



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN**

**SISTEMA DE POSICIONAMIENTO Y CRONOMETRAJE AUTOMÁTICO
PARA CARRERAS EN AGUAS ABIERTAS (WaterTrack)**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

AUTOR: CÉSAR JOHSEP ESCOBAR GÓMEZ

DIRECTOR: MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

IBARRA-ECUADOR

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004160055		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Escobar Gómez César Johsep		
DIRECCIÓN:	San Juan Capilla, Otavalo		
EMAIL:	cjgomezc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062923243	TELÉFONO MÓVIL:	0978991006

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO Y CRONOMETRAJE AUTOMÁTICO PARA CARRERAS EN AGUAS ABIERTAS (WaterTrack)
AUTOR:	Escobar Gómez César Johsep
FECHA DE APROBACIÓN:	24/07/2023
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
DIRECTOR:	MsC. Jaime Michilena Calderón

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 26 días del mes de Julio del 2023

EL AUTOR:

Escobar Gómez César Johsep



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN:

MAGÍSTER JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que el presente trabajo de Titulación SISTEMA DE POSICIONAMIENTO Y CRONOMETRAJE AUTOMÁTICO PARA CARRERAS EN AGUAS ABIERTAS (WaterTrack), ha sido desarrollado por el señor Escobar Gómez César Johsep bajo mi supervisión.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

MSc. Jaime Michilena Calderón

DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a Dios, mi familia y a mí mismo, como reconocimiento a su invaluable presencia y apoyo a lo largo de mi camino.

A Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada paso que he dado. Gracias por iluminar mi camino, darme fuerzas en momentos de debilidad y por ser mi refugio en tiempos de dificultad. Tu amor incondicional y tu infinita bondad han sido mi inspiración y mi sustento durante este proceso.

A mi amada familia, quienes han sido mi soporte inquebrantable. Gracias por su amor incondicional, su paciencia y por creer en mí cuando yo mismo dudaba. Su constante apoyo, aliento y palabras de aliento han sido el motor que me impulsó a seguir adelante. Sin ustedes, este logro no sería posible.

Y finalmente, a mí mismo. Quiero reconocer mi esfuerzo, dedicación y perseverancia. Agradezco a mi determinación por no darme por vencido, por enfrentar los desafíos con valentía y por superar mis propias limitaciones. Este logro es el resultado de mi trabajo arduo y de mi compromiso con alcanzar mis metas.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han sido parte fundamental en el desarrollo y culminación de mi tesis de grado. Sus apoyos, consejos y palabras de aliento han sido invaluableles durante este proceso. En especial, deseo agradecer de manera especial a mis padres, abuelos y docentes

A mis queridos padres, su amor incondicional, dedicación y constante apoyo han sido la fuerza impulsora detrás de mis logros. Gracias por estar siempre a mi lado, por motivarme a superar los desafíos y por creer en mí cuando más lo necesitaba. Vuestra confianza y sacrificio han sido fundamentales para mi éxito académico.

A mis abuelos, su sabiduría, paciencia y amor han sido un faro en mi vida. Gracias por brindarme su apoyo incondicional y por ser un ejemplo de tenacidad y perseverancia. Vuestras palabras de aliento y consejos han sido un motor para seguir adelante en momentos difíciles.

A mis estimados docentes, su dedicación, conocimientos y guía han sido fundamentales en mi formación académica y en la realización de mi tesis. Gracias por su tiempo y disposición para aclarar mis dudas, por su orientación experta y por su compromiso con mi crecimiento profesional. Vuestras enseñanzas perdurarán en mí a lo largo de mi carrera.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mi familia y amigos cercanos por su comprensión, paciencia y apoyo emocional a lo largo de este proceso. Vuestras palabras de aliento y gestos de cariño han sido un bálsamo en momentos de estrés y cansancio. Este logro no habría sido posible sin ustedes, y por eso les estoy eternamente agradecido. Gracias por ser parte de mi vida y por haberme brindado vuestro apoyo incondicional en esta etapa tan importante. Su influencia perdurará en mi carrera profesional y en mi vida personal.

INDICE DE CONTENIDOS

1.	Capítulo I	1
1.1.	Tema.....	1
1.2.	Problema.....	1
1.3.	Objetivos	2
1.3.1.	Objetivo General.....	2
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	3
1.4.	Alcance.....	3
1.5.	Justificación.....	5
2.	Capítulo II.....	7
2.1.	Fundamento Teórico	7
2.2.	Natación en aguas abiertas.....	7
2.2.1.	Normativa.....	8
2.2.1.1.	Partida y Llegada.....	8
2.2.1.2.	Órganos reguladores.....	9
2.2.1.3.	Salvavidas y seguridad	10
2.2.1.4.	Importancia del rastreo en tiempo real de competidores en natación de aguas abiertas	11
2.1.4.	Principales competencias en el Ecuador	12

2.2. Cronometraje en natación de aguas abiertas	13
2.2.1. Tipos de cronometrajes en las competencias de Natación.	14
2.2.1.1. Cronometraje Manual.....	14
2.2.1.2. Cronometraje Semiautomático	15
2.2.1.3. Cronometraje Automático	15
2.2.2. Cronometraje RFID.....	16
2.2.2.1. Etiqueta RFID	18
2.2.2.2. Reader o lector	19
2.3. Tecnología de rastreo en tiempo real	19
2.3.1. Sistemas de posicionamiento global mediante datos satelitales.....	21
2.3.1.1. Tecnología GPS.....	22
2.3.1.2. Tecnología BeiDou	24
2.3.1.3. Tecnología del sistema galileo	24
2.4. Redes inalámbricas.....	25
2.4.1. Redes inalámbricas de amplio espectro	26
2.4.1.1. Red LORA.....	26
2.4.1.2. Red Sigfox.....	26
2.4.1.3. Red celular 3G.....	27
2.4.1.4. GSM	28
2.5. Tecnología IoT	28

2.5.1. Edge computing.....	29
2.5.2. Hosting	29
2.5.3. Plataformas visualización en la Web	29
2.5.3.1. Ubidots	30
2.5.3.2. Thing Speak.....	30
2.5.3.3. Traccar.....	31
2.5.3.4. 000webHost.....	31
2.6. Metodología en cascada	31
3. Capítulo III.....	33
3.1. Análisis.....	33
3.1.1. Situación Actual	34
3.1.1.1. Entrevistas a deportista.....	37
3.1.1.2. Estado del Arte	38
3.1.2. Análisis de Resultados	39
3.1.3. Propósito y Ámbito del Sistema.....	40
3.1.4. Beneficiarios.....	40
3.1.5. Descripción General del Sistema	42
3.2. Requerimientos del Proyecto	43
3.2.1. Recursos y materiales.....	43
3.2.2. <i>Identificación de Stakeholders</i>	43

3.2.3. Nomenclatura de requerimientos	43
3.2.4. Requerimientos de Stakeholders	44
3.2.5. Requerimientos del sistema.....	45
3.2.6. Requerimientos de Arquitectura.....	46
3.2.7. Recursos Humanos.....	48
3.2.8. Elección de Hardware y Software	49
3.2.8.1. Selección de hardware para sistema de cronometraje	49
3.2.8.2. Selección de hardware para sistema de rastreo en tiempo real	52
3.2.9. Elección general de software.....	55
3.2.9.1. Programador del procesador.....	55
3.2.9.2. Visualización de ubicación en tiempo real.....	56
3.3. Diseño del Sistema	58
3.3.1.1. Diagrama de flujo cronometraje.....	60
3.3.1.2. Diagrama de flujo del sistema de posicionamiento	61
3.3.2. Diagrama de conexiones	62
3.3.2.1. Diagrama de conexión del sistema de Cronometraje	63
3.3.2.2. Diagrama de conexión del sistema de rastreo	63
3.3.3. Diseño de Software	65
3.3.3.1. Sistema de cronometraje automático.....	65
3.3.3.2. Sistema de posicionamiento	71

3.3.3.3. Diseño de plataforma IoT.....	79
4. Capítulo IV.....	91
4.1. Validación de unidades	91
4.1.1. Sistema de cronometraje	91
4.1.1.1. Funcionamiento de lector de etiquetas RFID RC522.....	91
4.1.1.2. Funcionamiento del módulo Esp8266.....	93
4.1.2. Sistema de posicionamiento	94
4.1.2.1. Funcionamiento módulo GPS v3 neo.....	94
4.1.2.2. Funcionamiento módulo GSM.....	97
4.1.2.3. Comprobación del envío de coordenadas a la base de datos.....	98
4.1. Pruebas de Implementación	100
4.1.1. Pruebas de encapsulado.....	100
4.1.2. Pruebas de impermeabilidad	103
4.1.3. Prueba Final.....	105
4.1.3.1. Creación del evento deportivo.....	105
4.1.3.2. Registro de los nadadores.....	108
4.1.3.3. Inicio de competencia y seguimiento de los competidores	111
Conclusiones	116
Recomendaciones.....	117
5. ANEXOS:.....	119

