puede colocar un ambiental-hito para ser encontrado por otras personas. Actualmente la publicación de los ambiental-hitos enlaza con el programa GOOGLE-EARTH y permite ver el lugar donde se ha colocado este ambiental-hito vía satélite. La colocación de ambiental-hitos puede ser un fabuloso recurso didáctico de localización de lugares de interés paisajístico en sus respectivos pueblos o zonas aledañas a los mismos y la búsqueda de los mismos una opción para la ocupación del ocio y tiempo libre de los mismos. La creación de un ambiental-hito requiere de seis pasos: en primer lugar se debe elegir el sitio, éste debe ser un lugar que a criterio de quien va a colocar el ambiental-hito merezca la pena ser visitado. Posteriormente se debe crear la contraseña que queremos sea encontrada por parte de quien o quienes van a intentar localizar nuestro ambiental-hito. Los creadores del proyecto en la web <http://www.ambiental-hitos.com/ambientalitos/poner.html> han incluido un modelo de contraseña para ser impresa y colocada en una botella de plástico pequeña y poder se escondida sin que se deteriore. Se debe visitar el lugar donde esconderemos la contraseña y sacaremos algunas fotos del sitio en concreto. Si disponemos del GPS, aunque los creadores del proyecto no lo consideran obligatorio, apuntaremos las coordenadas del lugar y grabaremos el track de la ruta. Nos daremos de alta en "ambiental-hitos" rellenando el formulario. Posteriormente seleccionaremos las fotos y los textos que vamos a subir a la red para que puedan localizar nuestro ambiental-hito y para finalizar colocaremos nuestras fotos y comentarios en la web. Par poder realizar este último paso hemos tenido que registrarnos con un nombre de usuario y una contraseña en la página anteriormente señalada. Este proyecto creemos despierta el interés en el alumnado por descubrir parajes y esconder pistas para que sean descubiertos por otros. (El GPS y sus aplicaciones en las actividades físicas en el medio natural en el ámbito escolar)

6.1.3 ARDUINO SHIELD GPS UBLOX'S NEO-6M

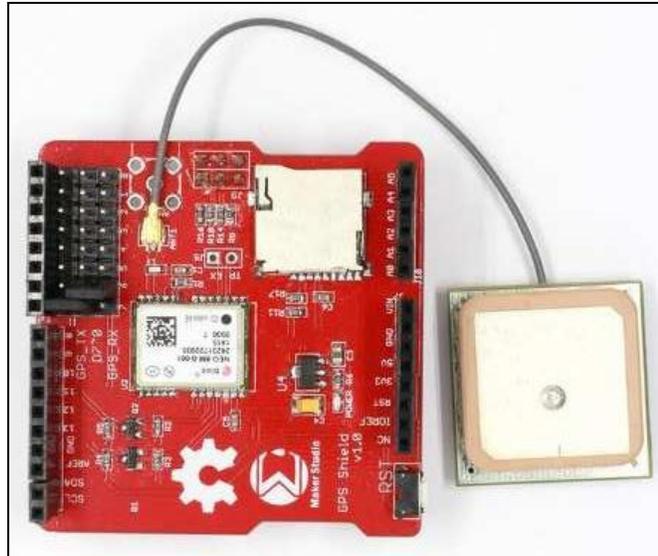


Figura 8. Módulo GPS Ublox Neo-6M (Nexolocal)

Esta tarjeta de arduino es un shield que integra el GPS UBLOX NEO-6M y un módulo para tarjeta Micro SD, el cual cuenta con las siguientes características generales:

Item	Descripción
1	Compatible con Arduino uno, Makerduino Uno y otras tarjetas con estructura y funciones similares
2	Soportada en cuatro (4) bandas de frecuencia (850/900/1800/1900 MHz)
3	Soporta protocolos TCP/UDP
4	Temperatura de operación de -40°C a 85°C
5	Voltaje de operación de 4.8 a 5.0 VDC
6	Corriente de 40 a 400 mA
7	Dimensiones de la tarjeta (L*W*H) de 68.68*53.54*23.21 mm)

Tabla 1. Características generales módulo arduino (elaboración propia)

Analizando el GPS de forma independiente, tenemos que la serie NEO- 6 módulo es una familia de GPS autónomos receptores que ofrecen el alto rendimiento u-blox 6 motor de posicionamiento. Estos receptores flexibles y rentables ofrecen numerosas opciones de conectividad en una miniatura 16 x 12,2 x 2,4 mm paquete. Su arquitectura compacta y opciones de energía y de memoria hacen NEO - 6 módulos ideal para la batería de dispositivos móviles con muy estrictas limitaciones de costo y espacio.

El u- blox 6 motor de posicionamiento de 50 canales cuenta con un Time-To -First -Fix (TTFF) de menos de 1 segundo. El motor dedicado de adquisición, con 2 millones de correladores, es capaz de hacer búsquedas paralelas en el mismo espacio de tiempo / frecuencia, lo que le permite encontrar satélites al instante. Diseño y tecnología innovadora, suprime las fuentes de interferencia y mitiga los efectos de trayectoria múltiple, dando al receptor GPS NEO - 6 excelente desempeño de navegación, incluso en los entornos más difíciles.

6.1.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL GPS UBLOX NEO

Model	Type					Supply		Interfaces				Features						
	GPS	PPP	Timing	Raw Data	Dead Reckoning	1.75 V - 2.0 V	2.7 V - 3.6 V	UART	USB	SPI	DDC (I ² C compliant)	Programmable (Flash) FW update	TCXO	RTC crystal	Antenna supply and supervisor	Configuration pins	Timepulse	External interrupt/Wakeup
NEO-6G	•					•		•	•	•	•		•	•	○	3	1	•
NEO-6Q	•						•	•	•	•	•		•	•	○	3	1	•
NEO-6M	•						•	•	•	•	•			•	○	3	1	•
NEO-6P	•	•		•			•	•	•	•	•			•	○	3	1	•
NEO-6V	•				•		•	•	•	•	•			•	○	3	1	•
NEO-6T	•		•	•			•	•	•	•	•		•	•	○	3	1	•

Figura 9. Características de los GPS Ublox Neo (NEO-6)

6.2 SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA

El sistema GPS apoyará todo el desarrollo como herramienta fundamental para el cálculo de la distancia recorrida por un deportista, pero adicionalmente a esto, el dispositivo contará con un sistema de identificación por llaveros RFID, el cual consiste en lo siguiente:



Figura 10. Manillas RFID (RFID Wristband)

La Identificación por Radiofrecuencia (RFID) es una tecnología en vías de desarrollo encargada de sustituir al código de barras en la vida diaria, además de brindar la oportunidad para ubicar objetos rápida y eficientemente. La estructura de un RFID es un circuito impreso, aunque hay excepciones y se pueden presentar en formas de etiquetas. La identificación se realiza en base al objeto o elemento, al cual, el chip RFID está conectado o unido. La otra forma de RFID podría ser usando pequeñas etiquetas magnéticas que por ejemplo, se encuentran en libros como mecanismo de prevención de robos.

La identificación por radio frecuencia (RFID) es un sistema que transmite la identidad de un objeto el cual posee un número de serie único, el cual es identificado por medio de ondas de radio, esta tecnología esta agrupada en las

“técnicas de auto-identificación”. Este sistema es capaz tanto de recibir como almacenar y recuperar datos de vía remota que usa etiquetas que pueden pegarse en productos u objetos e inclusive en animales y humanos, las cuales contienen antenas para la recepción y envío de datos almacenados por medio de radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Una vez que son leídas las etiquetas, la información es enviada a las antenas y la lectora para ser transferida a una base de datos, la lectura se puede hacer por medio de antenas fijas o de dispositivos móviles.

En la tecnología RFID los principios de operación del circuito consta de 2 elementos principales: la etiqueta y los lectores. La etiqueta es el elemento compuesto por silicio (Si), está unido al objeto o producto al que se va a identificar. El lector o también llamado Reader es el mecanismo que permite leer a la etiqueta pegada en el objeto a identificar, logrando así un intercambio de información contenida en la etiqueta, de acuerdo a la programación de la misma.

Esta tecnología también puede llamarse “tecnología inalámbrica” la cual se utiliza para identificar un objeto único, mediante la comunicación entre el lector y la etiqueta, la cual contiene una antena y un chip con capacidad para almacenar información, el chip recibe el nombre de *transponder* o *tag* el cual va adherido al objeto. Con el uso de la tecnología RFID es posible realizar lecturas simultáneas de objetos, productos, vehículos o personas. El circuito integrado almacena un número de identificación, para cada producto sin repetirse, el funcionamiento es sencillo y se puede detallar en 3 pasos.

1. El lector envía señales de radiofrecuencia en forma de ondas a la etiqueta, la cual puede captar la señal por su micro antena.
2. Las ondas alimentan al circuito integrado por medio de la micro antena, por radiofrecuencia, transmite al lector la información que está contenida en la memoria.

3. El lector recibe la información que contiene la etiqueta y lo envía a una base de datos, el cual previamente se han registrado las características del producto.

La comunicación entre el lector y la etiqueta se realiza por medio de ondas de radiofrecuencia, la cual tiene características específicas en cuanto al alcance, velocidad y seguridad según el rango de frecuencia, tipo de antena, tipo de etiquetas, etc.

La frecuencia de operación en los sistemas RFID se realiza entre 50KHz y 2.5GHz, las etiquetas que funcionan a bajas frecuencias (50KHz – 14KHz) son de bajo costo, corto alcance y resistentes al ruido, no requiere de licencias para su operación. Las etiquetas que funcionan a altas frecuencias (14MHz – 2.5GHz) son de mayor costo, tecnología más compleja, mayor alcance, y tampoco requiere de licencias para poder operar.

- Rango de alcance para poder mantener la comunicación.
- Capacidad de información que puede almacenar el transponder.
- Velocidad de transmisión y recepción entre etiqueta y lector.
- Tamaño de la etiqueta.
- Velocidad de lector para poder leer varias etiquetas a la vez.
- Posibles interferencias entre lector y etiqueta para su óptimo funcionamiento.
- Elegir entre etiquetas activas o pasivas.
- Tipo de batería (solo en etiqueta activa).
- Potencia de la etiqueta.

Un sistema de comunicación RFID se basa en comunicación bidireccional entre el lector y una etiqueta, por medio de ondas electromagnéticas de radiofrecuencia. El sistema de transmisión de información varía según la frecuencia en la que opera, de esta manera, un sistema RFID se basan en sistemas de acoplamiento. El tipo

de acoplamiento afecta directamente al rango de lectura entre las etiquetas y los lectores. (Tutorial sobre circuitos RFID)

6.2.1 APLICACIONES

Tarjetas de control de acceso: En la actualidad este tipo de tecnología es usada para soluciones de seguridad como el ingreso a edificios de trabajo, donde es muy habitual encontrar que en una misma propiedad horizontal laboren empleados de diferentes empresas, y para el acceso a cada piso es controlado por una puerta o torniquete que solo habilita el acceso con una tarjeta, la cual usa la tecnología RFID para asociar al empleado esta llave única, la cual se relaciona en una base de datos y permite definir el acceso para este empleado solo en la zona que lo requiera. Adicionalmente brinda un registro de las zonas en la que estuvo esta persona con fecha y hora.

Marcación de mercancía: En las empresas donde se producen artículos en grandes cantidades, en los últimos años se ha venido implementado el sistema de identificación por RFID que se ha integrado en la etiqueta adhesiva que actúa de sello de garantía para preservar la calidad de los productos contenidos en las cajas y lotes. Una vez las cajas y lotes han sido identificadas cada una con su codificación, se paletizan y transportan al área de retractilado, primer punto de validación empleando la tecnología RFID.

6.2.2 MÓDULO RFID SL031

Las características del SL031 son idénticas al SL030 exceptuando la interfaz de comunicación, siendo ésta IIC para el SL030 y UART para el SL031. Desarrollo basado en los IC NXP transponder (respondedores), de bajo consumo, el Módulo

HF RFID SL031 es un pequeño lector/escritor MIFARE, soportando MIFARE™ Classic 1K, MIFARE™ Classic 4K, Mifare Ultralight™; Aplicable a 13.56MHz; Módulo Embebido; Detección automática de etiquetas en tiempo real las cuales se mueven dentro y fuera del rango de detección e informe mediante un pin lógico de salida; Incluye todos los componentes necesarios integrados junto con la antena en una PCB. La máxima corriente de funcionamiento y corriente de suspensión (sleep) son 45mA y 10uA respectivamente, La primera elección para las aplicaciones, lo cual requiere bajo poder de consumo.



Figura 11. Módulo RFID SL031 (imagen propia)

6.2.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES RFID SL031

Modelo	MIFARE Módulo SL031
Frecuencia	13.56MHz
Protocolo	ISO14443A
Etiqueta apoyo	Ultralight, NTAG203, MIFARE Mini, MIFARE™ Classic 1K, MIFARE™ Classic 4K, FM11RF08
Interfaz	UART
Voltaje	2.5 - 3.6 VDC
Dimensión	38 x 38 mm

Tabla 2. Características RFID (Strong Link)

6.3 ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE

Teniendo en cuenta que este dispositivo será usado para pruebas de largo aliento, y de acuerdo a las necesidades del entrenador de los deportistas de tener información que le ayude a mejorar los planes de entrenamiento, se tiene para este dispositivo como funcionalidad de gran valor, un sistema de almacenamiento extraíble, el cual permita guardar el registro de las pruebas de cada deportista en un archivo plano que pueda ser revisado con posterioridad a la prueba y así mismo empezar a construir un histórico de las pruebas donde se puede analizar el tipo de evolución que se esté obteniendo.

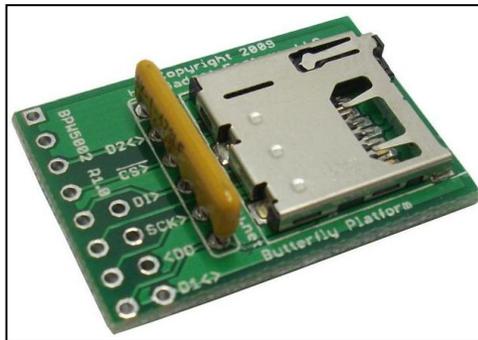


Figura 12. MicroSD Wing (MicroSD Wing)

Hay tres tipos principales de la familia de tarjetas de memoria SD. SD, SD High Capacity (SDHC [™]) y SD Extended Capacity (SDXC [™]).

Este formato, con diferentes versiones (normal, miniSD y microSD) fue inventado por Panasonic allá por el año 2005 y, a día de hoy, es el formato predominante no sólo en cámaras fotográficas, sino en móviles, PDAs (ayudante personal digital), ordenadores, videoconsolas, etc.

El principal motivo por el que vemos la necesidad de adquirir nuevas tarjetas es, fundamentalmente, por la necesidad de disponer de mayor capacidad de almacenamiento.

Afortunadamente, la tecnología avanza rápidamente y cada vez es más económico adquirir tarjetas SD de mayor capacidad. Con lo que, aunque las necesidades de almacenamiento son cada vez mayores, también lo es la oferta de tamaños, pudiéndose adquirir tarjetas de mayor capacidad a precios "asequibles".

Si por el año 2005 era una maravilla contar con una tarjeta de 128 MB, hoy poca gente se plantea adquirir tarjetas SD de menos de 4, 8, 16 ó incluso 32 GB. Es decir, en poco más de 5 años, la capacidad de las tarjetas de este formato (y de otros también) se ha multiplicado por varias decenas.

Actualmente las SD tienen un tamaño máximo de 4GB. Las SDHC, cuyo nombre proviene de Secure Digital High Capacity, o SD de alta capacidad, están limitadas artificialmente a 32GB. Las SDXC cuyo nombre son las siglas de Secure Digital eXtended Capacity, o SD de capacidad extendida, pueden alcanzar la nada despreciable cantidad de 2TB. Eso sí, para utilizar tarjetas SDXC se necesita un lector especialmente adaptado, y por ahora las tarjetas y los aparatos que cuentan con estas ranuras no son nada comunes.

6.3.1 VELOCIDAD DE ACCESO

En lo que SD respecta, generalmente la velocidad de las tarjetas se mide por X. A modo de referencia, 40X es equivalente a 6Mb/seg, 80X es igual a 12Mb/s y 100x = 15Mb/s. Si bien estas velocidades son interesantes, es importante saber que esta es la tasa de transferencia máxima a la que la tarjeta de memoria podrá llegar, el tema es que no se habla de la mínima. Por esto, surgieron en el mercado hace relativamente poco, un nuevo tipo de tarjeta SD, las SDHC, que garantizan una tasa de transferencia mínima.

Ahora, esto no significa que una SDHC sea más rápida que una SD o viceversa. Existen modelos SD lentos y rápidos y SDHC lentos y rápidos. Las SDHC son más

nuevas y hacen uso de la interfaz de manera más optimizada, arrancando en capacidades no menores a 2Gb y pudiendo llegar hasta los 32Gb de capacidad hoy en día.

Estamos de acuerdo, es preferible una tarjeta de 16GB que una de 8GB, pero no a cualquier precio, porque existe un dato que a veces se obvia deliberadamente como es la velocidad de acceso a la tarjeta.

Puede ser muy útil tener un almacén muy grande, pero si la puerta de acceso al mismo es muy pequeña, llenarlo o sacar cosas de él se convertirá en una auténtica tortura. Especialmente si lo que almacenamos en él tiene cada vez un mayor tamaño.

Abandonando el símil del almacén, con tarjetas que no sean lo suficientemente veloces no podrás realizar ráfagas suficientemente rápidas, tardarás más tiempo en visualizar tus fotografías en la cámara (especialmente si tienen una alta calidad) y, en definitiva, perderás tiempo debido a la espera derivada del proceso de escritura o consulta de la información en la tarjeta de memoria.

Recordemos que la clase, se refiere a la velocidad mínima de escritura que te garantiza la tarjeta.

Clase	Velocidad Mínima de Escritura	Descripción
2	2 MB/s	Capacidad para grabar video H.264, MPEG-4 y MPEG-2
4	4 MB/s	Capacidad para grabar video MPEG-2 (HDTV) y disparo consecutivo DSC
6	6 MB/s	Disparo consecutivo DSC de Megapixels, Cámaras Profesionales de Video
10	10 MB/s	Grabación de video de Alta Definición (HD), disparo consecutivo de Alta Definición.