5.1.	ANEXO 1: Manual de usuario de la plataforma WaterTrack	119
5.2.	ANEXO 2: Manual de administración de la plataforma WaterTrack	120
5.3.	ANEXO 3: Entrevista realizada al nadador Carlos Granada	122
5.4.	ANEXO 4: Cronograma de actividades	124
5.5.	ANEXO 5: Planos de diseño de la capsula impresa en 3D	125

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Arquitectura del Sistema	4
Figura 2	Natación en aguas abiertas	7
Figura 3	Punto de Llegada	8
Figura 4	Logo de la WORLD AQUATICS	10
Figura 5	Punto de Llegada	11
Figura 6	<i>Funcionamiento RFID</i>	17
Figura 7	Ruta registrada con GPS	19
Figura 8	Metodología en cascada	32
Figura 9	Croquis de la Travesía al Lago San Pablo	34
Figura 10	Punto de partida Travesía Lago San Pablo	35
Figura 11	Marcaje de los nadadores	35
Figura 12	Jueces de Ruta	36
Figura 13	Deportistas en el momento de partida	37

Figura 14 Diagrama de bloques del sistema	42
Figura15 Diagrama del Sistema.....	59
Figura 16 Diagrama de bloques del sistema de posicionamiento	60
Figura 17 Diagrama de flujo del sistema de posicionamiento	62
Figura 18 Diagrama de conexión del sistema de Cronometraje	63
Figura 19 Circuito Electrónico del sistema de Cronometraje.....	63
Figura 20 Diagrama esquemático del sistema de posicionamiento	64
Figura 21 Circuito electrónico del sistema de posicionamiento	65
Figura 22 Declaración de la librería RTC.....	66
Figura 23 Declaración de librerías y habilitación de pines.....	67
Figura 24 Identificación del tag RFID.....	68
Figura 25 Declaración de librerías.....	68
Figura 26 Conexión a la red wifi	69
Figura 27 Inicio de comunicación serial.....	69
Figura 28 Comprobación de comunicación serial	70
Figura 29 Generación del URL.....	70
Figura 30 Conexión HTTP	71
Figura 31 Declaración de librerías Serial y GPS	72
Figura 32 Establecemos la velocidad de comunicación serial.....	75
Figura 33 Lectura de paquetes GSM	76
Figura 34 <i>Declaración de variables</i>	76
Figura 35 Comandos AT para el funcionamiento del módulo GSM.....	77
Figura 36 Creación de variables para realizar l lectura de datos	78

Figura 37 Funcionamiento del módulo GPS.....	78
Figura 38 Plataforma 000webhost.com	80
Figura 39 Plataforma de administración de la base de datos.....	81
Figura 40 Tabla de administracion	81
Figura 41 Tabla de eventos.....	82
Figura 42 Tabla de participantes.....	82
Figura 43 Tabla de registro de los rastreador GPS	83
Figura 44 Tabla de registro de coordenadas geográficas.....	83
Figura 45 Archivos del sitio web.....	84
Figura 46 Archivos de administración.....	85
Figura 47 <i>Archivos de administración</i>	85
Figura 48 Solicitar credenciales.....	86
Figura 49 Archivos de administración.....	87
Figura 50 Archivos php	87
Figura 51 Archivos de conexión.....	88
Figura 52 Archivos de conexión.....	89
Figura 53 Configuración base de datos para Wordpres.....	90
Figura 54 Lecturas de tags RFID.....	92
Figura 55 Lector de tarjetas RFID RC522.....	93
Figura 56 Envío del URL con el código hexadecimal a la base de datos.....	93
Figura 57 Establecemos la comunicación con el GPS.....	95
Figura 58 Obtención de datos GPS.....	96
Figura 59 Dispositivo GPS NEO v3.....	96

Figura 60 Inicialización del módulo GSM	97
Figura 61 Comandos AT para comunicación entre arduino y módulo GSM	97
Figura 62 Respuesta comando AT.....	98
Figura 63 Dispositivo GSM.....	98
Figura 64 Comunicación entre arduino y el modulo GPS	99
Figura 65 Datos almacenados en la base MySQL	99
Figura 66 Resultados de la prueba de funcionamiento	99
Figura 67 Sistema de posicionamiento previo a su encapsulación	101
Figura 68 Esqueleto del prototipo rastreador.....	102
Figura 69 Encapsulado WATERTRACK.....	102
Figura 70 Empaque de caucho colocado en la tapa de la la cápsula	103
Figura 71 Colocación de resina epoxica en la capsula del dispositivo WaterTrack	104
Figura 72 Nadador colocándose el dispositivo rastreador.....	104
Figura 73 Recorrido del nadador mostrado en la página web	105
Figura 74 Registro de usuario	106
Figura 75 Ingreso de contraseña	106
Figura 76 Notificación de inicio de sesión exitoso.....	107
Figura 77 Formulario de registro de eventos	107
Figura 78 Registro de los nadadores.....	108
Figura 79 Registro de competidores en la plataforma	108
Figura 80 Registro competidor TAG1	109
Figura 81 Registro competidor TAG2	109
Figura 82 Registro competidor TAG 3.....	110

Figura 83 Tabla de eventos	110
Figura 84 Verificación del registro de los competidores	111
Figura 85 Búsqueda de competencias registradas	112
Figura 86 Competencia Prueba final	113
Figura 87 Recorrido de la competencia	113
Figura 88 Competidores durante la prueba de funcionamiento	114
Figura 89 Presentación de los resultados	115

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fichas bibliográficas	38
Tabla 2 Tabla de beneficiarios	40
Tabla 3 Especificaciones para tabla de requerimientos	41
Tabla 4 Recursos humanos	43
Tabla 5 Descripción de acrónimos	43
Tabla 6 Tabla de requerimientos de stakeholders	44
Tabla 7 Tabla de requerimientos del sistema	45
Tabla 8 Tabla de requerimientos de Arquitectura	46
Tabla 9 Tabla de requerimientos eléctricos	48
Tabla 10 Tabla de recursos humanos	48
Tabla 11 Elección de procesador según los requerimientos	49
Tabla 12 Elección de lector según los requerimientos	50
Tabla 13 Elección de la etiqueta RFID según los requerimientos	51
Tabla 14 Elección de módulo GPS	52
Tabla 15 Elección de módulo GSM	53
Tabla 16 Elección de fuente de energía	53
Tabla 17 Elección de case protector	55
Tabla 18 Elección de plataforma para visualización de datos	57

RESUMEN

El presente proyecto nos muestra el desarrollo de un sistema de cronometraje automático utilizado en competencias de aguas abiertas, además de un dispositivo electrónico que permita realizar el seguimiento del nadador en competencia, estos datos se verán reflejados en la página web de una plataforma IoT.

El sistema de cronometraje utiliza la tecnología de identificación por radiofrecuencia la cual consta con un lector de tarjetas RFID y cada nadador debe portar un tag RFID previamente registrado con el nombre del competidor. Estos datos se envían mediante un módulo ESP conectado al internet a una base de datos de un servidor WEB, estos datos son mostrados en la página del sitio web en una interfaz mucho más amigable para el cliente.

La segunda parte del proyecto consta de un dispositivo rastreador que debe portar el nadador durante la competencia, este dispositivo enviara las coordenadas GPS de donde se envían cada treinta segundos a una base de datos del mismo servidor web, y estas coordenadas se graficaran en un mapa de google Maps, permitiéndonos identificar el recorrido realizado por el nadador.

ABSTRACT

This project shows us the development of an automatic timing system used in open water competitions, as well as an electronic device that allows the follow-up of the swimmer in competition, this data will be reflected on the web page of an IoT platform.

The timing system uses radio frequency identification technology which consists of an RFID card reader and each swimmer must wear a previously registered RFID tag with the name of the competitor. These data are sent by an ESP module connected to the Internet to a database of a WEB server, these data are displayed on the website page in a much friendlier interface for the client.

The second part of the project consists of a tracking device that the swimmer must carry during the competition, this device will send the GPS coordinates of where they are sent every certain period of time to a database of the same web server, and these coordinates will be graphed in a map from Google Maps, allowing us to identify the route taken by the swimmer

1. Capítulo I

Antecedentes

El capítulo presenta el análisis del problema que se genera en el cronometraje de las travesías natatorias y el control de los nadadores en el desarrollo de la competencia debido al lugar donde se desarrollan dichos eventos, además de un planteamiento de objetivos a alcanzar proponiendo una solución que permita mitigar estos inconvenientes, establecer una metodología de diseño de sistema que se va a usar para el correcto desarrollo del proyecto y finalmente se va a justificar el motivo por el cual es necesario generar una solución a estas competencias.

1.1. Tema

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO Y CRONOMETRAJE AUTOMÁTICO PARA CARRERAS EN AGUAS ABIERTAS (WATERTRACK)

1.2. Problema

Las competencias natatorias de aguas abiertas, son eventos que se han venido desarrollando desde hace ya varios años en forma periódica en el Ecuador, pero sin ninguna normativa o sustento científico que regulen la participación de los atletas; cabe recalcar que la fuerte carencia de estudios realizados durante el desarrollo de este tipo de competencias, disminuye la oportunidad de mejorar el nivel del evento ya sea con una mejor preparación física y psicológica de los atletas, entrenamiento deportivo especializado, control de tiempos y distancias.

En la actualidad la organización y control de competencias de aguas abiertas es muy compleja, debido a que se deben tomar en cuenta varios aspectos importantes como son: las características del lugar donde se va a realizar la competencia, el nulo control de la ubicación del nadador en carrera y las inconsistencias en los cronometrajes de los atletas; todo esto conlleva a que no se pueda brindar información oportuna a la organización, así como al público.

El problema de la pandemia de COVID- 19, influyó de manera negativa sobre este tipo de competencias debido a que una de las singularidades de este deporte abarca la aglomeración masiva de personas en los puntos de partida y llegada. Un claro ejemplo de este inconveniente se puede evidenciar en el tradicional cruce del Lago San Pablo, que según lo mencionó (Rojas, 2017) en su artículo, abarca alrededor de 275 nadadores por edición; y por las características de la competencia, el juez de aguas abiertas en su entrevista (Lobo, 2020) afirma que la natación es compleja de cronometrar por dos principales razones: 1. Interferencia del agua en dispositivos de radiofrecuencia y 2. La baja visibilidad del número del competidor. Por último, tenemos la falta de tecnologías que permitan controlar la posición exacta del atleta a lo largo de la carrera, pudiendo provocar que los nadadores se extravíen.

El desarrollo de un sistema de cronometraje y posicionamiento eficientes en competencias de aguas abiertas pretende satisfacer las necesidades organizativas, especialmente en la logística, cronometraje deportivo y una correcta y breve difusión de resultados de los atletas. Los avances tecnológicos en eventos deportivos de esta índole captaran la atención no solo de los deportistas, sino también de las organizaciones homologadas para competencias de aguas abiertas.

Finalmente, la escasa implementación de nuevas tecnologías en deportes como la natación de aguas abiertas a provocado que este tipo de contiendas presenten muchas falencias desde el punto de vista, no solo organizativo, sino también de control de resultados; por ende, se genera un gran campo de acción con respecto al progreso tecnológico en herramientas de detección de posicionamiento en tiempo real y métodos de cronometraje automático.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema WEB de cronometraje automático y control de posicionamiento mediante el uso la tecnología RFID y el Sistema de Posicionamiento Global para gestión de travesías en aguas abiertas

1.3.2. Objetivos Específicos

- Estudiar fuentes bibliográficas referentes a competencias de aguas abiertas, tecnología RFID y el Sistema de Posicionamiento Global, además de los sistemas de cronometraje existentes que sirvan en la selección de equipos adecuados para el desarrollo del proyecto.
- Construir un sistema de cronometraje y posicionamiento aplicando el método Waterfall de tal forma que nos permita presentar la información del desarrollo de la carrera de una manera oportuna, así como también las tablas de resultados.
- Elaborar un prototipo de brazalete resistente al agua que permita portar el dispositivo GPS y el tag RFID sin que este obstaculice o moleste el libre movimiento del deportista.
- Diseñar un Servidor Web que nos permita realizar el procesamiento de los datos obtenidos y a la vez permita la visualización de la información de la carrera de una forma clara y oportuna.
- Evaluar las pruebas de funcionamiento del sistema en circunstancias que asemejen a una travesía natatoria y poder realizar cualquier corrección que sea pertinente.

1.4. Alcance

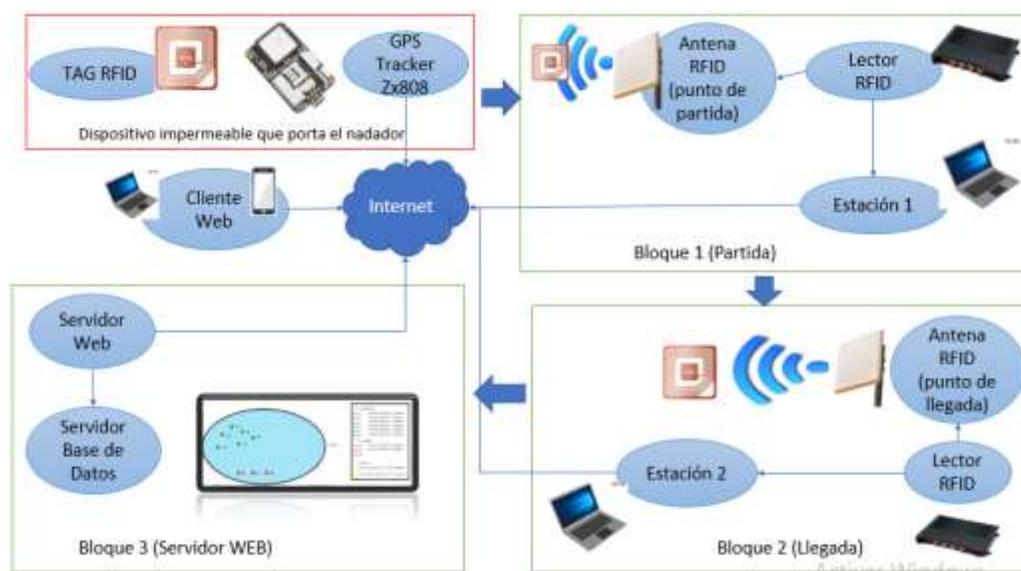
Para la realización del proyecto se establece el modelo metodológico en cascada el cual ordena el proceso de ejecución del proyecto en cinco etapas que siguen una secuencia ordenada de la primera a la quinta etapa: la primera etapa, es realizar la revisión del estado del arte referentes a competencias natatorias de aguas abiertas, tecnologías utilizadas en el deporte y redes inalámbricas de largo alcance, de esta manera poder establecer de una forma clara todos los requerimientos que debe cumplir el sistema además de los stakeholders del proyecto.

Establecidos todos los requisitos del proyecto la segunda etapa es realizar el diseño de la arquitectura del sistema, la cual se divide en tres bloques, el bloque uno es el diseño del sistema de cronometraje automático con la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID), el

bloque dos es el diseño del sistema de posicionamiento el cual permitirá obtener la ubicación exacta del nadador haciendo uso de dispositivos GPS , y el bloque 3 donde se hace el diseño de un servidor WEB el cual permita almacenar la información en una base de datos, además de tener una interfaz gráfica que permita visualizar la información del desarrollo de la competencia como la posición del nadador en el agua, tiempos de carrera de los nadadores durante la travesía y finalmente un registro de la ruta recorrida durante la competencia y tablas de resultados.

Figura 1

Arquitectura del Sistema



Nota. La imagen representa la arquitectura del sistema de cronometraje.

La tercera etapa es la que integra los bloques del proyecto y los hace funcionar como un solo sistema, realizando la implementación de un prototipo de brazalete resistente al agua que permita portar el dispositivo de rastreo y el tag RFID de tal forma que estos no se vean afectados por el agua y sin que este obstaculice o moleste el libre movimiento del deportista y permita el intercambio de información de los dispositivos GPS y un servidor WEB el cual almacenará los datos y los procesará para estos puedan ser visualizados por los usuarios. También los tiempos obtenidos por el sistema de cronometraje RFID serán presentados en la misma aplicación WEB.

La cuarta etapa de es la implementación de todas las partes del sistema para que las pruebas de funcionamiento puedan realizarse y de esta manera verificar que el prototipo funciona de forma

adecuada y de ser necesario empezar una quinta etapa la cual es parte que nos permite corregir posibles errores que el sistema pudo haber presentado, estas correcciones pueden ser corregidas en cualquier fase del desarrollo del proyecto es en esta puesta en punto del sistema se basa en la corregir los detalles o problemas que no se tomó en cuenta en las etapas anteriores del proyecto.