Tabla 3. Clases de tarjetas Micro SD (elaboración propia)

La especificación SDXC hace referencia a la capacidad (pueden ser de más de 32Gb) y al sistema de archivos (exFAT). Asociado a esto, tienes el tipo de bus que es el UHS-I Se representa con una "U" con un "1" dentro que lo ves en la 3ª y 4ª tarjeta. No obstante, el bus UHS-I también lo tenemos en muchas SDHC de gama alta y hace referencia a como se comunica la tarjeta con el host. Una tarjeta UHS es más eficiente que una que no lo es cuando el host y la tarjeta son UHS. Si el host no es UHS, se comporta como una SDHC. En un futuro saldrán tarjetas UHS-II que será aún más rápido. (Todo lo que necesitas saber sobre tarjetas SD SDHC SDXC y sus clases)

Capacidad de la tarjeta	8 GB - 16 GB - 32 GB
Tipo de tarjeta	SD - SDHC - SDXC
Clase	4 - 6 - 10
Velocidad de lectura	100x - 133x - 150x - 200x o 15MB/s - 30MB/s - 45MB/s
Bus	UHS

Tabla 4. Capacidades de las tarjetas Micro SD de acuerdo a su clase (elaboración propia)

6.3.2 VELOCIDAD DE LECTURA Y ESCRITURA

Marca	Referencia	Velocidad de Lectura y Escritura
Sandisk	Extreme Pro	95 MB/s
	Extreme	Hasta 45 MB/s
	Ultra	30 MB/s
Kingston	Clase 10	10 MB/s
	UHS-I Elite	Hasta 30 MB/s
	UHS-I Ultimate	Hasta 90 MB/s (lectura) y 45 MB/s (escritura)
Lexar	Premium Series	30 MB/s (lectura) 9 MB/s (escritura)
	Professional (según modelo)	400x (60 Mb/s en lectura) - 600x (90 Mb/s en lectura) - 120 Mbit/s - 800x

Tabla 5. Velocidad de lectura y escritura de las tarjetas Micro SD (elaboración propia)

Equivalencias	
133x	20 MB/s
200x	30 MB/s
266x	40 MB/s
400x	60 MB/s
600x	90 MB/s
800x	120 MB/s
1000x	150 MB/s

Tabla 6. Equivalencias de notaciones en cuanto a velocidad de las tarjetas Micro SD se refiere (elaboración propia)

6.3.3 Ejemplo de uso SSDHC

SDHC	
Clase	Uso
2	Uso indicado para dispositivos con procesadores estándar como consolas, navegadores, GPS, cámaras digitales, móviles y PDA's de gama media. La Clase-2 es compatible si vamos a almacenar MPEG2(DVD), MPEG4(STV), MP3, fotos de resolución media, etc.
4	Uso indicado para dispositivos rápidos, MPEG2(DVD), H.264(HDV), High Speed DSL-R, telefonía móvil de gama media-alta, etc.
6	Uso indicado para dispositivos con procesadores ultra rápidos, HDV-Profesional, High Speed DSL-R (cámaras reflex de gama alta) y telefonía móvil con procesadores potentes, Nokia N96, Samsun Omnia, HTC Touch PRO, etc

Tabla 7. Ejemplos de uso para las tarjetas tipo SDHC (elaboración propia)

6.4 MICROCONTROLADOR

Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de una computadora completa en un solo circuito integrado programable y se destina a gobernar una sola tarea con el programa que reside en su memoria. Sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar.

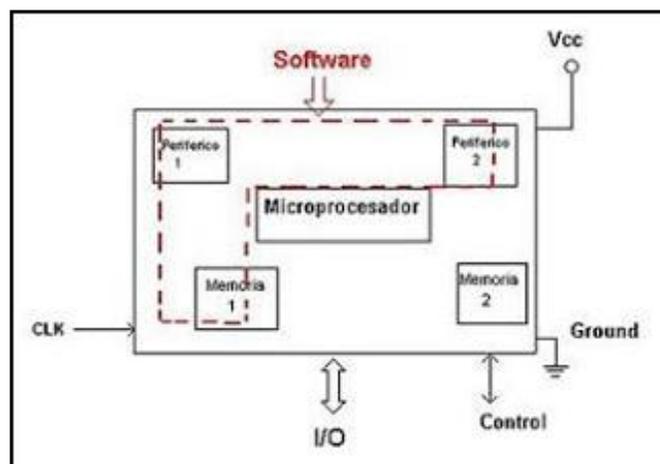


Figura 13. Esquema de un microcontrolador

6.4.1 MICROCONTROLADOR Y MICROPROCESADOR

El microprocesador es un circuito integrado que contiene la Unidad Central de Proceso (UCP), también llamada procesador, de un computador. La UCP está formada por la Unidad de Control, que interpreta las instrucciones, y el camino de datos, que las ejecuta. Los pines de un microprocesador sacan al exterior las líneas de sus buses de direcciones, datos y control, para emitir conectarle con la Memoria y los Módulos de E/S y configurar un computador elementado por varios circuitos integrados. Se dice que un microprocesador es un sistema abierto porque su configuración es variable de acuerdo con la aplicación a la que se destine.

Son diseñados para disminuir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la CPU, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación.

Los microcontroladores representan la inmensa mayoría de los chips de computadoras vendidos, sobre un 50% son controladores "simples" y el restante corresponde a DSPs más especializados. Usted puede encontrarlos en casi cualquier dispositivo electrónico como automóviles, lavadoras, hornos microondas, teléfonos, etc.

Un microcontrolador difiere de una CPU normal, debido a que es más fácil convertirla en una computadora en funcionamiento, con un mínimo de chips externos de apoyo. La idea es que el chip se coloque en el dispositivo, enganchado a la fuente de energía y de información que necesite, y eso es todo. Un microprocesador tradicional no le permitirá hacer esto, ya que espera que todas estas tareas sean manejadas por otros chips. Hay que agregarle los módulos de entrada/salida (puertos) y la memoria para almacenamiento de información.

Los microcontroladores negocian la velocidad y la flexibilidad para facilitar su uso. Debido a que se utiliza bastante sitio en el chip para incluir funcionalidad, como los dispositivos de entrada/salida o la memoria que incluye el microcontrolador, se ha de prescindir de cualquier otra circuitería.

Estructura de un sistema abierto basado en un microprocesador. La disponibilidad de los buses en el exterior permite que se configure a la medida de la aplicación. Si sólo se dispusiese de un modelo de microcontrolador, éste debería tener muy potenciados todos sus recursos para poderse adaptar a las exigencias de las diferentes aplicaciones. En la práctica cada fabricante de microcontroladores oferta un elevado número de modelos diferentes, desde los más sencillos hasta los más poderosos. Es posible seleccionar la capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S, la cantidad y potencia de los elementos auxiliares, la velocidad de funcionamiento, etc. Por todo ello, un aspecto muy destacado del diseño es la selección del microcontrolador a utilizar.

El microcontrolador es un sistema cerrado. Todas las partes del computador están contenidas en su interior y sólo salen al exterior las líneas que gobiernan los periféricos.

En la práctica cada fabricante de microcontroladores oferta un elevado número de modelos diferentes, desde los más sencillos hasta los más poderosos. Es posible seleccionar la capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S, la cantidad y potencia de los elementos auxiliares, la velocidad de funcionamiento, etc. Por todo ello, un aspecto muy destacado del diseño es la selección del microcontrolador a utilizar.

6.4.2 APLICACIONES

Cada vez existen más productos que incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, reducir su tamaño y coste, mejorar su fiabilidad y disminuir el consumo.

Algunos fabricantes de microcontroladores superan el millón de unidades de un modelo determinado producidas en una semana. Este dato puede dar una idea de la masiva utilización de estos componentes.

Los microcontroladores están siendo empleados en multitud de sistemas presentes en nuestra vida diaria, como pueden ser juguetes, horno microondas, frigoríficos, televisores, computadoras, impresoras, módems, el sistema de arranque de nuestro coche, etc. Y otras aplicaciones con las que seguramente no estaremos tan familiarizados como instrumentación electrónica, control de sistemas en una nave espacial, etc. Una aplicación típica podría emplear varios microcontroladores para controlar pequeñas partes del sistema. Estos pequeños controladores podrían comunicarse entre ellos y con un procesador central, probablemente más potente, para compartir la información y coordinar sus acciones, como, de hecho, ocurre ya habitualmente en cualquier PC. (Microcontroladores)

6.4.3 ARDUINO NANO

El Arduino Nano es una pequeña tabla que tiene más o menos la misma funcionalidad de la Arduino Duemilanove, pero en un paquete diferente. Le falta sólo un conector de alimentación de CC, y funciona con un cable USB Mini-B en lugar de una normal. El Nano fue diseñado y está siendo producido por Gravitech.

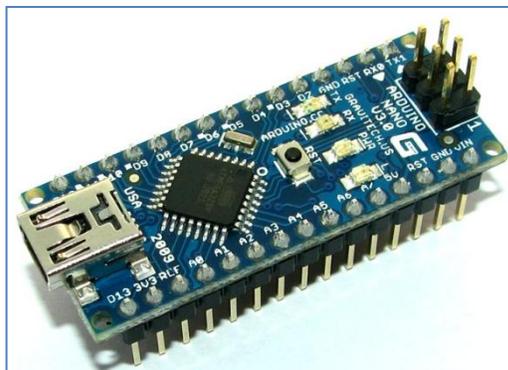


Figura 14. Arduino Nano (Tactical Space Lab)

Microcontroladores	Atmel ATmega168 o ATmega328
Tensión de funcionamiento (nivel lógico)	5 V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de entrada (límites)	6-20 V
Digital pines I / O	14 (de las cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	8
Corriente DC por Pin I / O	40 mA
Memoria Flash	16 KB (ATmega168) o 32 KB (ATmega328) de los cuales 2 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	1 KB (ATmega168) o 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) o 1 KB (ATmega328)
Velocidad De Reloj	16 MHz
Dimensiones	0,73 "x 1,70"
Longitud	45 mm
Ancho	18 mm
Peso	5 g

Tabla 8. Especificaciones Arduino Nano (elaboración propia)

POTENCIA

El Arduino Nano puede ser alimentado a través de la conexión USB Mini-B, 6-20V no regulado fuente de alimentación externa (pin 30), o 5V fuente de alimentación externa regulada (pin 27). La fuente de alimentación se selecciona de forma automática a la fuente de tensión más alta.

MEMORIA

El ATmega168 tiene 16 KB de memoria flash para el almacenamiento de código (de los cuales 2 KB se utiliza para el gestor de arranque); el ATmega328 tiene 32 KB, (también con 2 KB utilizado por el gestor de arranque). El ATmega168 tiene 1

KB de SRAM y 512 bytes de EEPROM (que pueden ser leídos y escritos con la librería EEPROM); el ATmega328 tiene 2 KB de SRAM y 1 KB de EEPROM.

COMUNICACIÓN

El Arduino Nano tiene una serie de instalaciones para comunicarse con un ordenador, otro Arduino, u otros microcontroladores. Los ATmega168 y ATmega328 proporcionan TTL UART (5V) de comunicación serie, que está disponible en los pines digitales 0 (RX) y 1 (TX). Un FTDI FT232RL en los canales de mesa esta comunicación en serie a través de USB y los drivers FTDI (incluido con el software de Arduino) proporcionan un puerto com virtual para el software en el ordenador. El software de Arduino incluye un monitor de serie que permite a los datos textuales sencillos para ser enviados hacia y desde la placa Arduino. Los LEDs RX y TX en el tablero parpadean cuando se están transmitiendo datos a través del chip y conexión USB FTDI al ordenador (pero no para la comunicación en serie en los pines 0 y 1).

El ATmega168 y ATmega328 también apoyan I2C (TWI) y SPI. El software de Arduino incluye una librería Wire para simplificar el uso del bus I2C. Para utilizar la comunicación SPI, se debe consultar la ficha técnica ATmega168 o ATmega328. (Arduino)

6.4.4 MICROCONTROLADOR PIC16F1827

A pesar de que el PIC 16F886 fue el microcontrolador elegido cuando estábamos en la etapa de exploración del proyecto, también entramos a revisar otras posibilidades en el mercado con el fin de mejorar variables como el tamaño, es por eso que garantizando: capacidades suficientes para el proyecto, costo, facilidad para adquirirlo en el mercado local, se contemplo la posibilidad del PIC16F1827 como la plataforma que nos controlará todo el sistema RFID.

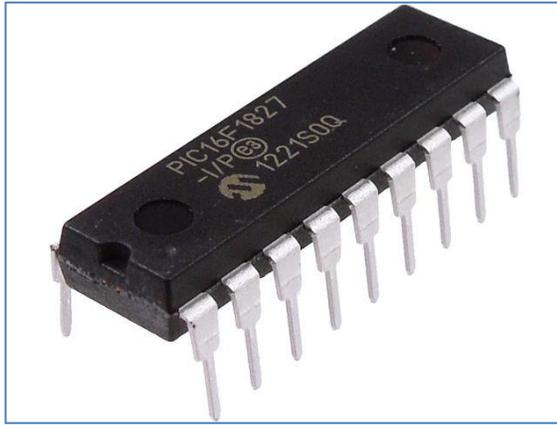


Figura 15. PIC16F1827 (Akizukidenshi)

PIC16(L)F1826/27 Family Types

Device	Program Memory	Data Memory		I/O's ⁽¹⁾	10-bit ADC (ch)	CapSense (ch)	Comparators	Timers (8/16-bit)	EUSART	MSSP	ECCP (Full-Bridge)	ECCP (Half-Bridge)	CCP	SR Latch
	Words	SRAM (bytes)	Data EEPROM (bytes)											
PIC16LF1826	2K	256	256	16	12	12	2	2/1	1	1	1	—	—	Yes
PIC16F1826	2K	256	256	16	12	12	2	2/1	1	1	1	—	—	Yes
PIC16LF1827	4K	384	256	16	12	12	2	4/1	1	2	1	1	2	Yes
PIC16F1827	4K	384	256	16	12	12	2	4/1	1	2	1	1	2	Yes

Note 1: One pin is input only.

Tabla 9. Comparación con PIC del mismo tipo (Microchip)

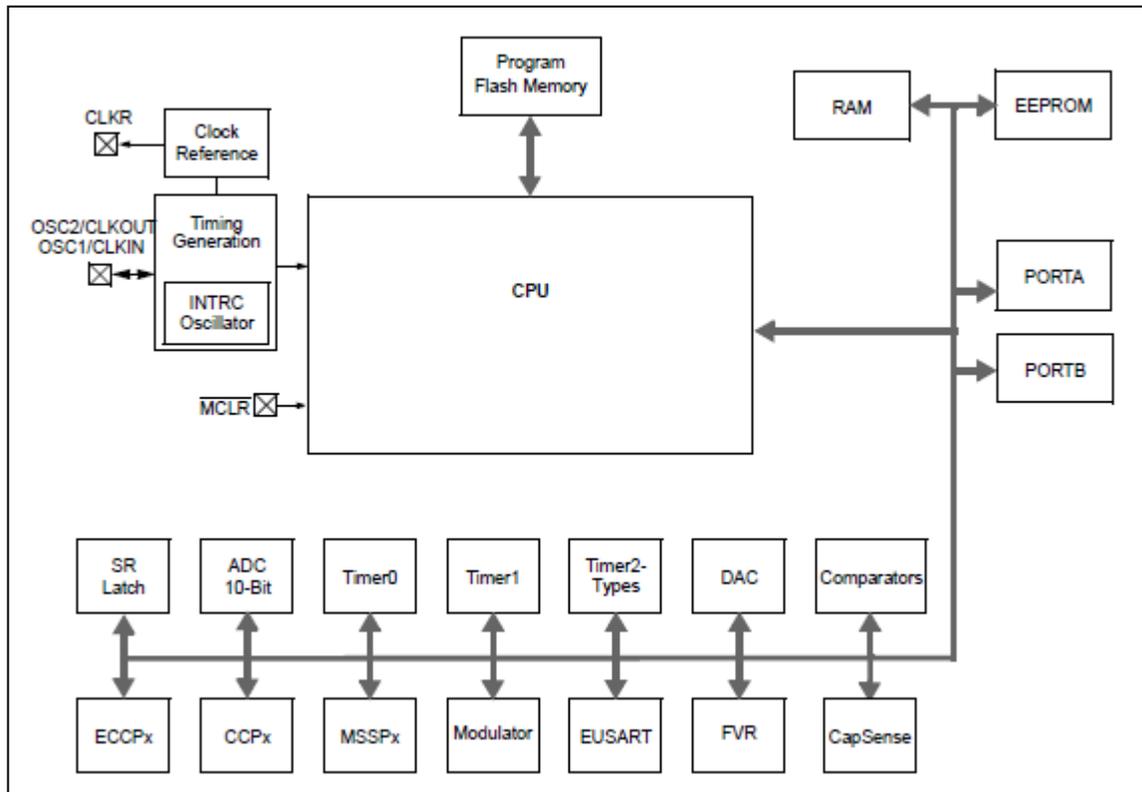


Figura 16. Diagrama de bloques PIC16F1827 (Microchip)

Sin embargo al momento de hacer pruebas con este PIC que es de nueva generación, no encontramos con diferentes dificultades que nos obligaron a retornar a la idea inicial, por tal motivo el microcontrolador implementado como plataforma para controlar todo el sistema RFID es el PIC16f886.

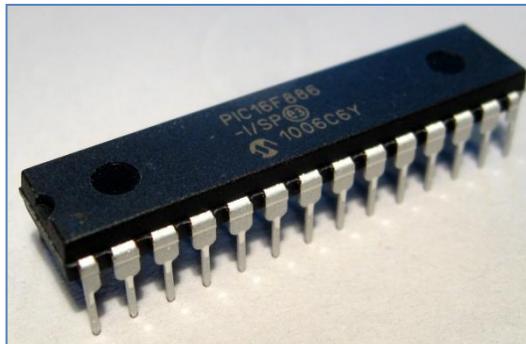


Figura 17. PIC16F886 (Sundgren)

6.5 ETAPA DE POTENCIA

La etapa de potencia o alimentación de un circuito es parte fundamental para su correcto funcionamiento, ya que puede depender de varias necesidades como potencia, disponibilidad, movilidad del dispositivo a alimentar y la autonomía del mismo. Lo anterior obliga a implementar toda la etapa de potencia o alimentación de un circuito, ya sea integrando tecnologías existentes o desarrollando una a la medida de las necesidades del proyecto.

Para el caso particular de dispositivos que su operación depende de una batería, es fundamental tener en cuenta la usabilidad del dispositivo y la autonomía mínima para que este sea funcional. Llegar a esto requiere de un análisis y cálculos detallados de consumo de potencia de los elementos que conforman el circuito, con el fin de elegir la mejor batería para su alimentación que cumpla con las características mínimas de usabilidad.

Adicionalmente es muy común que los diferentes elementos que conforman un dispositivo requieran de diferente voltaje de alimentación, lo que obliga a diseñar una etapa de potencia mucho más elaborada, donde normalmente se deben implementar reguladores o amplificadores e incluso en casos no muy habituales se pueden requerir de los dos.