1.5. Justificación

Los deportes que desafían las capacidades humanas en la actualidad van tomando más adeptos ya sea de forma recreativa o competitiva, las travesías natatorias son un ejemplo de ello donde el nadador pone al límite su físico para nadar grandes distancias en ríos, lagos, lagunas o mares.

Por la naturaleza de la competencia la toma de los tiempos y control de los nadadores se vuelve un desafío para la parte organizativa, el desarrollo de soluciones tecnológicas que realicen este tipo de tareas no se encuentra enfocados en competencias acuáticas.

El desarrollo del sistema presentaría una solución en la organización de competencias en aguas abiertas ya que permitiría difundir la información de la competencia de forma clara y rápida. Además del control que tendría la parte organizativa con respecto a los nadadores en carrera y de esta manera estaríamos cumpliendo con el objetivo principal del Plan Nacional de Reactivación del Deporte que nos dice Establecer los lineamientos para la reactivación del sector en lo que corresponde a la práctica de la actividad física en espacios libres y el deporte de alto rendimiento, durante la Emergencia Sanitaria por CORONAVIRUS (COVID-19), facilitando el retorno paulatino a las actividades y reduciendo los riesgos de salud física y mental, contribuyendo a la salud de la sociedad y a la formación integral de los deportistas. (Tobón y otros, 2020)

Tradicionalmente estas travesías se caracterizan por tener muchas falencias en el cronometraje y mucha incertidumbre por falta de información oportuna en el desarrollo de la competencia y es esto lo que se busca suplir con el presente proyecto, además de ir integrando cada vez más deportes con la tecnología, de igual forma el sistema a futuro se podría mejorar por

ejemplo implementando sensores que midan los signos vitales de los competidores y así poder anticiparnos a algún posible problema médico que tenga un nadador, mencionando también que no se ha podido encontrar un dispositivo comercial que permita realizar el monitoreo de nadadores en aguas abiertas.

2. Capítulo II

1.1. Fundamento Teórico

En este capítulo se hace un breve estudio de los temas involucrados en el trabajo de titulación, como es todo lo referente a la normativa de la natación en aguas abiertas, así como también los sistemas de cronometraje y seguimiento a los nadadores que esta modalidad de natación aplica en sus competencias, para que de esta manera se tenga todo el sustento teórico y poder diseñar e implementar el sistema propuesto en los objetivos. Aplicando la metodología de desarrollo de proyectos en Cascada específicamente en una parte de su fase de requerimientos donde se reúnen toda la información posible para el entendimiento teórico del proyecto tanto en su aspecto deportivo como técnico.

1.2. Natación en aguas abiertas.

La natación en aguas abiertas es una disciplina en la que los nadadores tienen que recorrer una distancia determinada. Las pruebas tienen lugar en espacios abiertos naturales como en mar abierto, bahías, canales, lagos o ríos. En la natación en aguas abiertas intervienen factores externos como las corrientes, la temperatura del agua, las mareas o el viento.

La diferencia con la piscina es que los nadadores están a merced de las condiciones atmosféricas y naturales del lugar. La climatología, la temperatura del agua, las corrientes y la flotabilidad se pueden ver alteradas y condicionar de manera muy profunda el desarrollo de la prueba. (Oscar, 2021)

Figura 2

Natación en aguas abiertas



Nota. La natación en aguas abiertas puede ofrecer una variedad de competencias ya que se puede realizar en varios lugares como son lagos, ríos e inclusive en el mar. Adaptada de (Diez, 2015)

1.2.1. Normativa

Para poder realizar un evento de estas características es necesario seguir un grupo de reglas específicas que nos van a ayudar a realizarlo de una forma correcta, como sería el establecer los puntos de partida, llegada, cronometraje, presentación de resultados y establecer las respectivas categorías y distancias.

1.2.1.1. Partida y Llegada

El punto de partida se realiza en la zona de salida la cual es la orilla del lago donde todos los competidores se deben distribuir en una sola fila y reaccionaran con la señal de partida, el nadador empezara tras la línea marcada por los jueces fuera del agua.

De igual manera en la zona de llegada se establece una zona por donde debe cruzar y tocar una alfombra de aproximadamente 3 metros de extensión, esta se encuentra al nivel del agua y facilita a los nadadores registrar su tiempo y también proteger a los equipos electrónicos como la antena y el lector de etiquetas de los factores ambientales ente caso el agua.

Figura 3

Punto de Llegada



Nota. En la meta se encuentra una alfombra en la cual están ubicados los equipos lectores de las etiquetas RFID. Adaptada de Cruce del Lago San Pablo, por Liga Deportiva Cantonal Otavalo, 2022.

1.2.1.2. Órganos reguladores

La FENA, fue fundada en Guayaquil en el Campeonato Sudamericano realizado en Guayaquil, Ecuador, 1978, y su primer presidente fue Luis Chiriboga Parra. Antes de este evento, era la Asociación Ecuatoriana de Natación (El Universo, 2015). Cuatro años después, en 1982, Guayaquil sería la sede del 4to mundial de natación de la Federación Internacional de Natación (FINA).

Los eventos de Aguas Abiertas avalados por la FENA, se regirán por el reglamento FENA, FINA y de las resoluciones tomadas en las juntas de representantes de la organización del evento que usualmente son las ligas deportivas cantonales y sus alcaldías. Estas directrices son recomendaciones para los organizadores de eventos con aval FENA respecto a escenarios, adecuaciones, medidas de seguridad, que deben tomarse para el buen desarrollo y garantizar la seguridad de los participantes, espectadores, jueces y personal contratado, en donde se celebra un evento con aval FENA. Estas directrices no son exhaustivas y no pueden ser considerados como

un concluyente y todo lo que abarca en las especificaciones y medidas de seguridad que deben tomarse.

En Melbourne el 12 de diciembre de 2022 la Federación Internacional de Natación se convirtió en la World Aquatics tras una votación en un Congreso extraordinario en la víspera de la Campeonato Mundial de Natación 2022. Durante sus 114 años de historia, FINA y sus 209 federaciones miembro han mantenido la responsabilidad de nadadores, nadadores artísticos, buzos, buzos altos, nadadores en aguas abiertas y jugadores de waterpolo. (World aquatics, 2021)

Figura 4

Logo de la WORLD AQUATICS



Nota. Logo de la nueva entidad que rige las competencias de natación en el mundo World Aquatic. Adapted de World Aquatics, por Husain Al Musallam, 2022.

La responsabilidad de los organizadores del evento, así como de las Federaciones en caso de juegos nacionales y clubes participantes, es la de realizar todo cuanto esté a su alcance para asegurar que el orden, la seguridad y protección se mantengan en y alrededor de la sede de la competencia, antes, durante y después del evento. Tanto los clubes que participan en eventos avalados por FENA, así como las federaciones provinciales que organicen juegos nacionales están obligados a cumplir con estas directrices, en cualquier caso. Los organizadores, así como las federaciones participantes o clubes están sujetos a la autoridad disciplinaria de la FENA, y la NO observación de estas directrices darán lugar a que se retire el aval de habérselo concedido.

1.2.1.3. Salvavidas y seguridad

La seguridad e integridad de los nadadores es muy importante en todo tipo de competencia deportiva, las travesías natatorias por los escenarios que se desarrollan ponen en cierto riesgo a los deportistas ya que están a la merced de la marea, clima, viento, temperatura del agua, salinidad

entre otros, que son factores que podrían afectar el correcto desempeño del nadador, es por esto que los abandonos durante la carrera suceden, y la organización debe tener un plan de contingencia.

Figura 5

Punto de Llegada



Nota. Equipo de cruz roja y paramédicos se encuentran en los grupos de barcos que brindan seguridad y abasto a los nadadores. Adaptada de Cruce del Lago San Pablo, por Liga Deportiva Cantonal de Otavalo, 2022.

Uno de ellos son las lanchas con jueces de ruta y equipo de rescate los cuales están ubicados estratégicamente alrededor de los nadadores acompañándolos y guiándolos, formando una especie de carril a lo largo de toda la travesía natatoria, en cada embarcación debe haber un juez de ruta, un paramédico o personal de cruz roja y un agente de control ya sea nacional o municipal. Ya que son los que primero deben acudir a salvar o sacar del agua a algún nadador que por cierta circunstancia este imposibilitado de seguir.

1.2.1.4. Importancia del rastreo en tiempo real de competidores en natación de aguas abiertas

En una competencia de aguas abiertas es prácticamente imposible identificar a los nadadores ya que todos usan los accesorios muy parecidos como lo son los visores de baño y el

traje de natación, aunque estos se encuentran registrados y marcados con stickers o marcador y con números grandes y legibles en sus brazos y piernas su respectivo número de participación.

Es por ello la importancia de dotar al competidor de un dispositivo de rastreo que debe portar durante toda la carrera y que este se adecue a las especificaciones necesarias del nadador como serian que no impida el libre movimiento del deportista, sea resistente al agua, etc.; este dispositivo nos enviara la ubicación exacta de cada nadador a una plataforma web y esta mostrara de forma clara donde se encuentra determinado nadador, permitiendo a la organización, publico asistencia y jueces de competencia llevar un control adecuado y un seguimiento de todos los nadadores dando un grado más de seguridad a cada deportista.

2.1.4. Principales competencias en el Ecuador

Ecuador posee gran cantidad de cuerpos de agua que permiten el desarrollo de la natación en aguas abiertas, en especial la provincia de Imbabura la cual es conocida como la provincia de los lagos, las competencias más conocidas a nivel internacional se desarrollan en esta provincia, a continuación, se comenta algunas de competencias de aguas abiertas más relevantes en el Ecuador.

- **Cruce lago San pablo**

El Lago San pablo es el lago más grande del país y aquí cientos de nadadores se dan cita para competir en una travesía de 3500 a 3800 metros de longitud. Todos se reúnen con el fin de celebrar las fiestas del Yamor que se llevan a cabo en septiembre de todos los años. El punto de partida se da en el sector suroriental del Araque y la llegada es en el muelle de Chicapán (Valencia, 2015).

Esta travesía es considerada la más grande del ecuador y con mayor tradición ya que Otavalo recibe desde hace 81 años a cientos de nadadores en septiembre, mes donde se realiza la tradicional Travesía Natatoria al Lago San Pablo, como uno de los principales eventos que se realizan en las Fiestas del Yamor. (Otavalo G. , 2021)

- **Cruce Cuicocha**

Esta travesía se realiza en el cantón de Cotacachi y es una laguna formada en un cráter del volcán Cotacachi el cual es un volcán activo y esto lo hace muy atractiva para los nadadores. Según (Expectativa, 2017), la competencia se desarrollará en varias categorías: la infantil que realizarán un recorrido de 800 metros y las categorías mayores que recorren una distancia de 4500 metros, el recorrido empieza en el embarcadero del muelle de Cuicocha y deben girar los islotes hasta volver al lugar de partida. Están dispuestas lanchas que acompañaran a los nadadores durante el recorrido, contarán con personal para prestar auxilio inmediato, en caso de ser necesario. (Expectativa, 2017)

- **Cruce Yahuarcocha**

La Travesía a la Laguna Yahuarcocha se realiza en las fechas de fiesta de la ciudad y contempla las distancias de 500 metros, distancia que cubrirán los novatos. Mientras quienes ya han participado en este tipo de pruebas deberán cubrir entre 2.250 y 5.000 metros, según la edad.

Al finalizar la prueba la organización premiará con trofeos a los tres primeros lugares de cada categoría, y al deportista con capacidades diferentes, al nadador(a) más pequeño y al nadador (a) de mayor edad en realizar el cruce (Coral, 2013).

- **Bahía de Caráquez**

La Travesía de natación San Vicente - Bahía, Manuel 'Cachito' Ramírez, convocará a más de 600 nadadores. Se trata de una competencia de 1,8 km, que une las orillas de ambas poblaciones manabitas en la zona donde se une el río Chone y el océano Pacífico. Será la edición número 49 de este evento (Comercio, 2019).

- **Copa del Pacifico**

La copa del Pacifico es un campeonato de natación la cual cuenta con varias etapas que se van a desarrollando a lo largo del año, estas etapas se desarrollan en los diferentes lagos, lagunas, bahías y esteros del país.

2.2. Cronometraje en natación de aguas abiertas

El cronometraje es un término que se emplea para indicar de una manera exacta el lapso que se emplea para el desarrollo de cierta actividad, es decir el tiempo que transcurre desde que un objeto, persona, animal, etc. emplea en llegar del punto A al punto B. (Camana, 2015)

2.2.1. Tipos de cronometrajes en las competencias de Natación.

Un aspecto fundamental en el desarrollo de una competencia deportiva es el cronometraje, el cual consiste en medir el lapso en que un individuo tarda en llegar de un lugar a otro, basándonos en estos tiempos se puede establecer cuál es el ganador de la prueba y los respectivos ganadores por categorías. Muchos de estos eventos deportivos pueden tener mucha relevancia a nivel local, nacional o internacional es por ello que sistema de cronometraje que se implemente debe ser el idóneo y que mejor se adapte para cada tipo de competencia.

En el caso del cronometraje para competencias de natación se tiene algunas opciones de cómo realizarlo y cada uno de ellos tiene sus ventajas y limitantes que a continuación se van a estudiar y una vez ya conocidos estos parámetros de cada tipo de cronometraje establecer cuál es el sistema idóneo para cronometrar competencias en aguas abiertas.

2.2.1.1. Cronometraje Manual

En este sistema la interacción del competidor con el sistema de cronometraje es nulo ya que tanto la salida como la llegada se encuentra controlada por el juez de cronometraje el cual está ubicado al final de cada carril de competición.

Este tipo de cronometraje es utilizado en carreras con pocos nadadores y que en muchas de las ocasiones los organizadores cuentan con un presupuesto limitado, este sistema de cronometraje consiste en tener un solo tiempo inicial de referencia y en la llegada se encuentra un juez de meta con un cronometro mecánico o digital registrando sobre una hoja de papel los tiempos de los nadadores que van culminando su prueba.

El sistema presenta varias limitaciones tales como, que depende mucho del número de participantes en la prueba prácticamente descartándolo como un sistema principal de cronometraje en una competencia con proyección a tener gran cantidad de participantes. Otro punto en contra es

que la presentación de los resultados se la podrá obtener el momento que el ultimo competidor culmine la prueba y esto causa de cierta manera molestia en los competidores y público ya que se genera mucha incertidumbre en saber cuáles son los resultados oficiales y finalmente otro problema a tomar en cuenta es el tiempo de reacción del juez al activar y parar el cronometro ya que este tiempo así sea en decimas segundo varía el tiempo real del competidor. (Eugenio, 2011)

2.2.1.2. Cronometraje Semiautomático

En este sistema de cronometraje se da mayor importancia a la precisión de la toma de datos y a la rapidez de difundir los resultados, ya que complementa al cronometraje manual al agregar en la llegada del carril pulsadores manuales que serán activados por los jueces de cronometraje de cada carril. Este tipo de cronometraje es utilizado en la mayoría de las pruebas de natación en piscina debido a que permite presentar los resultados rápidamente. Además, que este tipo de pruebas al ser rápidas deben ser complementados con otro sistema de cronometraje y poder tabular los resultados sacando una media entre los dos tiempos, en la mayoría de los casos de utiliza dos jueces más por competidor realizando cronometraje manual para tener un respaldo de los resultados y de ser necesario sacar una media de los tiempos de determinado competidor. (Eugenio, 2011)

Las limitaciones que tiene este sistema de cronometraje es que depende mucho del número de equipos disponibles es decir que se necesita un pulsador por cada competidor, el campo de acción idóneo para este tipo de cronometraje es en las pruebas de piscina por el hecho de tener pocos carriles disponibles por prueba, con un máximo de 8 en algunas piscinas, pero que para una prueba de aguas abiertas donde la partida de los nadadores es masiva se descarta que sea el sistema adecuado para cronometrar esta carreras. (Eugenio, 2011)

2.2.1.3. Cronometraje Automático

En este sistema la interacción del atleta con el sistema de cronometraje tiene mayor importancia y dependiendo a las pruebas que se desea cronometrar puede varias la tecnología y los equipos que se va a utilizada; en la mayoría de competencias de natación el funcionamiento

del cronometraje automático consiste en placas de presión los cuales se encuentran en cada cajón de partida del nadador, el cual al recibir una señal de salida por un altavoz deja de presionar esta placa activando el cronómetro y de igual manera en la llegada el nadador debe parar el cronómetro al hacer contacto con otra placa de presión y estos resultados inmediatamente se podrán publicar para informar al público. De igual manera que en el cronometraje semiautomático en las pruebas de natación deben ser complementados con otro sistema de cronometraje para siempre tener resultados de respaldo.

Otro tipo de cronometraje automático es el que utiliza la tecnología de identificación por radiofrecuencia, la cual consiste en transpondedores a modo de etiquetas con un código de identificación y una antena de radio, la cual es la encargada de identificar cada etiqueta, estas antenas tienen una cobertura aproximadamente de 5 metros y deben ser estratégicamente colocadas en la zona de partida y llega, de esta manera se podrá identificar en que tiempo exacto paso determinado competidor por la partida y de igual manera en la llegada, dándonos así los resultados de la carrera de una forma rápida y clara.