6.5.1 CARGADOR MICRO-USB PARA BATERIA LITIO

Teniendo en cuenta que el prototipo desarrollado requiere alimentación por batería, se implementó un cargador electrónico con puerto micro-usb que permita mantener la batería conectada todo el tiempo. La tarjeta como tal está construida en base al controlador de gestión de carga MCP73831 y está diseñada para cargar baterías de Litio Polímero a 3.7V, la cual cuenta con las siguientes características:

Item	Descripción
1	Controlador de administración de carga lineal
2	Integrado de detección de corriente
3	Alta prestación de voltaje +/- 75%
4	Cuatro opciones de regulación de voltaje: 4.20V, 4.35V, 4.40V, 4.50V
5	Corriente de carga programable: 15 mA a 500mA
6	Regulación térmica
7	Rango de temperatura: -40°C a 85°C

Tabla 10. Características MCP73831 (Sparkfun)

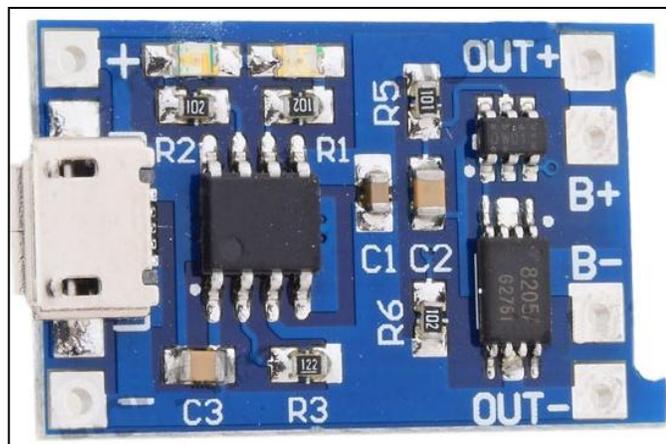


Figura 18. Cargador micro-usb (I+D)

6.5.2 BATERÍA LITIO

Hoy en día todos somos usuarios y consumidores de baterías. Están en todas partes, nos rodean escondidas en los más variados artículos, desde juguetes hasta automóviles.

Pero todas las baterías no son iguales. Algunas las usamos y las tiramos (o mejor las reciclamos) porque no se pueden recargar; son las baterías "primarias", convencionales o alcalinas y se usan en múltiples aplicaciones, algunas tan vitales como la alimentación de marcapasos. Las baterías "secundarias" o recargables satisfacen necesidades muy distintas.

Actualmente existen dos tipos de baterías recargables que dominan el mercado: las baterías de plomo y las de níquel-cadmio.

Las baterías de plomo reinan en nuestros automóviles pero sólo destinadas a cubrir las necesidades de arranque, iluminación e ignición (no tienen suficiente energía para mover el coche).

Las baterías de níquel-cadmio a falta de mejores baterías, se emplean en artículos de electrónica de consumo como videocámaras y ordenadores o teléfonos móviles.

Cualquier usuario de estos artículos podría dar testimonio de la necesidad de mejora técnica de estas baterías (se descargan solas demasiado rápidamente y presentan un peculiar efecto memoria que reduce su capacidad).

Además de la necesidad de mejoras técnicas en las baterías actuales, los usuarios deben saber que los elementos que las componen son altamente contaminantes, especialmente el plomo y el cadmio, y que en el caso de este último, los procesos de reciclado no están bien establecidos. Sin embargo, la demanda del mercado de baterías recargables es previsible que siga creciendo tanto a corto como a medio plazo. Así, la búsqueda de baterías más ligeras y de mayor densidad de energía para el mercado de la electrónica de consumo es ya una necesidad urgente (¿a quién le gustaría comprar un equipo electrónico en el que la batería ocupara la mayor parte del espacio?).

A este enorme mercado mundial habría que añadir a más largo plazo el no menos importante mercado de baterías recargables para tracción de automóviles eléctricos. En este campo la necesidad de mejora es igualmente patente. De hecho las baterías son el punto débil de los prototipos eléctricos que están empezando a salir ya al mercado del automóvil. Sus prestaciones limitadas y alto precio relativo hacen dura la competencia con vehículos convencionales de combustión. Sin embargo, existe una creciente demanda social de tecnologías limpias, más respetuosas con el medio ambiente que hacen especialmente deseable el desarrollo de vehículos eléctricos al menos para uso en entornos urbanos.

¿Qué tecnología es la ideal para el desarrollo de nuevas baterías recargables?. En general, cada tecnología tiene características que se ajustan mejor a ciertas aplicaciones, y existen asimismo numerosos y variados tipos de baterías que se pueden considerar hoy en día en estado de desarrollo.

Una breve lista podría incluir baterías Sodio/azufre, zinc/aire, hidruro metálico/óxido de níquel y baterías de litio. Todas tienen ventajas e inconvenientes que se intentan evitar con diseños adecuados pero las baterías de litio, junto quizá a las de hidruro metálico son las que van encontrando un mayor consenso en cuanto a su potencial y un mayor esfuerzo en su investigación y desarrollo a nivel mundial.

Son muchas las razones que han originado este consenso. En primer lugar el litio es el metal más ligero y esto da lugar a una alta capacidad específica (Figura 1), lo que permite obtener la misma energía con un peso muy inferior.

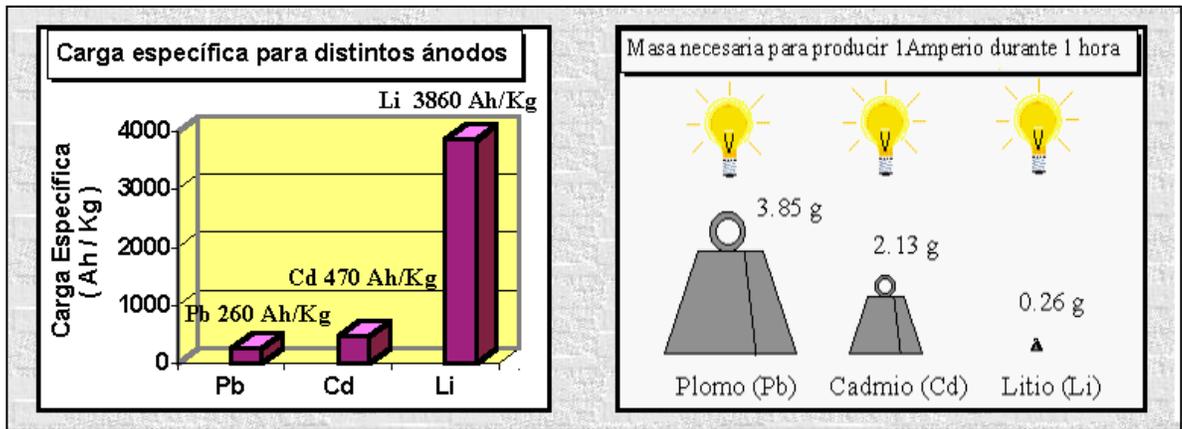


Figura 19. Comparativo de baterías (Cienciateca)

La batería elegida para el proyecto fue una batería de litio de 200 mA a 3.7 V

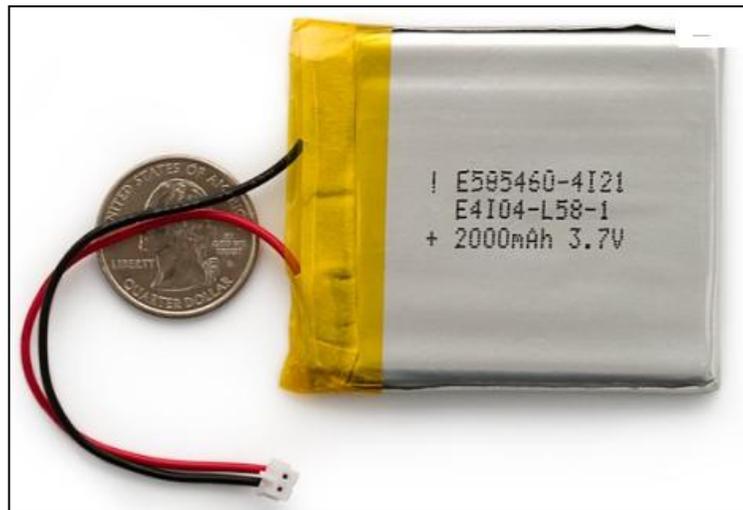


Figura 20. Batería de litio (I+D)

6.5.3 TARJETA LM2577 STEP-UP

Convertidor elevador de voltaje ajustable, puede aceptar de 3.5 a 30VDC y generar 4 a 30VDC. La entrada de voltaje debe ser siempre menor que la salida, al menos una diferencia de 0.5V. No ajustar la salida de voltaje del módulo si la carga está conectada, por favor ajuste la salida del módulo antes de conectar la carga.

Características

Item	Descripción
Voltaje de entrada	3.5 a 30 VDC
Voltaje de salida	4 a 30 VDC
Potencia de salida	50 W
Corriente sin carga	10 mA (cambia dependiendo de la entrada y la salida)
Corriente máxima de salida	1 mA
Corriente máxima de entrada	3 mA
Eficiencia típica	85 % (puede cambiar dependiendo de la entrada y la salida)
Temperatura de funcionamiento	(-) 20 °C a 60 °C
Tamaño	4.6 x 2.6 x 1.4 cm

Tabla 11. Características LM2577 (elaboración propia)

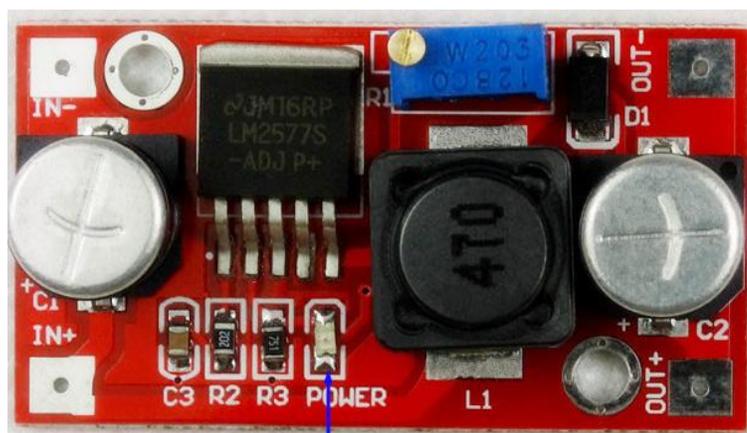


Figura 21. Step up / step down (I+D)

7 RESULTADOS ESPERADOS

Contar con un prototipo funcional que otorgue la información de distancia recorrida con un margen de error aceptable de acuerdo a la tecnología empleada y que entregue de forma sencilla a través de archivos planos, todos los datos relacionados con la medición realizada de las distancias recorridas por los jóvenes deportistas del programa Tecnología en Entrenamiento Deportivo.

Sin restarle importancia a lo que representa el dispositivo como materialización de tecnología propia y abierta, el resultado más representativo que se espera de este proyecto es lograr que dicho dispositivo se convierta en una herramienta complementaria para los docentes, con el fin del buen desarrollo de algunas prácticas que se realizan en el programa Tecnología en Entrenamiento Deportivo de la Facultad de Educación.

Al final del proyecto se contará con un documento técnico del prototipo realizado y también de un manual de usuario como documento anexo.

Adicionalmente se entregará el software, firmware y hardware del proyecto, junto con los diseños electrónicos como esquemáticos y de circuito impreso del prototipo.

De acuerdo a lo anterior, a continuación se describe esquemáticamente todo el conjunto de objetivos y requerimientos que conforman el proyecto y esperan cumplirse al finalizar el mismo.

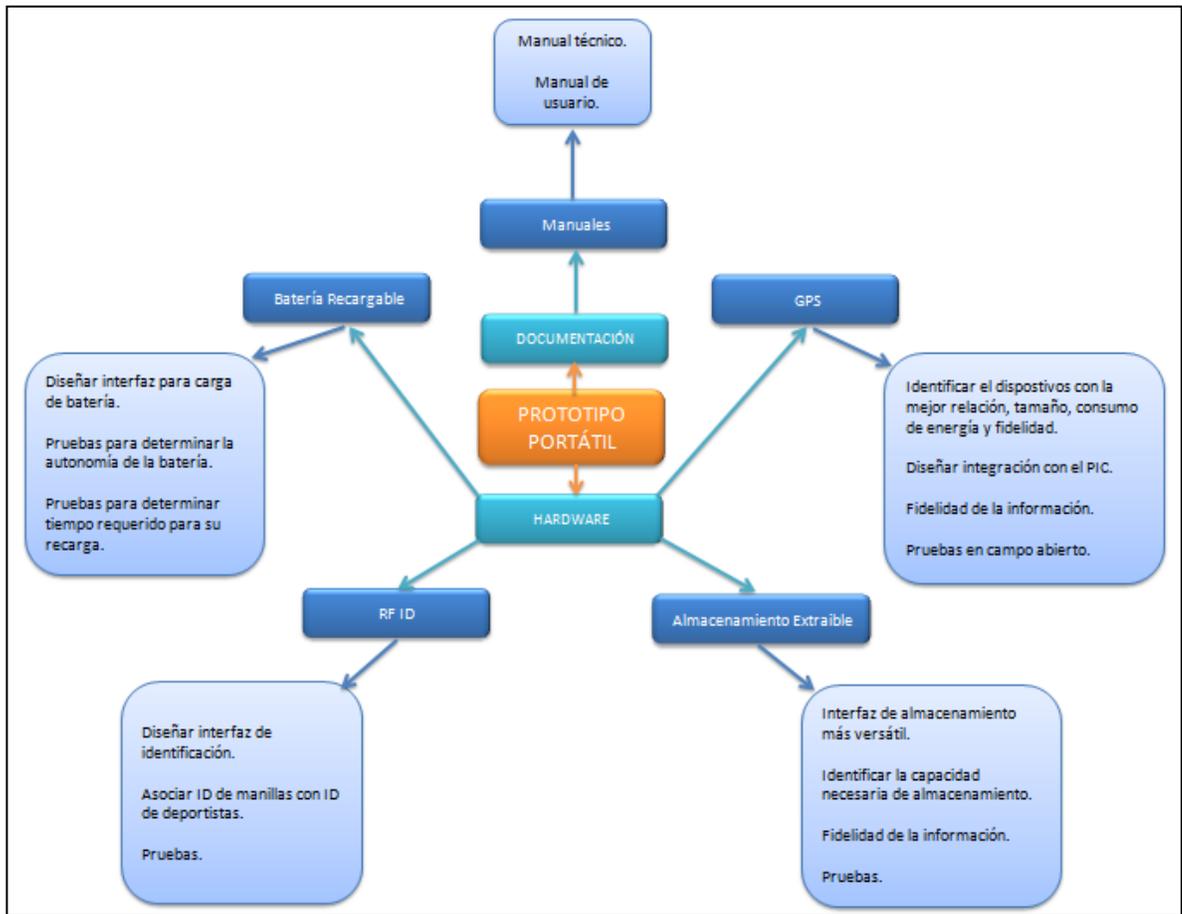


Figura 22. Representación esquemática del proyecto (elaboración propia)

7.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados que llevarán al resultado esperado antes descrito, se planteó el siguiente cronograma de actividades.

Actividad	Descripción	Etapas del Proyecto
1	Consolidar requerimientos y documentación	Exploración
2	Información Complementaria	Prefactibilidad
3	Adquisición de Elementos	Factibilidad
4	Diseño Teórico	
5	Código Inicial	Desarrollo
6	Realizar Montaje en Protoboard	
7	Pruebas Locales	
8	Desarrollo de tarjeta	
9	Montaje definitivo	
10	Desarrollo de carcasa	
11	Pruebas en Campo	
12	Analizar resultados de la primera prueba	
13	Realizar mejoras posibles	Implantación y Estabilización
14	Realizar pruebas finales en campo	
15	Recopilación de información	
16	Construcción del borrador de los documentos	
17	Elaboración de los documentos finales	

Tabla 12. Cronograma de actividades (elaboración propia)

8 RESULTADOS

Como resultados inicial de la exploración, se determinó cuales eran los dispositivos o elementos para el proyecto que cumplen con la mejor relación costo beneficio, donde se tuvo en cuenta como puntos más relevantes, el tamaño, consumo de energía, costo, funcionalidades y disponibilidad en el mercado.

MÓDULO GPS

El módulo elegido fue el Arduino Shield GPS Ublox's NEO-6M por dos razones fundamentales, la primera porque ya venía implementado en una tarjeta, lo que para efectos del corto tiempo que se tiene para el desarrollo del proyecto es fundamental y la segunda es el único módulo de los disponibles en el mercado que cuenta con la interfaz para tarjeta micro-sd, la cual hace parte fundamental del proyecto.

	Arduino Shield GPS ublox's NEO-6M	Quectel L80 GPS Module	Módulo Receptor GPS (A2100-A)
Consumo de energía	40 mA	25 mA	50 mA
Precio	\$ 90.000	\$ 25.000	\$ 75.000
Precisión Horizontal (mts)	2.5	2.5	2.5
Dimensiones LxWxH (mm)	68.69 x 53.54 x 23.21	16 x 16 x 6.45	15.2 x 15.2 x 2.4
Interfaz de comunicación	Serial	Serial	Serial
Interface SD	Si	No	No
Disponibilidad en el mercado local	Si	Si	Si
Shield	Si	No	No

Tabla 13. Comparativo Módulos GPS (elaboración propia)

Para este proyecto como tal usaremos la información que entrega el GPS para generar una serie de información asociada a las variables que va generando un deportista a medida que realiza su prueba de atletismo. Las variables que entrega el GPS son: latitud, longitud, fecha, hora y velocidad. Sin embargo una de las variables más relevantes del proyecto es la distancia, la cual se puede calcular con la latitud y la longitud mediante la siguiente fórmula

```
if (diflo > 100 || difla > 100) {  
    aux = (sqrt((diflo / 50) ^ 2 + (difla / 50) ^ 2));  
    distance = distance + aux;  
    longi2 = longi1;  
    lati2 = lati1  
}
```

RFID

El RFID elegido fue el SL031 ya que en comparación con los demás cuenta con un tamaño que se acomoda más a nuestras necesidades y su costo estaba dentro del promedio de los elementos disponibles en el mercado. Adicionalmente cumple con todas las funcionalidades mínimas necesarias para el proyecto.

	MIFARE Módulo SL030	MIFARE Módulo SL031	PLX-28340
Consumo de energía	45 mA	45 mA	70 mA
Precio	\$ 89.000	\$ 89.000	\$ 78.000
Etiqueta apoyo	Ultralight, NTAG203, MIFARE Mini, MIFARE™ Classic 1K, MIFARE™ Classic 4K, FM11RF08	Ultralight, NTAG203, MIFARE Mini, MIFARE™ Classic 1K, MIFARE™ Classic 4K, FM11RF08	EM41000
Dimensiones	38 x 38 mm	38 x 38 mm	62.2 X 82.4
Interfaz de comunicación	IIC	UART	USB
Disponibilidad en el mercado local	No	Si	Si

Tabla 14. Comparativo Módulos RFID (elaboración propia)

El módulo RFID nos presentó muchos inconvenientes al momento de implementarlo, ya que no lográbamos obtener comunicación con este a través del microcontrolador, por lo cual fue necesario empezar a realizar pruebas seriales con un PC usando el RS232.

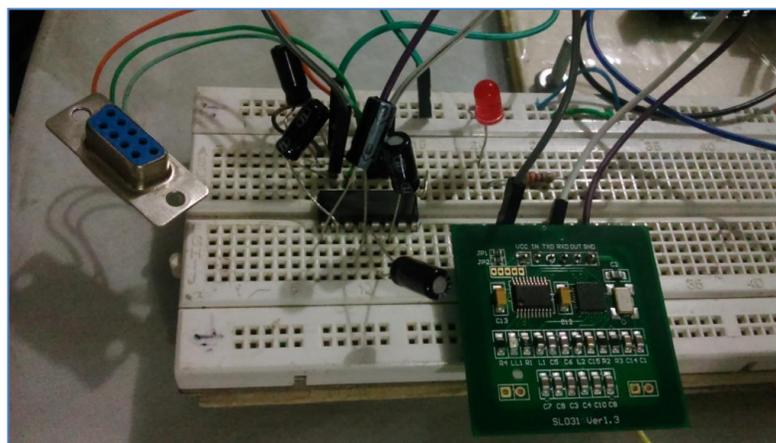


Figura 24. Comunicación serial con RS232 (elaboración propia)

Con el resultado de las pruebas se logró activar y desactivar el funcionamiento del dispositivo a través de las etiquetas, pero no fue posible identificar cual era la etiqueta que se estaba pasando por el RFID.

ETIQUETAS

Al tener el Módulo RFID elegido, se debe elegir las etiquetas compatibles y funcionales para el proyecto, donde para este caso en particular, el factor económico determinó que las más apropiadas eran las MIFARE Classic 4K. Las etiquetas tipo manilla podrían ser más funcionales para este proyecto, pero con respecto a la elegida, las manillas excedían su precio en un 271%.

	MIFARE™ Classic 4K	MIFARE™ Ultralight	SLB01 MIFARE 1K
Precio	\$ 3.500	\$ 9.500	\$ 3.500
Compatibilidad con RFID	Si	Si	Si
Tipo	Llavero	Manilla	Etiqueta
Disponibilidad en el mercado	Si	Si	Si

Tabla 15. Comparativo Etiquetas RFID (elaboración propia)

MICROCONTROLADOR PIC

El PIC 16F886 fue el elegido para implementar el proyecto, ya que su única función es recibir la trama entregada por las etiquetas a través del RFID y realizar una comunicación paralela con el microcontrolador Arduino Nano, por lo tanto no se requería funcionalidades específicas y adicionalmente es un PIC ya conocido por nosotros al haber sido usado en otros proyectos, por lo antes descrito se eligió este modelo de PIC.

	PIC16F1827	PIC16F886
Precio	\$ 6.000	\$ 7.000
Consumo de energía	30 nA a 500 nA	11 µA a 220 µA
Interface UART	Si	Si
Cantidad de Pines	18	28
Disponibilidad en el mercado	Si	Si

Tabla 16. Comparativo Microcontroladores PIC (elaboración propia)

La función principal del PIC es recibir la trama de datos generada por el RFID y a su vez realiza una comunicación paralela con el microcontrolador Arduino, donde simplemente se envía un número binario de cuatro (4) bits, por lo tanto se pueden configurar hasta 15 ID diferentes desde el 1 hasta el 15, el cual activa o desactiva el funcionamiento del dispositivo. Adicionalmente en este microcontrolador se le incluyó una funcionalidad de activación y desactivación manual en caso tal de no tener disponibles las etiquetas.

Una muestra del código desarrollado para lograr las anteriores funcionalidades es el siguiente:

```

53 unsigned char g_cUartRxCnt;
54 unsigned char g_cUartStatus;
55 bank1 unsigned char g_cRxBuf[40];
56 bank1 unsigned char g_cUartTxCnt;
57 bank1 unsigned char g_cUartTxDataLen;
58 bank1 unsigned char g_cCardType;
59
60 //=====
61 // Command List, preamble + length + command
62 //=====
63 const unsigned char SelectCard[] = {0xBA,0x02,0x01 };
64 const unsigned char LoginSector0[] = {0xBA,0x0A,0x02,0x00,0xAA,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF};
65 const unsigned char LoginSector1[] = {0xBA,0x0A,0x02,0x01,0xAA,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF};
66 const unsigned char ReadBlock1[] = {0xBA,0x03,0x03,0x01};
67 const unsigned char WriteBlock1[] = {0xBA,0x13,0x04,0x01,0x00,0x11,0x22,0x33,0x44,0x55,0x66,0x77,0x88,0x99,0xAA,0xBB,0xCC,0xDD,0xEE,0xFF};
68 const unsigned char ReadValue[] = {0xBA,0x03,0x05,0x04};
69 const unsigned char WriteValue[] = {0xBA,0x07,0x06,0x04,0x00,0x00,0x00,0x01};
70 const unsigned char IncrementValue[] = {0xBA,0x07,0x08,0x04,0x00,0x00,0x00,0x20};
71 const unsigned char DecrementValue[] = {0xBA,0x07,0x09,0x04,0x03,0x00,0x00,0x00};
72 const unsigned char CopyValue[] = {0xBA,0x04,0x0A,0x04,0x05};
73 const unsigned char ReadULPage5[] = {0xBA,0x03,0x10,0x05};
74 const unsigned char WriteULPage5[] = {0xBA,0x07,0x11,0x05,0x11,0x22,0x33,0x44};
75 const unsigned char Halt[] = {0xBA,0x03,0x50,0x00};
76

```

Figura 25. Código del RFID (elaboración propia)

MICROCONTROLADOR ARDUINO

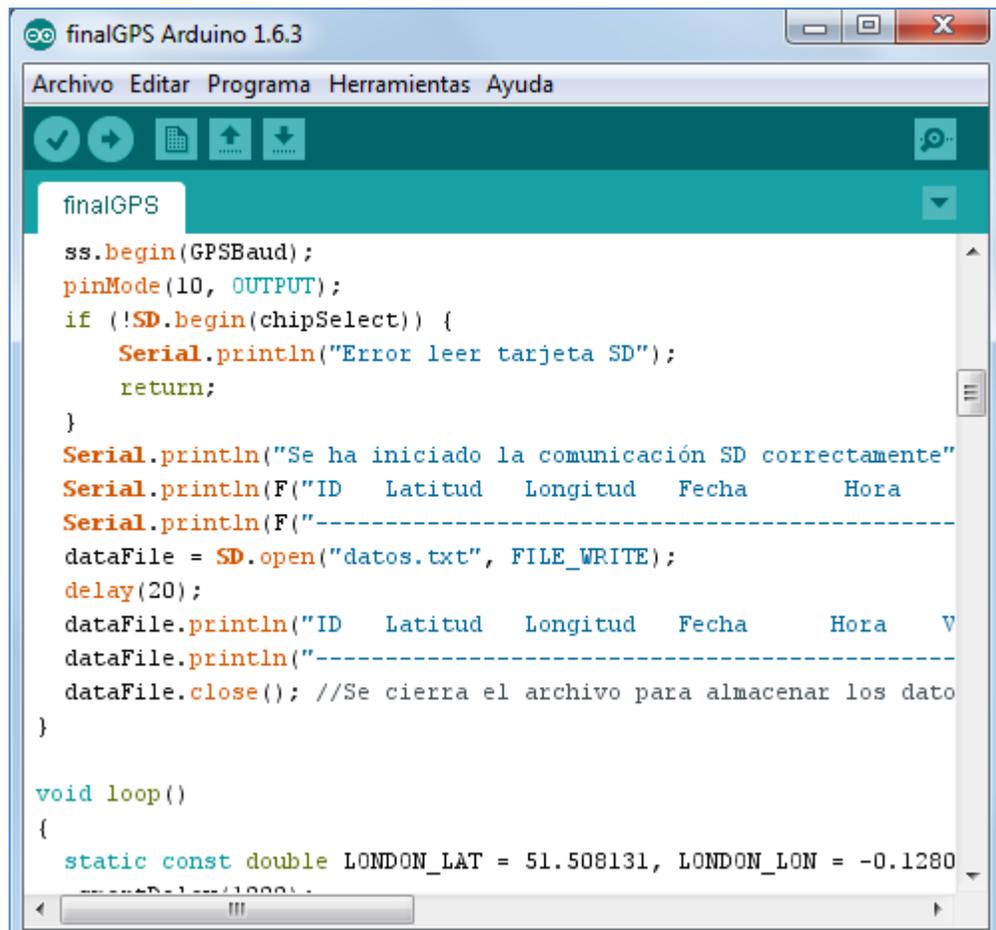
Los microcontroladores arduino al venir implementados en su propia shield, se caracterizan por tener un tamaño considerable, por lo tanto de acuerdo a este punto fundamental para nuestro proyecto, el costo y las funcionalidades requeridas en la implementación, se eligió el Arduino Nano como la mejor opción.

	ARDUINO NANO	ARDUINO UNO
Precio	\$ 30.000	\$ 60.000
Interface UART	Si	Si
Dimensiones	37 X 10 mm	70 x 55 mm
Disponibilidad en el mercado	Si	Si

Tabla 17. Comparativo Microcontroladores Arduino (elaboración propia)

El microcontrolador Arduino gestiona las funcionalidades principales del dispositivo, las cuales son el GPS, la interfaz Micro-SD y un led RGB que indica si en el momento se está o no almacenando datos y recibe un número binario del PIC el cual es la instrucción para iniciar el almacenamiento de información. Con respecto a esto último, el código lo que hace es que en el momento de iniciar la adquisición de datos, genera un archivo con la extensión “.txt”, donde cada segundo genera una línea de información con el id de la etiqueta, latitud, longitud, fecha, hora, velocidad y distancia, donde esta última es calculada en el código desarrollado.

Una muestra del código desarrollado para este microcontrolador es el siguiente:

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "finalGPS Arduino 1.6.3". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Programa", "Herramientas", and "Ayuda". Below the menu bar is a toolbar with icons for checkmark, play, upload, download, and help. The main editor area shows the following code:

```
finalGPS
ss.begin(GPSBaud);
pinMode(10, OUTPUT);
if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Error leer tarjeta SD");
    return;
}
Serial.println("Se ha iniciado la comunicación SD correctamente");
Serial.println(F("ID  Latitud  Longitud  Fecha  Hora
Serial.println(F("-----
dataFile = SD.open("datos.txt", FILE_WRITE);
delay(20);
dataFile.println("ID  Latitud  Longitud  Fecha  Hora  V
dataFile.println("-----
dataFile.close(); //Se cierra el archivo para almacenar los dato
}

void loop()
{
    static const double LONDON_LAT = 51.508131, LONDON_LON = -0.1280
```

Figura 26. Código para el Arduino Nano (elaboración propia)

8.1 DISEÑO CONCEPTUAL Y ESQUEMÁTICO DEL PROYEC

A nivel de diagrama de bloques el proyecto se diseño tomando como referente dos plataformas de control embebido, el Microcontrolador PIC para el RFID y el Arduino Nano para el GPS y la Interfaz Micro-SD. Adicionalmente a nivel de diseño se puede observar que todo el sistema de alimentación que está conformado por una batería, un cargador y un step up, suministran el voltaje de funcionamiento necesario para el Arduino Nano y este a su vez alimenta los demás elementos.

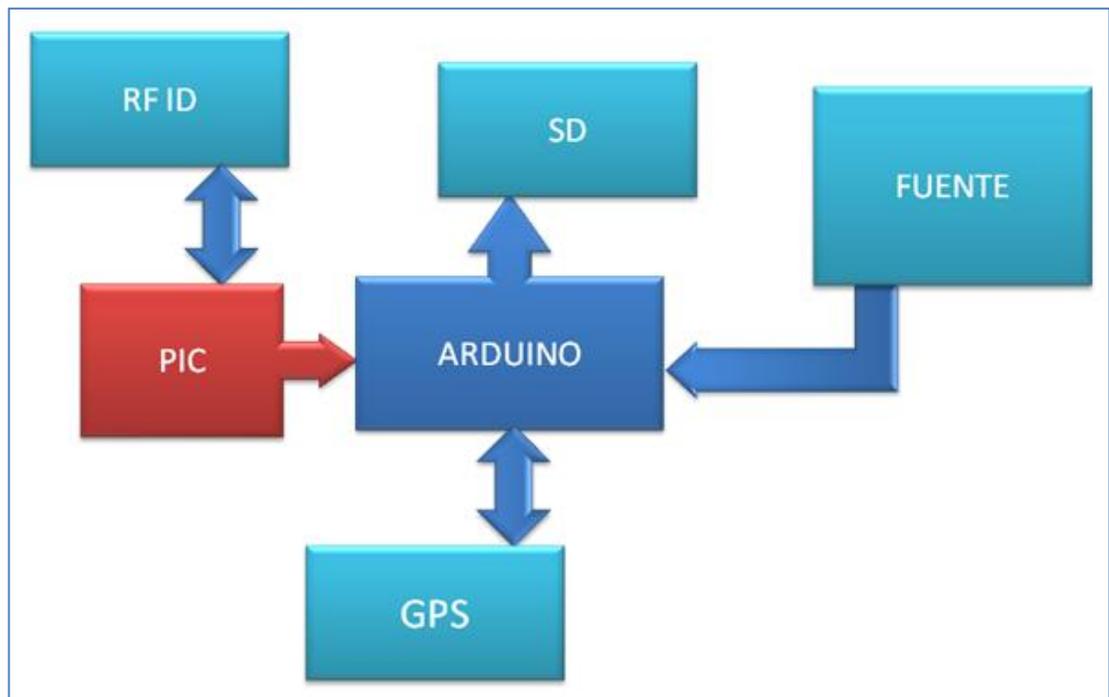


Figura 27. Diseño conceptual del proyecto (elaboración propia)

Con respecto al diseño esquemático, tenemos lo siguiente:

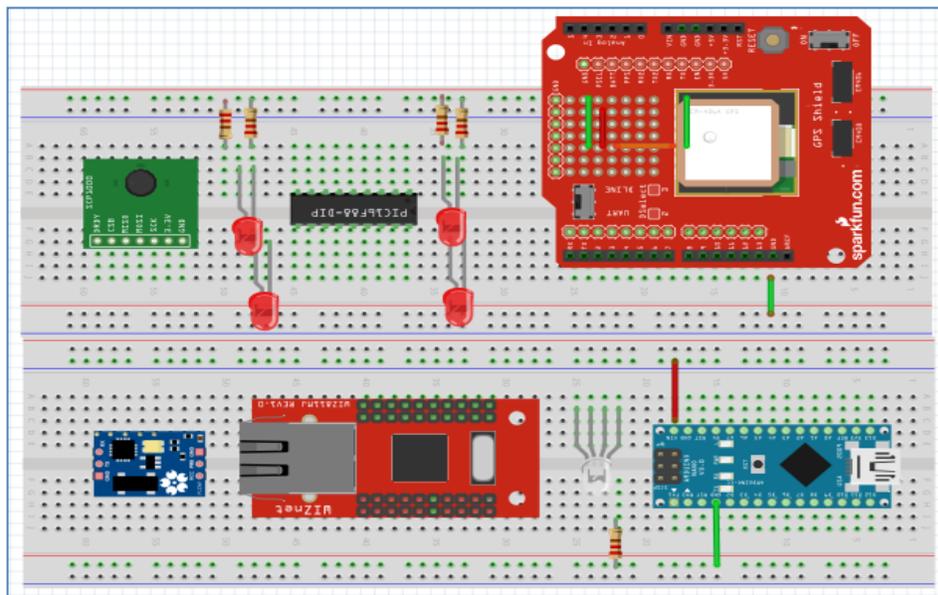
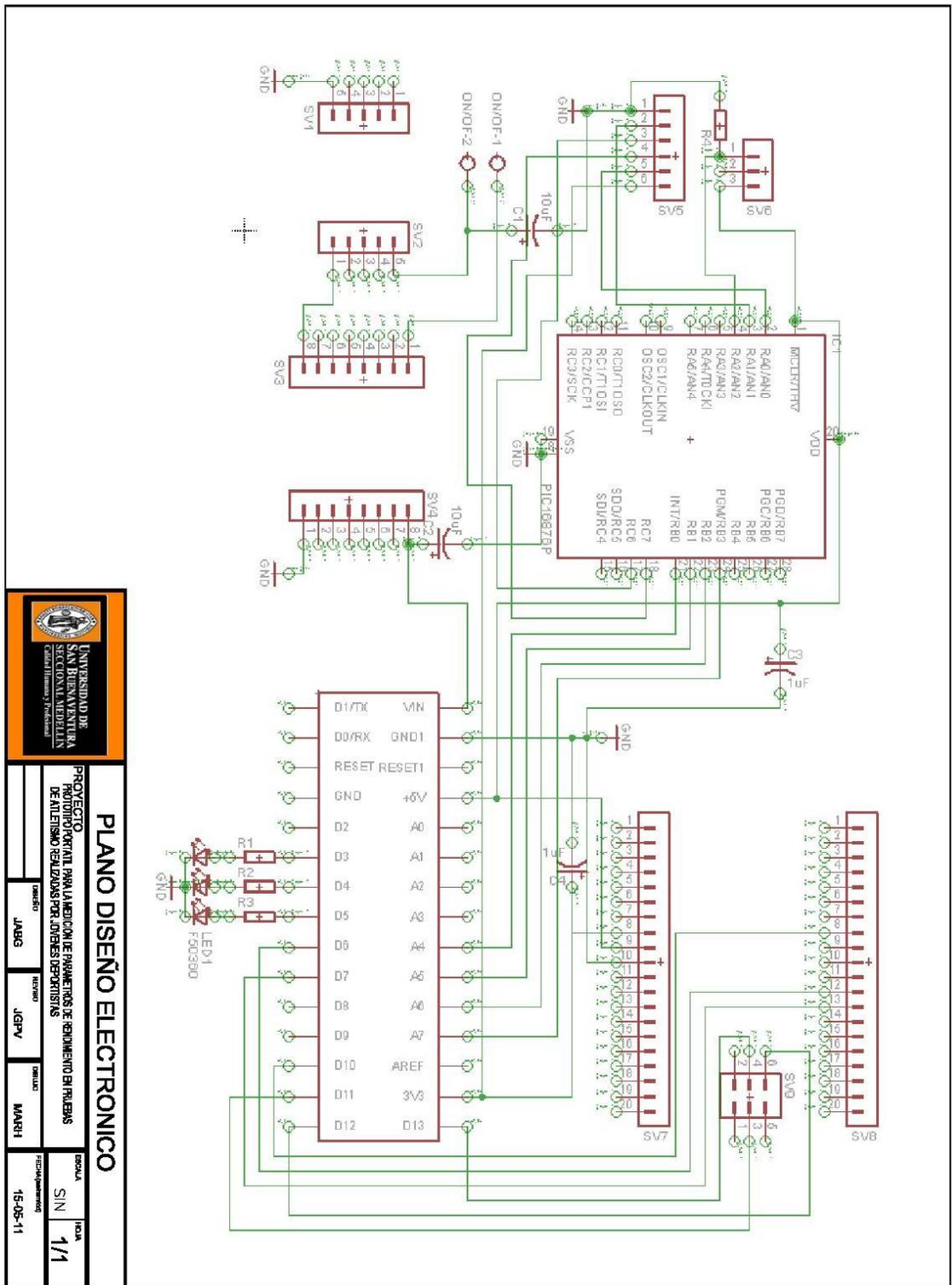


Figura 28. Diseño esquemático del circuito (elaboración propia)



PLANO DISEÑO ELECTRONICO

	UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA SECCIONAL MEDELLIN <small>Ciudad Iluminada Profesores</small>		
PROYECTO	PROYECTO PARA LA MEDICION DE PARAMETROS DE RENDIMIENTO EN RIENS		
DE ALUMNO	REALIZADO POR: ADRIAN DEPAZINSKI		
MATERIA	JABG	MATERIA	JGPV
MATERIA	JABG	MATERIA	JGPV
FECHA DE ENTREGA	MAY 11	FECHA DE ENTREGA	MAY 11
PÁGINA	1	PÁGINA	1
FECHA DE ENTREGA	MAY 11	FECHA DE ENTREGA	MAY 11

Figura 29. Diseño esquemático en Eagle (elaboración propia)

8.2 MONTAJE EN PROTOBOARD DEL CIRCUITO

Con el fin de realizar la mayor cantidad de pruebas posibles en cuanto a hardware, el circuito completo fue montado y probado repetidas veces en una protoboard, donde por lo regular cada prueba traía consigo un ajuste que garantizaba la mejora continua en las funcionalidades del dispositivo. Adicionalmente el montaje solo se realizó de forma completa cuando cada módulo operó de su forma más óptima.