2.2.2. Cronometraje RFID

El cronometro RFID (“Radio Frecuencie Identificaction”) es un tipo de cronómetro automatizado con la peculiaridad de que puede identificar los cuerpos cercanos del entorno y establecer marcaciones temporales asignables automáticamente. De este modo, se consigue un nivel de automatización más elevado, con lecturas de tiempo simultáneas automatizadas, hecho que en los otros sistemas es difícil o casi imposible de establecer. La ventaja que permite el sistema RFID es marcar una lectura temporal con precisión y fiabilidad semejantes al de luz, pero con más capacidad de lectura simultánea y con el factor extra de identificación. Este valor añadido contribuye a un incremento considerable de su valor. Para establecer una posible solución es necesario hacer una comparación entre las necesidades de las pruebas del BSMC y las prestaciones que presentan los diferentes sistemas de cronometraje. (Barros & Delgado, 2017)

Según (Camana, 2015), la tecnología RFID (Radio Frequency IDentification), es un tipo de tecnología en crecimiento y rápido desarrollo cuyo objetivo es el de identificar objetos de una

forma instantánea, con poca transmisión de información y en un entorno cercano o controlado. Su principal aplicación ha sido similar a la del código de barras, es decir, la identificación de productos, como por ejemplo los objetos en una cadena de montaje, en un almacén, etc. sin embargo, sus ventajas son muy superiores. El RFID puede manejar un volumen razonable de datos a mayor distancia, se deteriora menos, no tiene por qué ser visible, se puede aplicar en casi todos los medios, es barato y se puede usar en más aplicaciones (Camana, 2015).

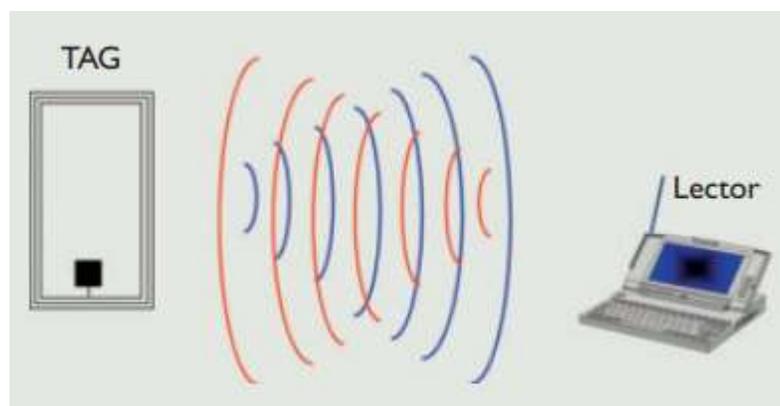
- RFID que presenta numerosas ventajas frente a los códigos impresos.
- Es difícil de destruir.
- Es fácil de leer. Incluso es posible leer la información de varios productos a la vez.
- Contienen mayor cantidad de información, que incluso puede ser modificada.
- Al realizarse la lectura por radiofrecuencia, la etiqueta no tiene por qué estar visible.
- Permite la lectura con el objeto en movimiento.

El modo de uso de la tecnología RFID es similar al tradicional código de barras. Al producto que se desea identificar se le añade una etiqueta y se utiliza un lector conectado a un ordenador para obtener la información de identificación automáticamente.

El principio de funcionamiento es el siguiente: el lector emite una señal electromagnética que al ser recibida por la etiqueta hace que ésta responda mediante otra señal en la que se envía codificada la información contenida en la etiqueta, tal como se ilustra en la figura 5.

Figura 6

Funcionamiento RFID



Nota. El principio de funcionamiento de la tecnología RFID consiste en que el lector emite una señal electromagnética que es recibida por la etiqueta y ésta responde mediante otra señal. Adaptada de (Carlos Rodriguez, 2006)

2.2.2.1. Etiqueta RFID

Las etiquetas RFID son un elemento de gran ayuda para poder identificar y controlar objetos o cosas sin importar que estos estén en movimiento o fijos dependiendo si se encuentra en el rango de cobertura de la antena RFID, de las que las cuales hay dos subclases las activas y las pasivas.

- **Etiquetas activas**

Las etiquetas activas operan utilizando una fuente de alimentación (batería) integrada, esto lo hace muy versátil y tiene muchas maneras de uso a diferencia de las etiquetas pasivas que tienen un rango de acción más limitado, Estas etiquetas funcionan a una frecuencia de 433 MHz o 915 MHz para poder transmitir los datos almacenados.

Hay dos clases de etiquetas RFID activas estas son las balizas y los transpondedores, Las balizas tiene un modo de funcionamiento el cual es enviando un ping de información cada pocos segundos con un rango de alcance de varios metros y los transpondedores para poder transmitir información necesitan un lector, esto lo hacen al estar dentro del rango de cobertura del lector, mismo que envía una señal al transpondedor y este al recibir la señal del lector se activara y responderá enviando la información almacenada, esto en términos de eficiencia es mucho mejor que las balizas (Marketing, 2019).

- **Etiquetas Pasivas**

En las etiquetas pasivas, el elemento almacenador de energía es un condensador, el cual se carga con la energía emitida por el lector y luego utiliza dicha energía para responder. Por ello, la potencia de emisión está limitada, por lo que la distancia entre el lector y la etiqueta no puede ser muy elevada. La ventaja obvia de este tipo de etiquetas es el ahorro de espacio, la duración prácticamente ilimitada de la etiqueta y su menor coste. Debido a esto, éstas son las etiquetas más usadas, aplicándose en campos tan diversos como la identificación de animales, llaves de contacto

de automóviles, identificación de productos en cadenas de montaje, control de accesos, cronometraje de carreras, etc. (Carlos Rodríguez, 2006).

2.2.2.2. Reader o lector

El lector es un dispositivo electrónico que interactúa con la tarjeta RFID, este módulo lector tiene una estructura muy similar al de las etiquetas: es necesaria una antena para comunicarse con la etiqueta y un circuito para gestionar la comunicación. Este circuito dispone de un interfaz estándar, además existen en el mercado equipos lectores con la antena integrada y equipos que admiten antenas externas, que pueden seleccionarse en función de la aplicación.

Este dispositivo tiene un chip de comunicación que funciona a 13.56 MHz, su tipo de datos se basan en él están especificados en el estándar ISO/IEC 14443-A (Electrónica, s.f.) ,

2.3. Tecnología de rastreo en tiempo real

A lo largo de este capítulo se presentarán los conceptos necesarios que permitan comprender la base teórica sobre la que se basa nuestro sistema. Para entender mejor el mundo de la localización en tiempo real es necesario tener en cuenta las demás tecnologías existentes, éstas se pueden clasificar mediante su principio de medición o mediante la tecnología que usan.

Figura 7

Ruta registrada con GPS



Nota. Recorrido registrado un dispositivo GPS el cual es portado por un nadador durante una competencia en el mar. Adaptada de Google Earth, 2023.

La localización en tiempo clasificada mediante sus tecnologías inalámbricas tiene características heredadas y limitaciones, las cuales pueden afectar a la señal. La propagación, difracción, reflexión y la dispersión son básicamente las características que afectan a todos los tipos de señales. De manera conjunta el alcance efectivo, el ancho de banda disponible, regulaciones, la interferencia, la seguridad y el costo limitan la tecnología. Las técnicas inalámbricas comúnmente utilizadas para sistemas de posicionamiento en interiores son infrarrojos, radiofrecuencia y ultrasonido:

- **Infrarrojo:** La señal infrarroja es una señal electromagnética de una longitud de onda más larga que la de la luz visible, pero más corta que el de las ondas de radio. El infrarrojo está apenas debajo del espectro visible de la luz en frecuencia y es irradiado fuertemente por los cuerpos calientes. Él infrarrojo no es capaz de atravesar las paredes o cualquier tipo de obstáculo; por lo tanto, tiene una gama algo limitada de ambientes de interior.
- **Radiofrecuencia:** la señal de radiofrecuencia puede penetrar casi todo tipo de material de construcción, por lo tanto, tiene una gama excelente en ambientes de interior. La velocidad de la propagación es también alta, aproximadamente 320 mis. Este tipo de señal tiene la gama más grande de frecuencias comparada con infrarrojo y ultrasonido. A pesar de que las ondas de propagación están dentro de una frecuencia más alta, la interferencia con otros componentes es menor que en las otras señales. (Jhonatan, 2008)
- **Ultrasonido:** Aunque el ultrasonido opere en bandas de baja frecuencia, comparado con las otras dos tecnologías, posee una buena precisión para la localización a una velocidad de propagación del sonido (343 mis). Las ventajas de los dispositivos de ultrasonido son su simplicidad, por lo que éstos son baratos. Sin embargo, el ultrasonido no penetra las paredes y la temperatura influye su funcionamiento (Tadakamadla, 2006).