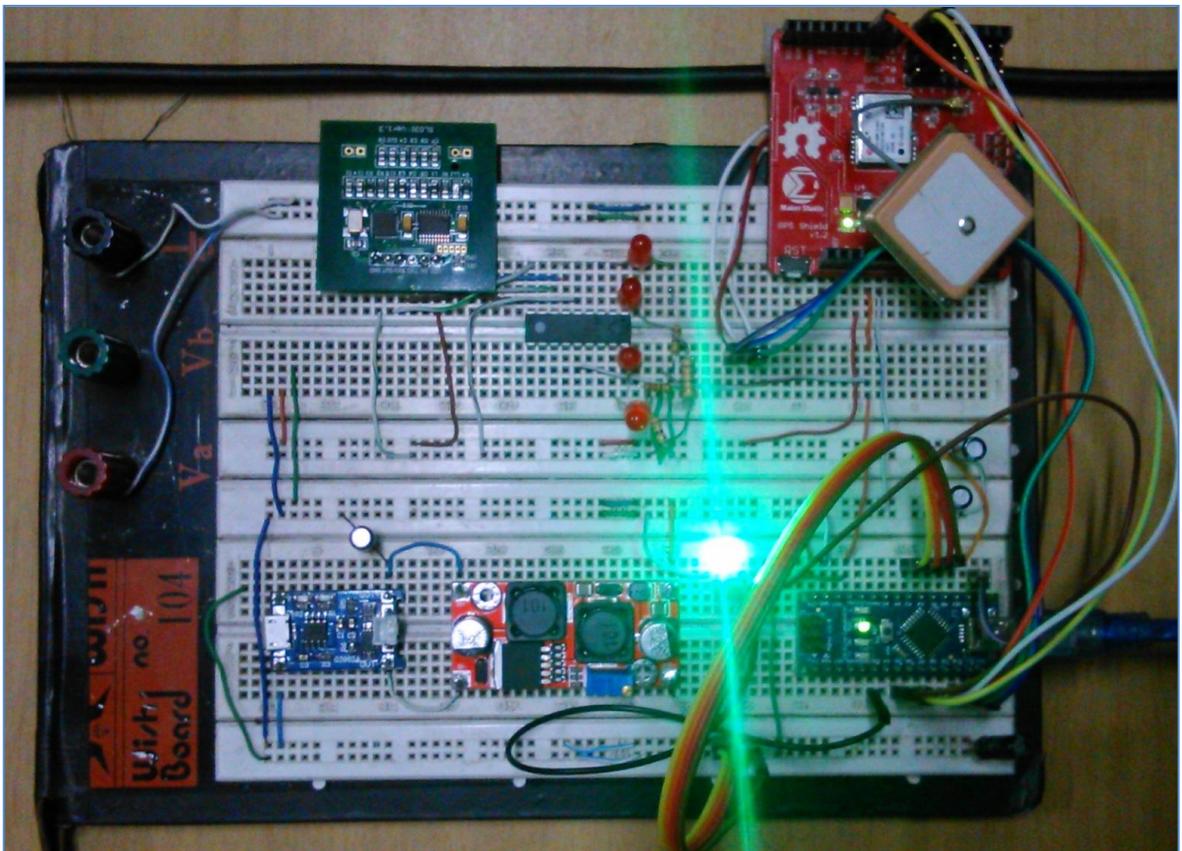


Figura 30. Diseño esquemático del circuito (imagen propia)

8.3 MONTAJE EN PCB

Para llevar el proyecto a un montaje definitivo en PCB, se usó el programa Eagle para realizar el diseño del esquemático y posteriormente el PCB, en el cual se

trató al máximo de optimizar espacio, por lo tanto el diseño fue de dos (2) capas con lo que se logró un impreso de 10 X 8 cm. Con el fin de garantizar la más alta calidad de esta tarjeta, se eligió la empresa Colcircuitos para su elaboración.

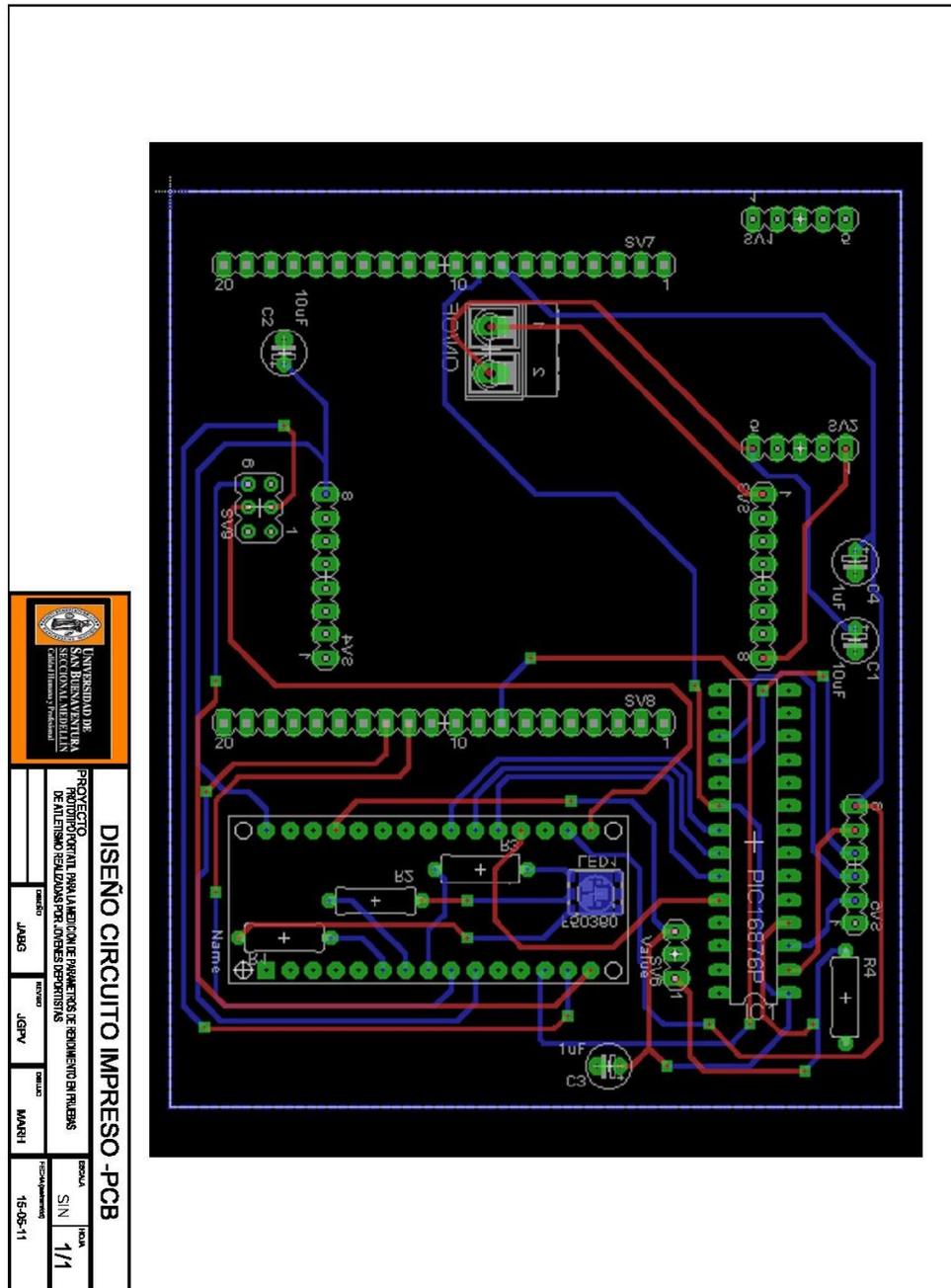


Figura 31. Diseño PCB en Eagle (imagen propia)

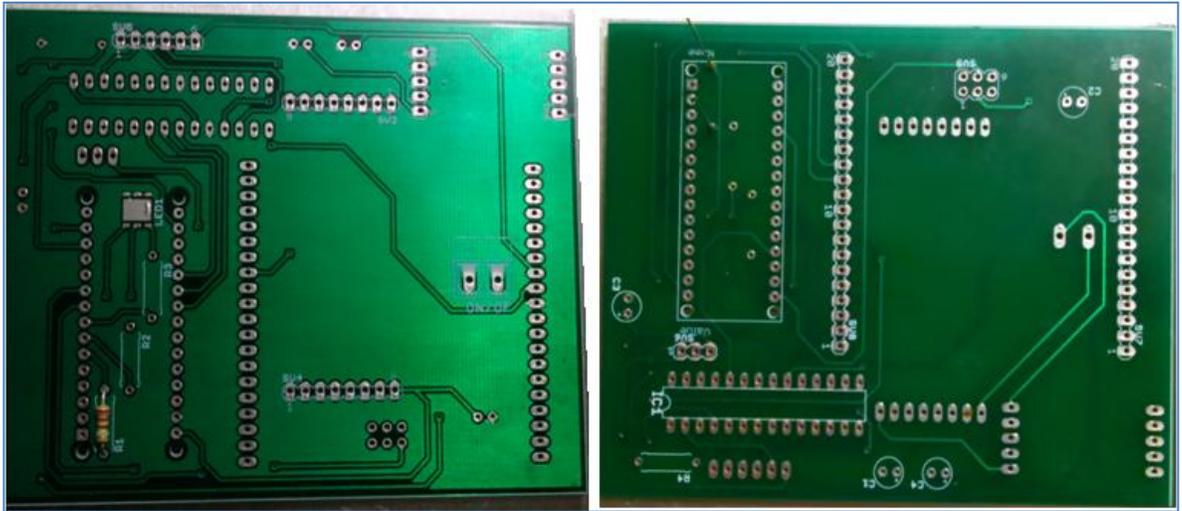


Figura 32. Vista de las dos capas de la PCB (imagen propia)



Figura 33. Montaje definitivo en PCB por ambas capas (imagen propia)

8.4 DISEÑO CARCASA

Con el fin de lograr la mejor calidad en cuanto a presentación del dispositivo, se diseñó de forma manual la carcasa para el mismo de una forma muy artesanal

pero eficiente y precisa. Recortamos cada una de las 6 caras de la carcasa con las medidas lo más preciso posible, marcamos puntualmente donde deberían ir las perforaciones y los soporte donde se apoyaría la tarjeta y se decidió cual de las 6 caras sería la removible y fijada con tornillos.

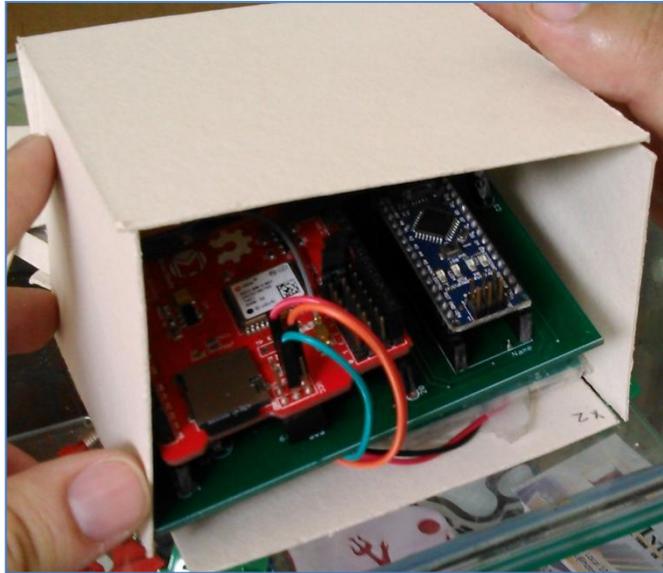


Figura 34. Molde de la carcasa definitiva para el dispositivo (imagen propia)

El diseño definitivo está en proceso de fabricación, será elaborado en acrílico de 2 mm de espesor, el cual será una carcasa integral donde solo una de las caras será removible y fijada con tornillos.

El diseño de la carcasa realizado en Autocad es el siguiente:

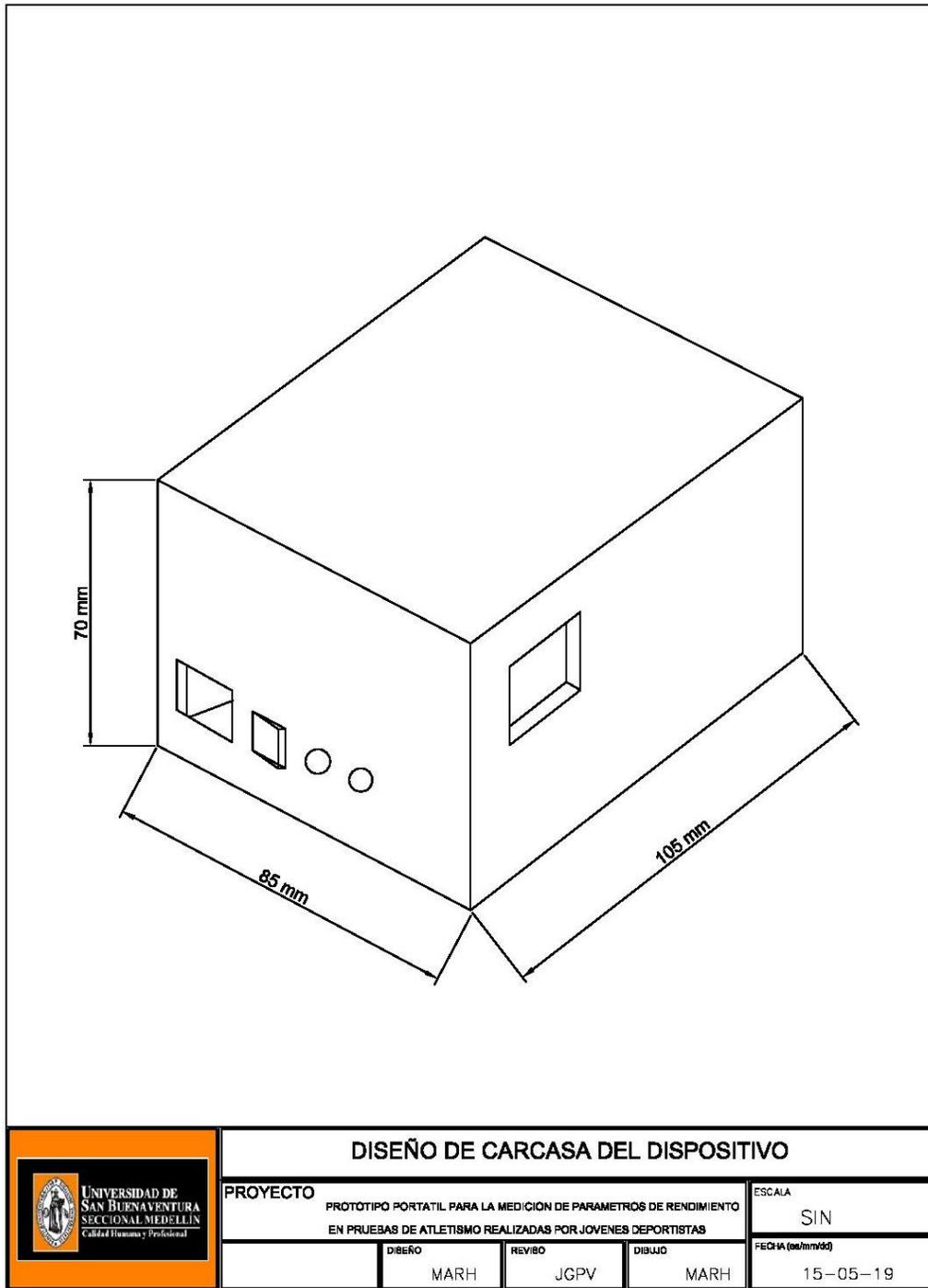


Figura 35. Diseño en Autocad de la carcasa (imagen propia)

8.5 PRUEBAS

Con el fin de ir ajustando el dispositivo tanto a nivel de software como de hardware, se realizaron diferentes pruebas que evidenciaran las fortalezas del mismo y sus puntos a mejorar.

8.5.1 PRUEBA 1

La primera prueba oficial realizada con el dispositivo completo pero en protoboard, se realizó en una zona residencial y solo una cuadra de distancia, donde abundaban los árboles y edificios, es decir, no era totalmente a campo abierto, sin embargo las pruebas arrojaron datos satisfactorios, ya que se calcula un error aproximado del 10%.

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA SECCIONAL MEDIELLA Calidad Humana y Profesional		PRUEBA DE MEDICION				01
FECHA:	05/07/2015	PARTICIPANTE 1	JORGE ANDRES BOHORQUEZ			
HORA:	00:04:02	PARTICIPANTE 2	MARIO ALEJANDRO RODRIGUEZ			
LUGAR:	Barrio San Joaquin					
DESCRIPCION:	Prueba de 100mts, Prueba de trote realizada en una cuadra del barrio San Joaquin.					
ID	Latitud	Longitud	Fecha	Hora	Distancia(mt)	
1	6.245263	-75.586395	05/07/2015	00:04:02	0	
1	6.245253	-75.586402	05/07/2015	00:04:04	0	
1	6.245275	-75.586395	05/07/2015	00:04:18	10	
1	6.245280	-75.586395	05/07/2015	00:04:20	10	
1	6.245279	-75.586395	05/07/2015	00:04:22	10	
1	6.245302	-75.586357	05/07/2015	00:04:43	20	
1	6.245303	-75.586357	05/07/2015	00:04:45	20	
1	6.245304	-75.586349	05/07/2015	00:04:47	20	
1	6.245289	-75.586380	05/07/2015	00:07:02	37	
1	6.245260	-75.586395	05/07/2015	00:07:05	37	
1	6.245264	-75.586395	05/07/2015	00:07:07	37	
1	6.245267	-75.586387	05/07/2015	00:07:09	37	
1	6.245305	-75.586380	05/07/2015	00:07:39	47	
1	6.245309	-75.586380	05/07/2015	00:07:41	47	
1	6.245312	-75.586380	05/07/2015	00:07:43	47	
1	6.245299	-75.586387	05/07/2015	00:07:48	64	
1	6.245292	-75.586387	05/07/2015	00:07:50	64	
1	6.245289	-75.586395	05/07/2015	00:07:53	64	
1	6.245300	-75.586387	05/07/2015	00:08:02	74	
1	6.245300	-75.586387	05/07/2015	00:08:04	74	
1	6.245301	-75.586387	05/07/2015	00:08:06	74	
1	6.245296	-75.586387	05/07/2015	00:08:09	91	
1	6.245293	-75.586387	05/07/2015	00:08:11	91	
1	6.245291	-75.586387	05/07/2015	00:08:13	91	
1	6.245286	-75.586387	05/07/2015	00:08:15	91	
1	6.245304	-75.586364	05/07/2015	00:08:57	101	
1	6.245311	-75.586364	05/07/2015	00:08:59	101	
1	6.245316	-75.586357	05/07/2015	00:09:01	101	
1	6.245405	-75.586303	05/07/2015	00:09:49	111	

Figura 36. Información generada por la prueba de trote en sector urbano (imagen propia)

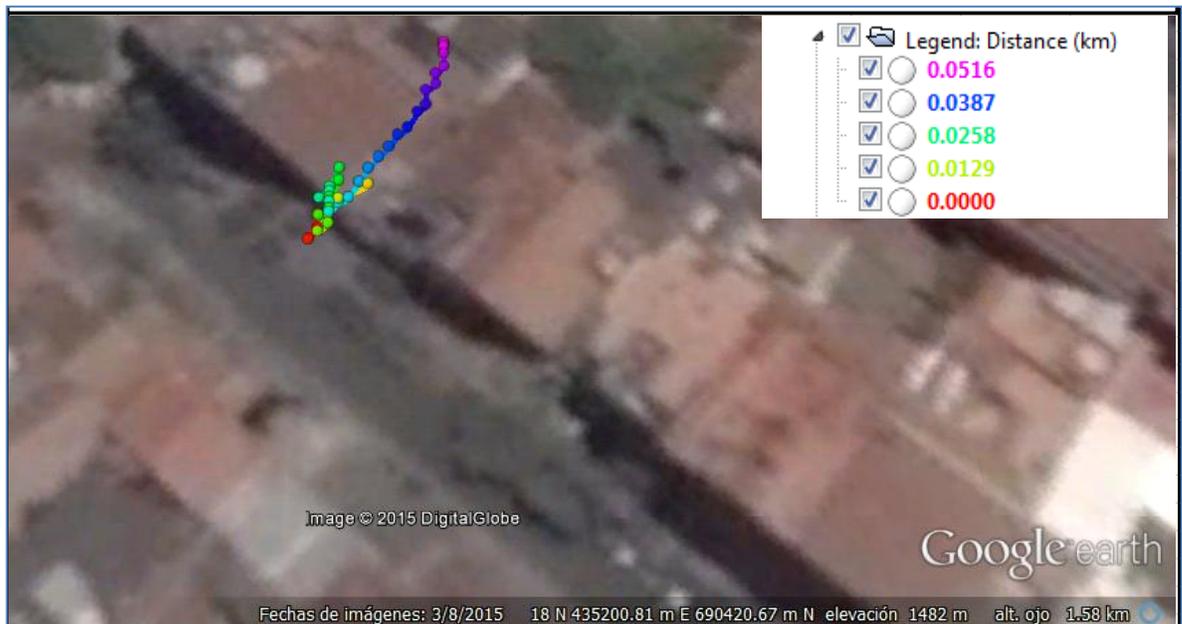


Figura 37. Imagen satelital sobre la cual se trazan los puntos en el lugar de la prueba (tomada de google earth)

8.5.2 PRUEBA 2

La segunda prueba fue la más elaborada, ya que se realizó en una pista de un escenario deportivo con el dispositivo completo y en protoboard. Esta prueba al igual que la anterior, arrojó resultados satisfactorios, ya que la pista tiene una distancia de 301 mts y la distancia total arrojada por el dispositivo fue de 332.6, lo que nos da un error aproximado del 10%.

PRUEBA DE MEDICION						
UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA SECCIONAL MEDELLIN Calidad Humana y Profesional		FECHA:	05/09/2015	PARTICIPANTE 1	JORGE ANDRES BOHORQUEZ	
		HORA:	16:42:26	PARTICIPANTE 2	MARIO ALEJANDRO RODRIGUEZ	
		LUGAR:	PISTA DE PATINAJE UNIDAD DEPORTIVA MARIA LUISA CALLE			
		DESCRIPCION:	Prueba de 300mt, Prueba de trote realizada en la pista de patinaje Unidad deportiva Maria Luisa Calle			
02						
ID	Latitud	Longitud	Fecha	Hora	Vel	Distancia(mt)
1	6.214529	-75.593048	05/09/2015	16:42:26	1.20	0.000000
1	6.214508	-75.593055	05/09/2015	16:42:28	1.24	22.045408
1	6.214483	-75.593063	05/09/2015	16:42:30	1.48	22.045408
1	6.214388	-75.593070	05/09/2015	16:42:38	1.43	44.090816
1	6.214364	-75.593063	05/09/2015	16:42:40	1.48	44.090816
1	6.214281	-75.593017	05/09/2015	16:42:48	1.36	66.136222
1	6.214219	-75.592887	05/09/2015	16:43:00	1.39	81.724678
1	6.214216	-75.592857	05/09/2015	16:43:02	1.48	81.724678
1	6.214215	-75.592781	05/09/2015	16:43:08	1.24	94.452598
1	6.214210	-75.592658	05/09/2015	16:43:18	1.42	107.180519
1	6.214204	-75.592552	05/09/2015	16:43:26	1.48	119.908439
1	6.214234	-75.592460	05/09/2015	16:43:34	1.47	132.636367
1	6.214358	-75.592391	05/09/2015	16:43:46	1.19	156.448135
1	6.214381	-75.592384	05/09/2015	16:43:48	1.34	156.448135
1	6.214461	-75.592399	05/09/2015	16:43:54	1.41	156.448135
1	6.214485	-75.592399	05/09/2015	16:43:56	1.38	178.493545
1	6.214509	-75.592391	05/09/2015	16:43:58	1.35	178.493545
1	6.214609	-75.592369	05/09/2015	16:44:06	1.15	200.538955
1	6.214631	-75.592369	05/09/2015	16:44:08	1.25	200.538955
1	6.214733	-75.592346	05/09/2015	16:44:16	1.31	222.584365
1	6.214756	-75.592338	05/09/2015	16:44:18	1.19	222.584365
1	6.214851	-75.592323	05/09/2015	16:44:26	1.37	244.629776
1	6.214971	-75.592300	05/09/2015	16:44:36	1.36	266.675170
1	6.214993	-75.592308	05/09/2015	16:44:38	1.26	266.675170
1	6.215071	-75.592346	05/09/2015	16:44:46	1.24	288.720581
1	6.215114	-75.592430	05/09/2015	16:44:54	1.36	288.720581
1	6.215116	-75.592453	05/09/2015	16:44:56	1.21	304.309051
1	6.215179	-75.592559	05/09/2015	16:45:08	1.34	319.897521
1	6.215185	-75.592674	05/09/2015	16:45:18	1.17	332.625457

Figura 38. Información generada por prueba de trote en escenario deportivo (imagen propia)



Figura 39. Imagen satelital sobre la cual se trazan los puntos en el lugar de la prueba (tomada de google earth)



Figura 40. Realizando pruebas en la pista de patinaje (elaboración propia)

Para esta prueba que fue realizada en la pista de patina de la unidad deportiva María Luisa Calle, de la cual ya conocemos su distancia total, la cual equivale a 301 mts, se tabularon unos datos adicionales en base a los arrojados por el dispositivo, los cuales son los siguientes.

ANÁLISIS DE LA MUESTRA DE DATOS								
 UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA SECCIONAL MEDELLÍN <small>Calidad Humana y Profesional</small>		FECHA:	05/09/2015	PARTICIPANTE 1		JORGE ANDRES BOHORQUEZ		
		HORA:	16:46:04	PARTICIPANTE 2		MARIO ALEJANDRO RODRIGUEZ		
		LUGAR:	PISTA DE PATINAJE UNIDAD DEPORTIVA MARIA LUISA CALLE					
		DESCRIPCION:	Análisis de datos tomados a una vuelta completa a la pista de patinaje Maria Luisa Calle trotando					
COORDENADAS EN GRADOS DECIMALES (°)		COORDENADAS GEOGRAFICAS (° ' ")		COORDENADAS CARTESIANAS UTM (m)		DIFERENCIA DESPLAZAMIENTO (m)		
LATITUD	LONGITUD	LATITUD	LONGITUD	X	Y	X	Y	
6.214636	-75.593002	6° 12' 52,69"	75° 35' 34,807"	434397,7845	686967,75170	0,00000	0,00000	
6.214610	-75.593017	6° 12' 52,596"	75° 35' 34,861"	434396,1218	686964,86700	-1,66270	2,88470	
6.214594	-75.593017	6° 12' 52,538"	75° 35' 34,861"	434396,11980	686963,08590	-0,00200	-1,78110	
6.214580	-75.593025	6° 12' 52,488"	75° 35' 34,889"	434395,25760	686961,55150	-0,86220	-1,53440	
6.214565	-75.593032	6° 12' 52,434"	75° 35' 34,915"	434394,45680	686959,89410	-0,80080	-1,65740	
6.214548	-75.593040	6° 12' 52,373"	75° 35' 34,944"	434393,56350	686958,02200	-0,89330	-1,87210	
6.214529	-75.593048	6° 12' 52,304"	75° 35' 34,972"	434392,70070	686955,90410	-0,86280	-2,11790	
6.214508	-75.593055	6° 12' 52,229"	75° 35' 34,998"	434391,89900	686953,60190	-0,80170	-2,30220	
6.214483	-75.593063	6° 12' 52,139"	75° 35' 35,026"	434391,03560	686950,83920	-0,86340	-2,76270	
6.214458	-75.593063	6° 12' 52,049"	75° 35' 35,026"	434391,03240	686948,07540	-0,00320	-2,76380	
6.214433	-75.593070	6° 12' 51,959"	75° 35' 35,051"	434390,26100	686945,31250	-0,77140	-2,76290	
6.214413	-75.593070	6° 12' 51,887"	75° 35' 35,051"	434390,25850	686943,10150	-0,00250	-2,21100	
6.214388	-75.593070	6° 12' 51,797"	75° 35' 35,051"	434390,25544	686940,33782	-0,00306	-2,76368	
6.214364	-75.593063	6° 12' 51,71"	75° 35' 35,026"	434391,0207	686937,6654	0,76528	-2,67246	
6.214338	-75.593055	6° 12' 51,617"	75° 35' 34,998"	434391,878	686934,8086	0,85727	-2,85681	
6.214318	-75.593040	6° 12' 51,545"	75° 35' 34,944"	434393,535	686932,5957	1,65699	-2,21284	
6.214300	-75.593032	6° 12' 51,48"	75° 35' 34,915"	434394,4239	686930,5987	0,88896	-1,99702	
6.214281	-75.593017	6° 12' 51,412"	75° 35' 34,861"	434396,0811	686928,5087	1,65713	-2,09000	
6.214263	-75.592994	6° 12' 51,347"	75° 35' 34,778"	434398,6295	686926,5098	2,54843	-1,99888	
6.214249	-75.592979	6° 12' 51,296"	75° 35' 34,724"	434400,2872	686924,9418	1,65771	-1,56797	
6.214238	-75.592956	6° 12' 51,257"	75° 35' 34,641"	434402,8365	686923,7414	2,54932	-1,20047	
6.214230	-75.592933	6° 12' 51,228"	75° 35' 34,558"	434405,3862	686922,848	2,54967	-0,89339	
6.214223	-75.592910	6° 12' 51,203"	75° 35' 34,476"	434407,9053	686922,0775	2,51907	-0,77052	
6.214219	-75.592887	6° 12' 51,188"	75° 35' 34,393"	434410,4554	686921,614	2,55015	-0,46348	
6.214216	-75.592857	6° 12' 51,178"	75° 35' 34,285"	434413,774	686921,3032	3,31859	-0,31080	
6.214215	-75.592834	6° 12' 51,174"	75° 35' 34,202"	434416,3245	686921,1775	2,55053	-0,12569	
6.214216	-75.592803	6° 12' 51,178"	75° 35' 34,09"	434419,7665	686921,2965	3,44200	0,11898	
6.214215	-75.592781	6° 12' 51,174"	75° 35' 34,011"	434422,1941	686921,1709	2,42760	-0,12555	
6.214213	-75.592758	6° 12' 51,167"	75° 35' 33,928"	434424,7446	686920,9531	2,55043	-0,21781	
6.214211	-75.592735	6° 12' 51,16"	75° 35' 33,846"	434427,2643	686920,7353	2,51969	-0,21778	
6.214210	-75.592704	6° 12' 51,156"	75° 35' 33,734"	434430,706	686920,6086	3,44172	-0,12669	
6.214210	-75.592681	6° 12' 51,156"	75° 35' 33,651"	434433,2567	686920,6058	2,55067	-0,00286	
6.214210	-75.592658	6° 12' 51,156"	75° 35' 33,568"	434435,8073	686920,6029	2,55067	-0,00286	
6.214208	-75.592628	6° 12' 51,149"	75° 35' 33,46"	434439,126	686920,3843	3,31870	-0,21867	
6.214207	-75.592605	6° 12' 51,145"	75° 35' 33,378"	434441,6458	686920,2586	2,51980	-0,12565	
6.214205	-75.592575	6° 12' 51,138"	75° 35' 33,269"	434444,9952	686920,0399	3,34943	-0,21871	
6.214204	-75.592552	6° 12' 51,134"	75° 35' 33,187"	434447,515	686919,9142	2,51980	-0,12565	
6.214206	-75.592521	6° 12' 51,142"	75° 35' 33,075"	434450,9572	686920,1561	3,44214	0,24181	
6.214210	-75.592498	6° 12' 51,156"	75° 35' 32,992"	434453,5083	686920,5831	2,55115	0,42706	
6.214219	-75.592475	6° 12' 51,188"	75° 35' 32,909"	434456,0601	686921,5629	2,55177	0,97980	
6.214234	-75.592460	6° 12' 51,242"	75° 35' 32,856"	434457,6907	686923,2193	1,63059	1,65641	
6.214251	-75.592437	6° 12' 51,304"	75° 35' 32,773"	434460,2435	686925,1204	2,55280	1,90104	
6.214272	-75.592422	6° 12' 51,379"	75° 35' 32,719"	434461,9055	686927,4216	1,66205	2,30124	
6.214293	-75.592407	6° 12' 51,455"	75° 35' 32,665"	434463,5676	686929,7536	1,66208	2,33195	

Figura 41. Parte 1 de los datos adicionales tabulados sobre la prueba en la pista de patinaje (elaboración propia)