En la clasificación por principio de medición, las tecnologías existentes se diferencian por sus métodos para localizar y determinar la posición de un objeto. Principalmente se manejan tres técnicas de medida:

- **El sistema AOA (Angle of Arrival)**, es un método que se define como el ángulo que se obtiene entre la dirección de propagación de una onda contra una referencia para la cual conocemos su orientación, dicha referencia es una dirección contra la que medimos el ángulo de llegada, esta referencia se expresa en grados en dirección de las manecillas del reloj. La forma más común de obtener la medida del ángulo de llegada es usar un arreglo de antenas direccionales. (Jhonatan, 2008)
- **En el TOA-TDOA (Time Difference of Arrival)**, las técnicas confían en la precisión de medir el tiempo entre el transmisor de la señal y el receptor para utilizar el retardo de propagación y así calcular la distancia entre el transmisor y el receptor. Por lo tanto, una sincronización exacta es también muy importante en tales sistemas. Combinando por lo menos tres distancias a partir de tres posiciones de la referencia, la triangulación se puede utilizar para estimar la localización móvil de los objetos. Este tipo de técnica requiere un reloj de la alta exactitud en el sistema de comunicación. El sistema más conocido de esta tecnología es el popular GPS. (Jhonatan, 2008)
- **RSS y RSSI (Received Signal Strength, Received Signal Strength Indication)**, el sistema primero necesita medir la intensidad de la señal en diferentes puntos, los cuales fueron establecidos previamente. Después se saca un patrón, el cual se compara contra una base de datos que nos permite traducir la información del patrón en una posición. La desventaja de esta técnica es que se desperdicia mucho tiempo al tener que realizar una colección de datos representativa para reducir la probabilidad de error. Para lograr una localización mediante referencias, el sistema cuenta con emisores colocados en la zona y mediante la comparación constante entre el RSSI del objeto a localizar y el de estos emisores fijos se puede hacer una correlación que determine la ubicación (México et al., 2008).

2.3.1. Sistemas de posicionamiento global mediante datos satelitales

Un sistema global de navegación por satélite (Global Navigation Satellite System, GNSS) es una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para determinar las

coordenadas geográficas y la altitud de un punto dado, como resultado de la recepción de señales provenientes de satélites artificiales de la Tierra para fines de navegación, transporte, agrícolas, y otras actividades afines. (Wikiwand, 2023)

2.3.1.1. Tecnología GPS

El GPS es un sistema de posición global por satélite, y permite localizar en el planeta tierra la posición de un objeto, persona, vehículo o una nave, su precisión es de centímetros cuando se utiliza el GPS diferencial, aunque por lo general es de pocos metros (Cerdeña, 2019).

GPS es un sistema de satélites que determina la posición las 24 horas del día, en todo el mundo y en cualquier condición climatológica, un conjunto de 24 satélites que circulan la Tierra y envían señales de radio a su superficie, y son captados por un receptor GPS que permite recibir señales de los satélites (Banda et al., 1997). Principales pasos del funcionamiento del sistema GPS son:

- **Triangulación:** La base del GPS es la “triangulación” desde los satélites.
- **Distancias:** El receptor de GPS mide distancias utilizando el tiempo de viaje de señales de radio.
- **Tiempo:** El GPS necesita un control muy estricto del tiempo y lo logra con ciertos trucos.
- **Posición:** El GPS necesita conocer exactamente donde se encuentran los satélites en el espacio, y esto se consigue con cuidadoso monitoreo.
- **Corrección:** Corrige cualquier demora en el tiempo de viaje de la señal que esta pueda sufrir mientras atraviesa la atmósfera.

Los elementos principales de un GPS son los siguientes:

- Antena con preamplificador
- Sección de radio frecuencia o canal
- Microprocesador para reducción, almacenamiento y procesamiento de datos
- Oscilador de precisión, que permite generar códigos pseudo aleatorios.

- Fuente de energía eléctrica
- Interfaces del usuario (pantalla, teclado de comandos).
- Memoria de almacenamiento.

Las características de las orbitas de los satélites son:

- Las órbitas de los satélites son casi circulares, con una excentricidad de 0.03 a 0.3
- Están situados a una altura de 20180 km.
- Tienen una inclinación respecto al plano del ecuador de 55°.
- La separación entre las órbitas es de 60°. 30
- El periodo de los satélites es de 11h 58m.

Los satélites del GPS transmiten dos señales de radio de baja potencia, llamadas “L1” y “L2”. Cada señal GPS contiene tres componentes de información: un código pseudoaleatorio, los datos de efemérides de satélite y datos de almanaque. El código pseudoaleatorio identifica al satélite que transmite su señal. Los datos de efemérides de satélite proporcionan información sobre la ubicación del satélite en cualquier momento. El almanaque es un documento que contiene información sobre el estado del satélite y la fecha y hora actuales. Para cada satélite, el tiempo es controlado por los relojes atómicos a bordo que son cruciales para conocer su posición exacta. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015)

Las posiciones se obtienen mediante la determinación de las distancias a los satélites visibles. Este proceso se conoce como “trilateración”. El momento de la transmisión de la señal en el satélite se compara con el momento de la recepción en el receptor. La diferencia de estos dos tiempos nos dice cuánto tiempo tomó para que la señal viajara desde el satélite al receptor. Si se multiplica el tiempo de viaje por la velocidad de la luz, podemos obtener el rango, o de distancia, con el satélite. La repetición del proceso desde tres satélites permite determinar una posición de dos dimensiones en la Tierra (es decir, la longitud y latitud). Un cuarto satélite es necesario para determinar la tercera dimensión, es decir la altura. Cuantos más satélites son visibles, más precisa es la posición del punto a determinar. La distribución espacial de la constelación de satélites permite al usuario disponer de 5 a 8 satélites visibles en cualquier momento. El sistema está

diseñado para asegurar que al menos cuatro satélites estarán visibles con una recepción configurada de la señal de 15° sobre el horizonte en un momento dado, en cualquier parte del mundo (Banda et al., 1997).

Para el control de esta tecnología existe una serie de estaciones de rastreo, distribuidas en la superficie terrestre que continuamente monitorea a cada satélite analizando las señales emitidas por estos y a su vez, actualiza los datos de los elementos y mensajes de navegación, así como las correcciones de reloj de los satélites. Las estaciones se ubican estratégicamente cercanas al plano ecuatorial y en todas se cuenta con receptores con relojes de muy alta precisión (Cerdeña, 2019).

2.3.1.2. Tecnología BeiDou

El sistema de navegación por satélite BeiDou es un sistema de navegación por satélite chino. Se compone de dos constelaciones de satélites separadas. El primer sistema BeiDou, oficialmente llamado Sistema Experimental de Navegación por Satélite BeiDou y también conocido como BeiDou-1, consta de tres satélites que desde el 2000 han ofrecido cobertura limitada y servicios de navegación, principalmente para usuarios en China y regiones vecinas. (PROFILBARU.COM, 2015)

En 2015, China comenzó la construcción del sistema BeiDou de tercera generación (BeiDou-3) para la constelación de cobertura global. El primer satélite BDS-3 se lanzó el 30 de marzo de 2015. A partir de octubre de 2018, se lanzaron quince satélites. BeiDou-3 eventualmente tendrá 35 satélites. (PROFILBARU.COM, 2015)

2.3.1.3. Tecnología del sistema galileo

Galileo es el sistema europeo de radionavegación y posicionamiento por satélite desarrollado por la Unión Europea (UE) a través de la Agencia Espacial Europea (ESA), y que está operado por la Agencia de la Unión Europea para el Programa Espacial (EUSPA). (Hofmann-Wellenhof, 2007)

El sistema Galileo estará formado por una constelación mundial de 30 satélites en órbita terrestre media distribuidos en 3 planos inclinados con un ángulo de 56° hacia el ecuador, a 23222 km de altitud. A término habrá diez satélites alrededor de cada órbita y cada uno tarda 14 horas en completar una órbita de la Tierra. Cada plano tiene un satélite de reserva activo, capaz de reemplazar a cualquier satélite que falle en ese plano. (Hofmann-Wellenhof, 2007)