6.214314	-75.592399	6° 12' 51,53"	75° 35' 32,636"	434464,4614	686932,0557	0,89377	2,30210
6.214336	-75.592391	6° 12' 51,61"	75° 35' 32,607"	434465,3553	686934,5113	0,89395	2,45564
6.214358	-75.592391	6° 12' 51,689"	75° 35' 32,607"	434465,358	686936,9372	0,00272	2,42593
6.214381	-75.592384	6° 12' 51,772"	75° 35' 32,582"	434466,1292	686939,4851	0,77113	2,54791
6.214408	-75.592391	6° 12' 51,869"	75° 35' 32,607"	434465,3642	686942,4647	-0,76494	2,97954
6.214436	-75.592391	6° 12' 51,97"	75° 35' 32,607"	434465,3677	686945,5662	0,00347	3,10151
6.214461	-75.592399	6° 12' 52,06"	75° 35' 32,636"	434464,4796	686948,3309	-0,88810	2,76472
6.214485	-75.592399	6° 12' 52,146"	75° 35' 32,636"	434464,4826	686950,9718	0,00296	2,64089
6.214509	-75.592391	6° 12' 52,232"	75° 35' 32,607"	434465,3767	686953,6117	0,89415	2,63989
6.214534	-75.592384	6° 12' 52,322"	75° 35' 32,582"	434466,1481	686956,3746	0,77137	2,76286
6.214560	-75.592384	6° 12' 52,416"	75° 35' 32,582"	434466,1513	686959,2611	0,00323	2,88655
6.214586	-75.592376	6° 12' 52,51"	75° 35' 32,553"	434467,0457	686962,1467	0,89443	2,88556
6.214609	-75.592369	6° 12' 52,592"	75° 35' 32,528"	434467,8168	686964,6639	0,77109	2,51720
6.214631	-75.592369	6° 12' 52,672"	75° 35' 32,528"	434467,8196	686967,1205	0,00275	2,45664
6.214655	-75.592361	6° 12' 52,758"	75° 35' 32,499"	434468,7137	686969,7604	0,89415	2,63989
6.214681	-75.592353	6° 12' 52,852"	75° 35' 32,47"	434469,6082	686972,646	0,89443	2,88556
6.214708	-75.592346	6° 12' 52,949"	75° 35' 32,445"	434470,3798	686975,6238	0,77161	2,97782
6.214733	-75.592346	6° 12' 53,039"	75° 35' 32,445"	434470,3829	686978,3875	0,00309	2,76372
6.214756	-75.592338	6° 12' 53,122"	75° 35' 32,416"	434471,2769	686980,9353	0,89405	2,54777
6.214779	-75.592338	6° 12' 53,204"	75° 35' 32,416"	434471,2797	686983,4533	0,00282	2,51806
6.214802	-75.592330	6° 12' 53,287"	75° 35' 32,388"	434472,143	686986,0011	0,86332	2,54780
6.214827	-75.592323	6° 12' 53,377"	75° 35' 32,362"	434472,9451	686988,764	0,80210	2,76283
6.214851	-75.592323	6° 12' 53,464"	75° 35' 32,362"	434472,9481	686991,4355	0,00299	2,67160
6.214877	-75.592315	6° 12' 53,557"	75° 35' 32,333"	434473,8425	686994,2904	0,89439	2,85485
6.214900	-75.592308	6° 12' 53,64"	75° 35' 32,308"	434474,6136	686996,8383	0,77112	2,54791
6.214923	-75.592308	6° 12' 53,723"	75° 35' 32,308"	434474,6165	686999,3871	0,00285	2,54877
6.214946	-75.592300	6° 12' 53,806"	75° 35' 32,279"	434475,5105	687001,9348	0,89405	2,54777
6.214971	-75.592300	6° 12' 53,896"	75° 35' 32,279"	434475,5136	687004,6986	0,00309	2,76372
6.214993	-75.592308	6° 12' 53,975"	75° 35' 32,308"	434474,6252	687007,1255	-0,88848	2,42693
6.215014	-75.592315	6° 12' 54,05"	75° 35' 32,333"	434473,8595	687009,4294	-0,76569	2,30396
6.215035	-75.592323	6° 12' 54,126"	75° 35' 32,362"	434472,9709	687011,7643	-0,88858	2,33481
6.215055	-75.592330	6° 12' 54,198"	75° 35' 32,388"	434472,1743	687013,9761	-0,79653	2,21187
6.215071	-75.592346	6° 12' 54,256"	75° 35' 32,445"	434470,4247	687015,7592	-1,74967	1,78303
6.215084	-75.592369	6° 12' 54,302"	75° 35' 32,528"	434467,8756	687017,1746	-2,54908	1,41542
6.215096	-75.592384	6° 12' 54,346"	75° 35' 32,582"	434466,2176	687018,5276	-1,65795	1,35301
6.215107	-75.592407	6° 12' 54,385"	75° 35' 32,665"	434463,6683	687019,7281	-2,54932	1,20047
6.215114	-75.592430	6° 12' 54,41"	75° 35' 32,747"	434461,1493	687020,4986	-2,51907	0,77052
6.215116	-75.592453	6° 12' 54,418"	75° 35' 32,83"	434458,5989	687020,7471	-2,55039	0,24852
6.215120	-75.592468	6° 12' 54,432"	75° 35' 32,884"	434456,9399	687021,1789	-1,65899	0,43177
6.215128	-75.592491	6° 12' 54,461"	75° 35' 32,967"	434454,3902	687022,0723	-2,54966	0,89339
6.215145	-75.592514	6° 12' 54,522"	75° 35' 33,05"	434451,8417	687023,9483	-2,54856	1,87604
6.215160	-75.592529	6° 12' 54,576"	75° 35' 33,104"	434450,184	687025,6084	-1,65761	1,66009
6.215172	-75.592544	6° 12' 54,619"	75° 35' 33,158"	434448,5261	687026,9307	-1,65799	1,32230
6.215179	-75.592559	6° 12' 54,644"	75° 35' 33,212"	434446,8675	687027,7003	-1,65861	0,76956
6.215182	-75.592590	6° 12' 54,655"	75° 35' 33,324"	434443,426	687028,0419	-3,44148	0,34164
6.215181	-75.592605	6° 12' 54,652"	75° 35' 33,378"	434441,7664	687027,9516	-1,65957	-0,09027
6.215184	-75.592628	6° 12' 54,662"	75° 35' 33,46"	434439,2468	687028,2615	-2,51959	0,30990
6.215185	-75.592651	6° 12' 54,666"	75° 35' 33,543"	434436,6963	687028,3872	-2,55052	0,12569
6.215185	-75.592674	6° 12' 54,666"	75° 35' 33,626"	434434,1456	687028,3901	-2,55066	0,00286
6.215184	-75.592689	6° 12' 54,662"	75° 35' 33,68"	434432,486	687028,2691	-1,65960	-0,12097
6.215180	-75.592712	6° 12' 54,648"	75° 35' 33,763"	434429,9349	687027,842	-2,55114	-0,42706
6.215173	-75.592727	6° 12' 54,623"	75° 35' 33,817"	434428,2746	687027,0762	-1,66033	-0,76584
6.215167	-75.592750	6° 12' 54,601"	75° 35' 33,899"	434425,7539	687026,4034	-2,52069	-0,67275
6.215159	-75.592765	6° 12' 54,572"	75° 35' 33,953"	434424,0934	687025,5148	-1,66046	-0,88867
6.215149	-75.592781	6° 12' 54,536"	75° 35' 34,011"	434422,3098	687024,4113	-1,78363	-1,10349

Figura 42. Parte 2 de los datos adicionales tabulados sobre la prueba en la pista de patinaje (elaboración propia)

6.215137	-75.592796	6° 12' 54,493"	75° 35' 34,065"	434420,6488	687023,0927	-1,66095	-1,31859
6.215123	-75.592811	6° 12' 54,443"	75° 35' 34,119"	434418,9876	687021,5592	-1,66119	-1,53354
6.215106	-75.592826	6° 12' 54,382"	75° 35' 34,173"	434417,3261	687019,6878	-1,66156	-1,87133
6.215092	-75.592842	6° 12' 54,331"	75° 35' 34,231"	434415,5419	687018,1237	-1,78414	-1,56411
6.215073	-75.592849	6° 12' 54,263"	75° 35' 34,256"	434414,7713	687016,0364	-0,77061	-2,08728
6.215054	-75.592857	6° 12' 54,194"	75° 35' 34,285"	434413,8778	687013,9186	-0,89357	-2,11786
6.215035	-75.592864	6° 12' 54,126"	75° 35' 34,31"	434413,1072	687011,8313	-0,77061	-2,08728
6.215015	-75.592872	6° 12' 54,054"	75° 35' 34,339"	434412,2135	687009,6213	-0,89367	-2,20998
6.214994	-75.592880	6° 12' 53,978"	75° 35' 34,367"	434411,3504	687007,2885	-0,86308	-2,33285
6.214976	-75.592887	6° 12' 53,914"	75° 35' 34,393"	434410,5492	687005,324	-0,80120	-1,96442
6.214959	-75.592895	6° 12' 53,852"	75° 35' 34,421"	434409,6866	687003,4211	-0,86260	-1,90293
6.214938	-75.592903	6° 12' 53,852"	75° 35' 34,421"	434408,7928	687001,119	-0,89378	-2,30210
6.214919	-75.592910	6° 12' 53,708"	75° 35' 34,476"	434407,9914	686999,001	-0,80138	-2,11796
6.214900	-75.592918	6° 12' 53,64"	75° 35' 34,504"	434407,1286	686996,9139	-0,86280	-2,08718
6.214879	-75.592926	6° 12' 53,564"	75° 35' 34,533"	434406,2348	686994,5811	-0,89381	-2,33281
6.214857	-75.592933	6° 12' 53,485"	75° 35' 34,558"	434405,4638	686992,156	-0,77099	-2,42507
6.214837	-75.592941	6° 12' 53,413"	75° 35' 34,587"	434404,5702	686989,946	-0,89367	-2,20998
6.214818	-75.592948	6° 12' 53,345"	75° 35' 34,612"	434403,7996	686987,8587	-0,77061	-2,08728
6.214796	-75.592956	6° 12' 53,266"	75° 35' 34,641"	434402,9056	686985,4338	-0,89391	-2,42494
6.214774	-75.592956	6° 12' 53,186"	75° 35' 34,641"	434402,9029	686982,9771	-0,00275	-2,45664
6.214754	-75.592964	6° 12' 53,114"	75° 35' 34,67"	434402,0092	686980,7672	-0,89367	-2,20998
6.214733	-75.592971	6° 12' 53,039"	75° 35' 34,695"	434401,2384	686978,4649	-0,77085	-2,30224
6.214712	-75.592979	6° 12' 52,963"	75° 35' 34,724"	434400,3446	686976,1321	-0,89381	-2,33281
6.214693	-75.592987	6° 12' 52,895"	75° 35' 34,753"	434399,451	686974,045	-0,89354	-2,08715
6.214673	-75.592994	6° 12' 52,823"	75° 35' 34,778"	434398,6803	686971,8348	-0,77075	-2,21012
6.214653	-75.593002	6° 12' 52,751"	75° 35' 34,807"	434397,7866	686969,6249	-0,89367	-2,20998
6.214639	-75.593009	6° 12' 52,7"	75° 35' 34,832"	434397,0166	686968,0596	-0,77003	-1,56525
6.214638	-75.593009	6° 12' 52,697"	75° 35' 34,832"	434397,0165	686967,9675	-0,00010	-0,09212

Figura 43. Parte 2 de los datos adicionales tabulados sobre la prueba en la pista de patinaje (elaboración propia)

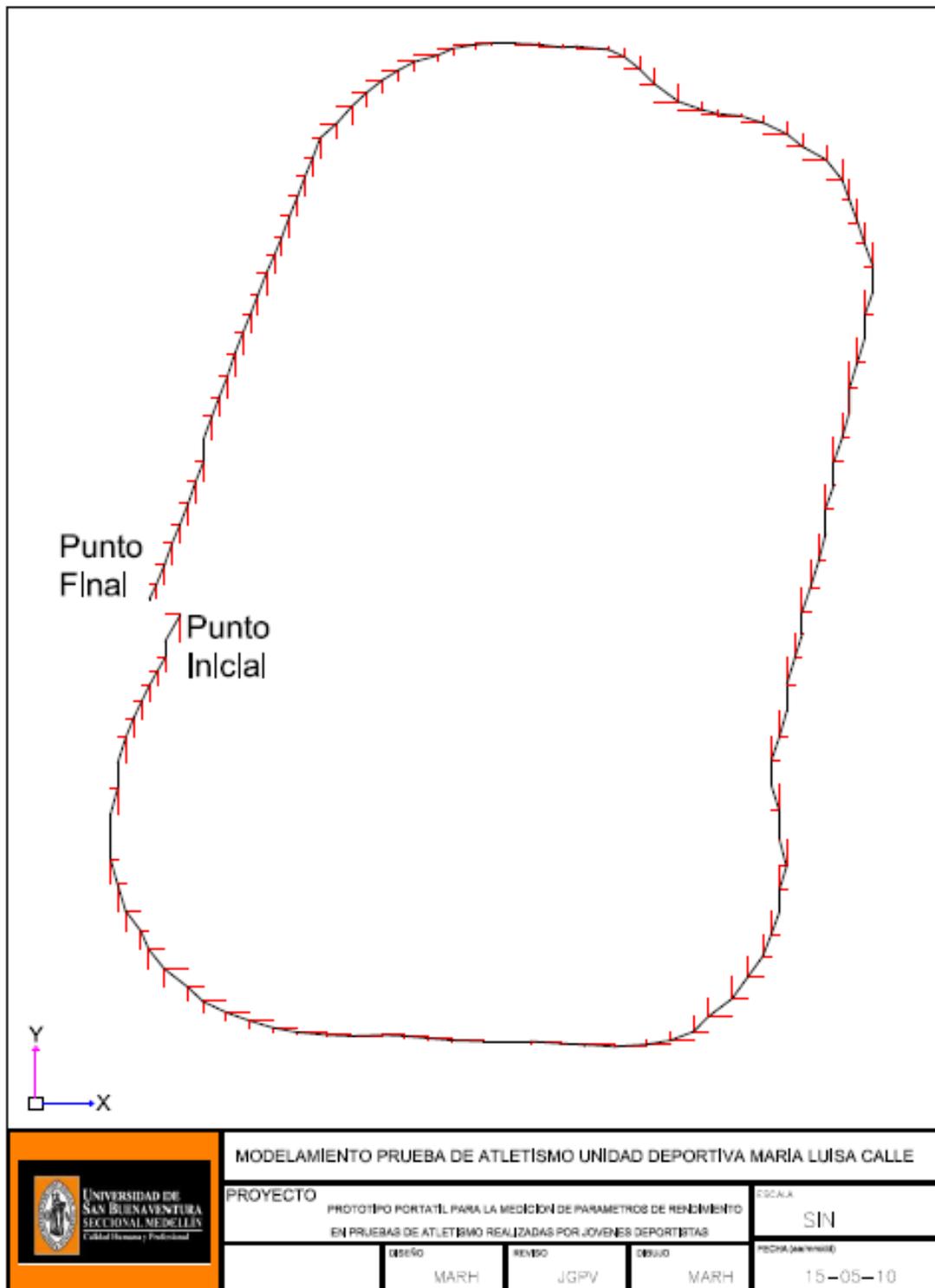


Figura 44. Modelamiento de coordenadas cartesianas de la prueba (elaboración propia)

8.5.3 PRUEBA 3

A pesar de que el dispositivo se desarrolló como instrumento para apoyar las pruebas de atletismo, decidimos realizar una prueba en vehículo con el fin de analizar el comportamiento de este dispositivo en velocidades superiores a las de un atleta.

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA SECCIONAL MEDELLÍN Calidad Humana y Profesional		PRUEBA DE MEDICION				03
FECHA:	05/10/2015	PARTICIPANTE 1	JORGE ANDRES BOHORQUEZ			
HORA:	11:43:22	PARTICIPANTE 2	MARIO ALEJANDRO RODRIGUEZ			
LUGAR:	BARRIO FERRARA - ITAGUI					
DESCRIPCION:	Toma de datos realizada en Vehiculo, dando una vuelta a una manzana completa en el barrio Ferrara de Itagui					
ID	Latitud	Longitud	Fecha	Hora	Vel	Distancia(mt)
1	6.181507	-75.604698	05/10/2015	11:43:22	3.53	0.000000
1	6.181421	-75.604713	05/10/2015	11:43:24	4.84	21.166009
1	6.181319	-75.604728	05/10/2015	11:43:28	2.69	40.761928
1	6.181169	-75.604759	05/10/2015	11:43:32	4.58	60.357849
1	6.181054	-75.604789	05/10/2015	11:43:36	4.10	79.953765
1	6.180892	-75.604820	05/10/2015	11:43:40	4.23	99.549682
1	6.180778	-75.604843	05/10/2015	11:43:44	1.80	119.145599
1	6.180695	-75.604736	05/10/2015	11:43:54	4.07	138.741516
1	6.180655	-75.604545	05/10/2015	11:43:58	4.90	152.597915
1	6.180640	-75.604469	05/10/2015	11:44:00	4.21	163.911621
1	6.180616	-75.604354	05/10/2015	11:44:04	3.37	175.225326
1	6.180579	-75.604148	05/10/2015	11:44:08	7.26	186.539031
1	6.180558	-75.604019	05/10/2015	11:44:10	6.89	197.852737
1	6.180529	-75.603904	05/10/2015	11:44:12	6.69	209.166442
1	6.180503	-75.603782	05/10/2015	11:44:14	7.11	220.480148
1	6.180479	-75.603652	05/10/2015	11:44:16	6.89	231.793853
1	6.180451	-75.603546	05/10/2015	11:44:18	5.84	243.107559
1	6.180452	-75.603454	05/10/2015	11:44:20	4.20	254.421264
1	6.180569	-75.603332	05/10/2015	11:44:24	5.17	268.277679
1	6.180848	-75.603248	05/10/2015	11:44:30	5.87	286.166229
1	6.180954	-75.603225	05/10/2015	11:44:32	6.09	307.332244
1	6.181054	-75.603202	05/10/2015	11:44:34	5.46	326.928161
1	6.181266	-75.603141	05/10/2015	11:44:44	0.97	367.690093
1	6.181379	-75.603317	05/10/2015	11:44:56	4.71	388.856109
1	6.181406	-75.603477	05/10/2015	11:45:00	4.61	402.712524
1	6.181441	-75.603645	05/10/2015	11:45:04	4.98	416.568939
1	6.181496	-75.603889	05/10/2015	11:45:10	4.31	430.425354
1	6.181512	-75.603965	05/10/2015	11:45:12	3.89	444.281768
1	6.181557	-75.604156	05/10/2015	11:45:18	4.08	455.595489
1	6.181572	-75.604225	05/10/2015	11:45:20	4.29	466.909210
1	6.181599	-75.604377	05/10/2015	11:45:24	4.08	478.222930
1	6.181627	-75.604515	05/10/2015	11:45:28	3.39	489.536651
1	6.181661	-75.604675	05/10/2015	11:45:36	0.07	500.850372
1	6.181662	-75.604675	05/10/2015	11:45:38	0.06	512.164062

Figura 45. Información generada por prueba en vehículo realizada en zona urbana (imagen propia)

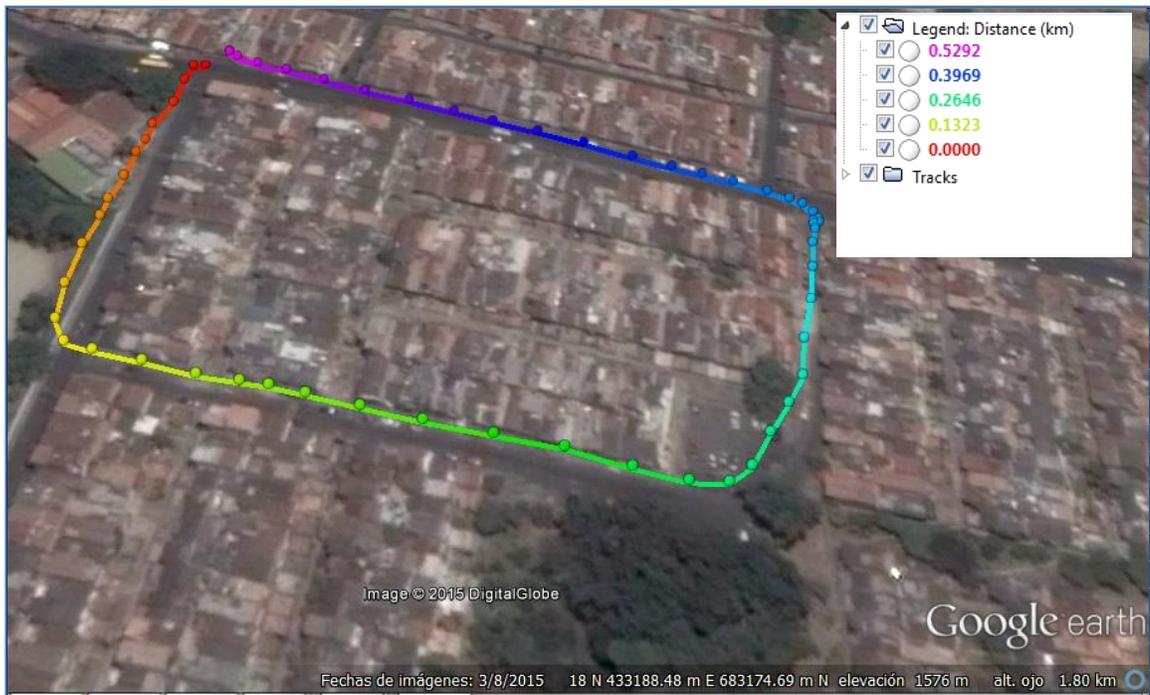


Figura 46. Imagen satelital sobre la cual se trazan los puntos en el lugar de la prueba (tomada de google earth)

8.5.4 PRUEBA 4

Como última prueba elegimos un entorno conocido como el de la universidad de San Buenaventura sede San Benito Medellín, un entorno de alta concentración de personas, cada una con sus dispositivos electrónicos, lo que genera alto ruido electromagnético. Se midió un tramo de 30 en el parqueadero para realizar la prueba y las medidas dieron dentro del rango del 10% de error que está manejando el dispositivo, por lo que al parecer todo este ruido no afectaría las pruebas, pero al momento de graficar las coordenadas si se evidencian más pronunciados en los puntos.

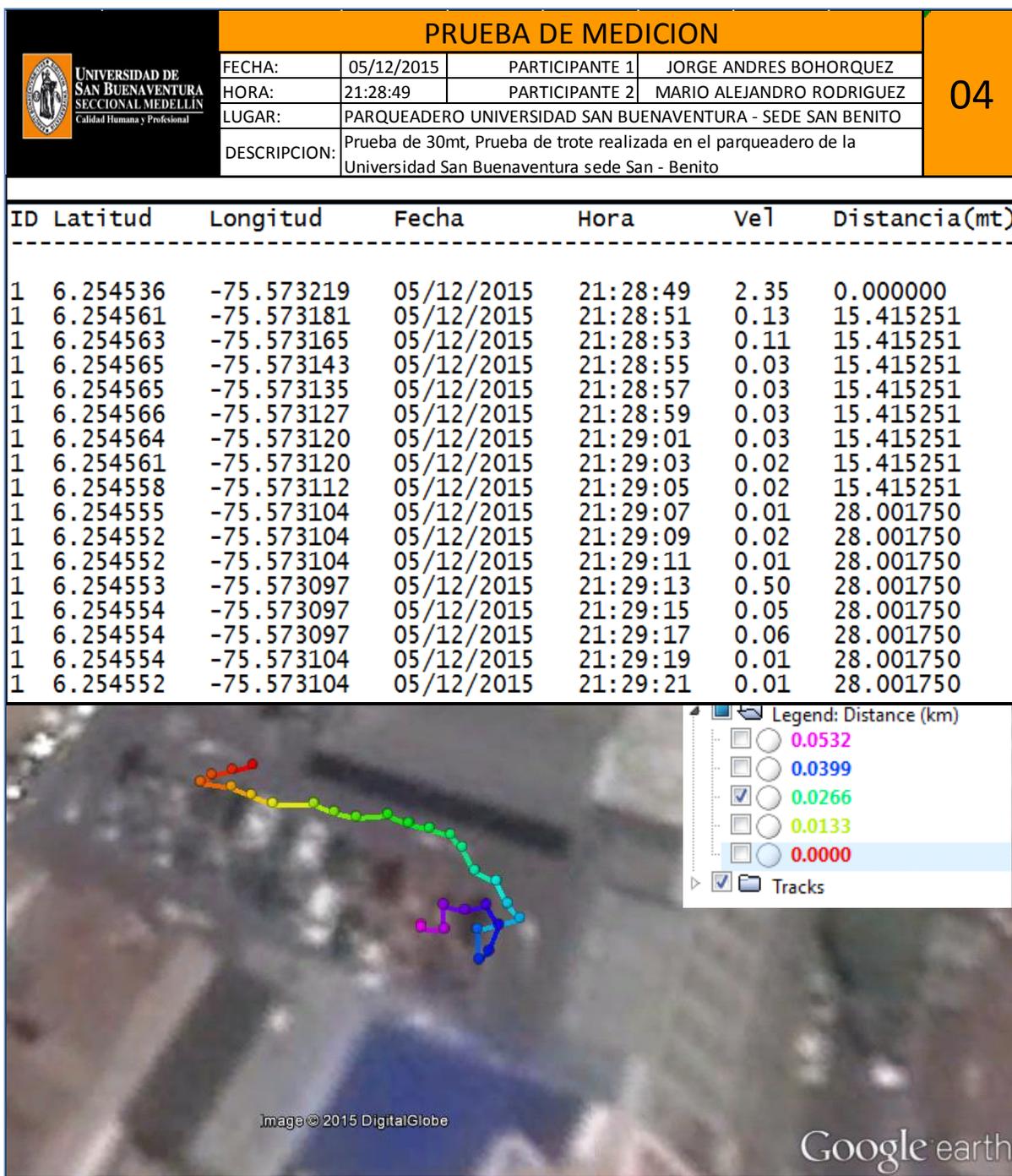


Figura 47. Datos e imagen de prueba realizada en la universidad de San Buenaventura (datos propios e imagen de google earth)



Figura 48. Prueba parqueadero Universidad de San Buenaventura sede San Benito Medellín
(elaboración propia)

8.6 MANUAL TÉCNICO Y DE USUARIO

En este numeral se describirán las características técnicas más relevantes del dispositivo y las instrucciones de uso del mismo.

8.6.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL DISPOSITIVO

En la siguiente tabla se describen las características más relevantes del dispositivo.

Ficha Técnica	
Característica	Descripción
Voltaje de alimentación	3.7 V
Dimensiones LxWxH (cm)	10.5X8.5X7
Batería	Batería de litio polímero de 2000 mAh con un autonomía de hasta 4 horas de funcionamiento continuo
Interfaz de carga	Micro-USB
Tiempo de carga	Con la batería completamente descargada se requiere de 5 horas para alcanzar la carga del 100%
Indicador luminoso	Rojo: Indica que el dispositivo está encendido Azul: Indica que el dispositivo está listo para usarse Verde: Indica que el dispositivo está activado, tomando variables y almacenándolas
Suiche / 0	1: Encendido 0: Apagado
Activación automática	Esta se ejecuta por medio de las etiquetas
Activación manual	Esta se ejecuta por medio del botón
Interfaz de almacenamiento	Tarjeta Micro-SD
Ubicación en el cuerpo	El dispositivo puede ser portado en el brazo o en la cintura, pero siempre con el indicador lumínico hacia arriba

Tabla 18. Ficha técnica del dispositivo (elaboración propia)

8.6.2 GUIA DE USUARIO

En los siguientes xx pasos se explica de forma sencilla como se debe operar el dispositivo.

1. Sujetar firmemente y de forma cómoda el dispositivo, ya sea en el brazo o cintura.
2. Presione el botón de encendido, donde instantáneamente el indicador se iluminará de color rojo.

3. Espere de 1 a 5 minutos hasta que el indicador pase a color azul. (para mayor rapidez de sincronización este paso se sugiere realizar en campo abierto).
4. Deslice lentamente y muy cerca al dispositivo la etiqueta que tenga asignada para la realización de su prueba. En este momento el indicador pasa a color verde, lo que indica que ya se están almacenando datos cada segundo en la memoria Micro SD. (en caso de no contar con una etiqueta, la activación del dispositivo se puede realizar a través del pulsador ubicado cerca al indicador).
5. En el momento que finalice su prueba o desee dejar de almacenar datos, proceda a pasar nuevamente la etiqueta lentamente y cerca del dispositivo o presione el pulsador si de esta forma fue que lo activó, al realizar esta acción el indicador pasará nuevamente a color azul.
6. Finalmente para visualizar los datos generados por su prueba, proceda a extraer la Micro-SD presionándola suavemente y luego insértela en el equipo terminal donde pueda visualizar su información y abra el archivo llamado "DATA.txt" y busque los datos de su prueba de acuerdo a la hora en que la realizó.

La información generada, la encontrará de la siguiente manera:

ID	Latitud	Longitud	Fecha	Hora	Vel	Distancia(mt)
1	6.181507	-75.604698	05/10/2015	11:43:22	3.53	0.000000
1	6.181421	-75.604713	05/10/2015	11:43:24	4.84	21.166009
1	6.181319	-75.604728	05/10/2015	11:43:28	2.69	40.761928
1	6.181169	-75.604759	05/10/2015	11:43:32	4.58	60.357849
1	6.181054	-75.604789	05/10/2015	11:43:36	4.10	79.953765
1	6.180892	-75.604820	05/10/2015	11:43:40	4.23	99.549682
1	6.180778	-75.604843	05/10/2015	11:43:44	1.80	119.145599
1	6.180695	-75.604736	05/10/2015	11:43:54	4.07	138.741516
1	6.180655	-75.604545	05/10/2015	11:43:58	4.90	152.597915
1	6.180640	-75.604469	05/10/2015	11:44:00	4.21	163.911621
1	6.180616	-75.604354	05/10/2015	11:44:04	3.37	175.225326

Figura 49. Datos generados por el dispositivo al finalizar una prueba (elaboración propia)

Conclusiones

Se recomienda que para el uso de dispositivos con sistemas GPS, se realicen en campo abierto, ya que esto garantiza la continuidad en la toma de datos.

Con el fin de garantizar la mejor relación costo beneficio posible al momento de implementar un proyecto como prototipo, es fundamental la investigación detallada de los elementos que lo conforman, con el fin de elegir el más adecuado.

Para el diseño de la PCB cuando los elementos a usar no existen en librerías, es decir, necesariamente hay que diseñarlos tomando sus medidas puntuales, es recomendable usar una herramienta de medición muy precisa como un “pie de rey” e imprimir la PCB en una hoja normal para validar si efectivamente el diseño quedó correcto.

Para el diseño de la carcasa para el dispositivo es importante tener definido si esta será genérica o si se tiene la posibilidad de diseñar una a medida de las necesidades del dispositivo, ya que en el caso de ser una carcasa genérica, se debe validar cuáles son las dimensiones disponibles en el mercado con el fin de ajustar el diseño incluso desde la PCB.

9 Bibliografía

(s.f.). Obtenido de Microchip: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/348728/MICROCHIP/PIC16F1827.html>

Akizukidenshi. (s.f.). Obtenido de <http://akizukidenshi.com/catalog/g/g1-04430/>

Arduino. (s.f.). Obtenido de <http://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardNano>

Casamichana, J. C. (2014). Deporte con dispositivos de posicionamiento global. *Revista de Psicología del Deporte*, pp. 355-364.

Chironhego. (s.f.). Obtenido de <http://www.tracab.com/>

Cienciateca. (s.f.). Obtenido de <http://www.cienciateca.com/ctslibat.html>

Coutts AJ, D. R. (Septiembre de 2008). *J Sci Med Sport*. Obtenido de Using GPS Technology to Monitor Intensity, Speed, and Training Volume in Outdoor Athletes: <http://www.catapultsports.com/media/1617/coutts-duffied-2009-gps-reliability-and-validity-gpsports.pdf>

D. Casamichana, J. (2011). Validez y fiabilidad de dispositivos GPS de 5 Hz en carreras cortas con cambio de sentido. En J. D. Casamichana, *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación* (págs. 30 - 33).

El GPS y sus aplicaciones en las actividades físicas en el medio natural en el ámbito escolar. (s.f.). Obtenido de <http://www.efdeportes.com/efd97/gps.htm>

I+D. (s.f.). Obtenido de http://www.didacticaselectronicas.com/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=1037&category_id=147&keyword=bater%C3%ADa+litio&option=com_virtuemart&Itemid=27

I+D. (s.f.). Obtenido de http://www.didacticaselectronicas.com/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=2161&category_id=119&keyword=baterias&option=com_virtuemart&Itemid=112

I+D. (s.f.). Obtenido de http://www.didacticaselectronicas.com/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=2704&category_id=122&keyword=step+up&option=com_virtuemart&Itemid=105

Las técnicas GPS como herramienta en la gestión medioambiental. (s.f.). Obtenido de <http://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD9999110267A/22047>

Microchip. (s.f.). Obtenido de <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41391D.pdf>

Microcontroladores. (s.f.). Obtenido de <http://losmicrocontroladores.blogspot.com>

MicroSD Wing. (s.f.). Obtenido de <http://www.papilio.cc/index.php?n=Papilio.MicroSDWing>

NEO-6. (s.f.). Obtenido de http://www.electrodragon.com/w/images/1/14/NEO-6_DataSheet.pdf

Nexolocal. (s.f.). Obtenido de <http://puebla.nexolocal.com.mx/p92790017-gps-serial-ublox-neo-6-m-arduino>

Polar PC3 GPS. (s.f.). Obtenido de http://www.polar.com/e_manuals/RC3_GPS/Polar_RC3_GPS_user_manual_English/manual.pdf

Prozone. (s.f.). Obtenido de <http://www.prozonesports.com/stats-acquire-prozone-sports/>

RFID Wristband. (s.f.). Obtenido de <http://www.cnjacky-rfidcard.com/en-US/detail.aspx?node=en-products403&id=708>

Sparkfun. (s.f.). Obtenido de <https://www.sparkfun.com/datasheets/Prototyping/Batteries/MCP73831T.pdf>

Strong Link. (s.f.). Obtenido de <http://www.stronglink-rfid.com/es/rfid-modules/sl031.html>

Sundgren. (s.f.). Obtenido de http://www.sundgren.se/1-recreation/2-electronics/dcf77_simulator.htm

Tactical Space Lab. (s.f.). Obtenido de <http://tacticalspace.org/archives/3d-tracking-with-arduino-and-imu/>

Todo lo que necesitas saber sobre tarjetas SD SDHC SDXC y sus clases. (s.f.). Obtenido de <http://www.elhacker.net/tipos-tarjetas-memoria-sd-clases.html>

Tutorial sobre circuitos RFID. (s.f.). Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/urbina_r_rd/resumen.html

(2005). Using GPS Technology to Monitor Intensity, Speed, and Training Volume in Outdoor Athletes. En R. Karboviak, *National Strength and Conditioning Association* (págs. 24 - 25).

What is GPS? (s.f.). Obtenido de <http://www8.garmin.com/aboutGPS>.

10 LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características generales módulo arduino

Tabla 2. Características RFID

Tabla 3. Clases de tarjetas Micro SD

Tabla 4. Capacidades de las tarjetas Micro SD de acuerdo a su clase

Tabla 5. Velocidad de lectura y escritura de las tarjetas Micro SD

Tabla 6. Equivalencias de notaciones en cuanto a velocidad de las tarjetas Micro SD se refiere

Tabla 7. Ejemplos de uso para las tarjetas tipo SDHC

Tabla 8. Especificaciones Arduino Nano

Tabla 9. Comparación con PIC del mismo tipo

Tabla 10. Características MCP73831

Tabla 11. Características LM2577

Tabla 12. Cronograma de actividades

Tabla 13. Comparativo Módulos GPS

Tabla 14. Comparativo Módulos RFID

Tabla 15. Comparativo Etiquetas RFID

Tabla 16. Comparativo Microcontroladores PIC

Tabla 17. Comparativo Microcontroladores Arduino

Tabla 18. Ficha técnica del dispositivo

11 LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama Circuito de prueba de simulación

Figura 2. Velocidades y distancias de carrera de los 10 niveles realizados en el test Yo-Yo de resistencia nivel 1

Figura 3. Valores para estimar la fiabilidad de los dispositivos GPS tanto a partir de las distancias totales recorridas para cada uno de los niveles como para cada uno de los niveles de velocidad

Figura 4. Polar Modelo RC3 GPS

Figura 5. Detección en tiempo real de la ubicación de un deportista

Figura 6. Software para determinar en tiempo real ubicación de un deportista

Figura 7. Constelación NAVSTAR

Figura 8. Módulo GPS Ublox Neo-6M

Figura 9. Características de los GPS Ublox Neo

Figura 10. Manillas RFID

Figura 11. Módulo RFID SL031

Figura 12. MicroSD Wing

Figura 13. Esquema de un microcontrolador

Figura 14. Arduino Nano

Figura 15. PIC16F1827

Figura 16. Diagrama de bloques PIC16F1827

Figura 17. PIC16F886

Figura 18. Cargador micro-usb

- Figura 19. Comparativo de baterías
- Figura 20. Batería de litio
- Figura 21. Step up / step down
- Figura 22. Representación esquemática del proyecto
- Figura 23. Pruebas en COM8 Ublox
- Figura 24. Comunicación serial con RS232
- Figura 25. Código del RFID
- Figura 26. Código para el Arduino Nano
- Figura 27. Diseño conceptual del proyecto
- Figura 28. Diseño esquemático del circuito
- Figura 29. Diseño esquemático en Eagle
- Figura 30. Diseño esquemático del circuito
- Figura 31. Diseño PCB en Eagle
- Figura 32. Vista de las dos capas de la PCB
- Figura 33. Montaje definitivo en PCB por ambas capas
- Figura 34. Molde de la carcasa definitiva para el dispositivo
- Figura 35. Diseño en Autocad de la carcasa
- Figura 36. Información generada por la prueba de trote en sector urbano
- Figura 37. Imagen satelital sobre la cual se trazan los puntos en el lugar de la prueba
- Figura 38. Información generada por prueba de trote en escenario deportivo

Figura 39. Imagen satelital sobre la cual se trazan los puntos en el lugar de la prueba

Figura 40. Realizando pruebas en la pista de patinaje

Figura 41. Parte 1 de los datos adicionales tabulados sobre la prueba en la pista de patinaje

Figura 42. Parte 2 de los datos adicionales tabulados sobre la prueba en la pista de patinaje

Figura 43. Parte 2 de los datos adicionales tabulados sobre la prueba en la pista de patinaje

Figura 44. Modelamiento de coordenadas cartesianas de la prueba

Figura 45. Información generada por prueba en vehículo realizada en zona urbana

Figura 46. Imagen satelital sobre la cual se trazan los puntos en el lugar de la prueba

Figura 47. Datos e imagen de prueba realizada en la universidad de San Buenaventura

Figura 48. Prueba parqueadero Universidad de San Buenaventura sede San Benito Medellín

Figura 49. Datos generados por el dispositivo al finalizar una prueba