Dos centros de control Galileo, ubicados en Europa, controlan la constelación y la sincronización de los cronómetros atómicos de cada satélite, el procesamiento de señales de integridad y el manejo de datos de todos los elementos internos y externos. Una red de comunicaciones dedicada de alcance mundial interconecta todas las estaciones y las instalaciones terrestres mediante enlaces terrestres y satelitales (VSAT). (Hofmann-Wellenhof, 2007)

La transferencia de datos con los satélites se realiza a través de una red mundial de estaciones Galileo de enlace ascendente, cada una de las cuales tiene estaciones de telemetría, telecomunicaciones, seguimiento de satélites y de transmisión de la información de la misión. Las estaciones de monitoreo de GALILEO de todo el planeta controlan la calidad de la señal. La información obtenida de estas estaciones se transmite por la red de comunicaciones a los dos centros de control terrestres. (Hofmann-Wellenhof, 2007)

2.4. Redes inalámbricas

El término red inalámbrica se utiliza en informática para designar la conexión de nodos que se da por medio de ondas electromagnéticas, sin necesidad de una red cableada o alámbrica. (Rodríguez, 2012) Estas redes tienen diferentes aplicaciones como:

- Las bandas más importantes con aplicaciones inalámbricas, del rango de frecuencias que abarcan las ondas de radio, son la VLF (comunicaciones en navegación y submarinos), LF (radio AM de onda larga), MF (radio AM de onda media), HF (radio AM de onda corta), VHF (radio FM y TV), UHF (TV).
- Mediante las microondas terrestres, existen diferentes aplicaciones basadas en protocolos como ZigBee para interconectar ordenadores portátiles, PDAs, teléfonos u otros aparatos.

También se utilizan las microondas para comunicaciones con radares (detección de velocidad u otras características de objetos remotos).

- Las microondas por satélite se usan para la difusión de televisión por satélite, transmisión telefónica a larga distancia o rastreo de posición en tiempo real.
- Los infrarrojos tienen aplicaciones como la comunicación a corta distancia de los ordenadores con sus periféricos. (Edukativos, 2023)

2.4.1. Redes inalámbricas de amplio espectro

2.4.1.1. Red LORA

El nombre LoRa proviene del acrónimo Long Range que en español significa de largo alcance, adecuado para su funcionamiento. Lora es la capa física del protocolo LoRa WAN, que permite una comunicación inalámbrica con bajo consumo y largo alcance, lo que la hace ideal para proyectos de la Internet de las cosas. (Bertoleti & Leca, 2019)

Una sola puerta de enlace o Gateway puede cubrir varios kilómetros cuadrados. El rango depende en gran medida del entorno u obstrucciones en una ubicación determinada, pero LoRa tiene un presupuesto de enlace mayor que cualquier otra tecnología de comunicación estandarizada. (Alliance LoRa, 2015)

2.4.1.2. Red Sigfox

Sigfox es una red de IoT pensada para tener un bajo consumo y ser independiente de los despliegues de telefonía. Desde un punto de vista técnico, Sigfox depende de otra red distinta, basada en 868Mhz, cada nodo puede cubrir un área de cobertura bastante grande. (Sigfox, 2020)

En concreto, Sigfox se presenta con una tecnología UNB, o de banda ultra estrecha, para conectar los dispositivos a su red. Se caracteriza por usar un ancho de banda muy reducido, ocupando poco espacio en el rango de frecuencias y empleando tasas de baja velocidad. Los módems telefónicos son ejemplos de dispositivos que trabajan en banda estrecha. En cuanto a las

bandas de frecuencia se refiere, la red Sigfox funciona en las bandas ISM, o bandas de frecuencia sin licencia, coexistiendo con otras tecnologías radio en dichas frecuencias, pero sin riesgo de colisión o problemas de capacidad. Más concretamente, trabaja sobre 868 MHz en Europa (definida por la ETSI y CEPT) y sobre 915 MHz en Estados Unidos (definida por la FCC). (Sigfox, 2020)

El protocolo permite el envío tanto unidireccional como bidireccional de mensajes de hasta 12 bytes de carga útil, cuyo formato viene condicionado por los fabricantes de los dispositivos, para codificar la información de la manera más conveniente y con total libertad. A la carga útil se le suman campos como el ID del dispositivo. (Ramon, 2015)

2.4.1.3.Red celular 3G

Perteneciente al tipo de red inalámbrica “WWAN”, 3G es la abreviación de tercera generación de transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil mediante UMTS (Universal Mobile Telecommunications System o servicio universal de telecomunicaciones móviles). Los servicios asociados con la tercera generación proporcionan la posibilidad de transferir voz y datos no-voz (como la descarga de programas, intercambio de correos electrónicos, y mensajería instantánea). (Wikiwand, 2023)

Las tecnologías de 3G son la respuesta a la especificación IMT-2000 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. En Europa y Japón se seleccionó el estándar UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), basado en la tecnología W-CDMA. UMTS está gestionado por la organización 3GPP, también responsable de GSM, GPRS y EDGE. En 3G también está prevista la evolución de redes 2G y 2.5G. GSM y TDMA IS-136 son reemplazadas por UMTS, las redes CDMA One evolucionan a CDMA2000.

High-Speed Packet Access (HSPA) es una fusión de dos protocolos móviles, High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) y High Speed Uplink Packet Access (HSUPA) que extiende y mejora el rendimiento de las redes de telecomunicaciones móviles de tercera generación (3G),

como son el 3.5G o HSDPA y 3.5G Plus, 3.75G o HSUPA existentes utilizando los protocolos WCDMA. (DB media , 2020)

2.4.1.4.GSM

Sistema global de comunicaciones Móviles, es un estándar ampliamente usado también conocido como 2G opera a una banda de frecuencia de (900 y 1800)MHZ en Europa, en USA se tiene 1900,MHZ tenido en cuenta esta diferencia de frecuencia se debe usar el que más se acople a nuestra aplicación, no todos los GSM pueden funcionar en todo el mundo a no ser que su tecnología este configurada para trabajar en todas las bandas, para que esta tecnología se aplique se necesita una tarjeta SIM, que contiene información del usuario y su terminal referente a la operadora telefónica de red, todo esto se encuentra grabado en esta tarjeta indicando a la estación base de repetición cual es el usuario a conectarse y q ser comunica a la vez de ella siendo su conexión por ondas de radio. (Federico, 2015)

2.5. Tecnología IoT

La definición de IoT podría ser la agrupación e interconexión de dispositivos y objetos a través de una red (bien sea privada o Internet, la red de redes), dónde todos ellos podrían ser visibles e interactuar. Respecto al tipo de objetos o dispositivos podrían ser cualquiera, desde sensores y dispositivos mecánicos hasta objetos cotidianos como pueden ser el frigorífico, el calzado o la ropa, sin necesidad de la intervención humana, el objetivo por tanto es una interacción de máquina a máquina, o lo que se conoce como una interacción M2M (machine to machine) o dispositivos M2M. para el presente proyecto se utiliza el protocolo HTTP (Escobar & Hernandez, 2020):

- **HTTP (Hypertext Transfer Protocol):** es un protocolo cliente/servidor sin conexión presente en las TIC y en la web. Es un protocolo muy accesible por ser de código abierto, además de poseer numerosas librerías. Es efectivo para enviar grandes cantidades de información, como por ejemplo lecturas de sensores minuto a minuto o cada hora; aunque

no es adecuado ni para enviar actualizaciones en periodos de tiempo del orden de milisegundos ni para enviar información de video. Es muy recomendable asegurar la información transmitida aplicando el protocolo criptográfico SSL/TLS sobre HTTP, lo que genera el protocolo de aplicación HTTPS (Sáez, 2019).

2.5.1. Edge computing

Según (Shi, s.f.) la gran acogida de la tecnología IoT juntamente con los servidores en la nube han asistido a establecer la necesidad de la informática de borde (Edge Computing), en la que el procesamiento de datos se produce en la parte perteneciente al borde de la red, en lugar de realizar esta acción en la nube. Edge Computing acerca los recursos informáticos y de almacenamiento a los usuarios finales y las fuentes de datos (Gedeon et al., 2019). Siendo el principal objetivo de esta tecnología el de que sus nodos en el borde de la red realicen las operaciones informáticas como el procesamiento de datos, el almacenamiento en caché, la administración de dispositivos y la protección de la privacidad, para reducir el tráfico de los dispositivos a la nube (W & Dustdar, 2016)

2.5.2. Hosting

Es un servicio online que permite alojar un sitio web, básicamente un alquiler de espacio en un servidor que se encuentra interconectado en la red que almacena todos los archivos y datos de tu sitio web para que funcione de forma correcta, Los proveedores de hosting los recursos y las tecnologías necesarios para que un sitio web que será alojado funcione de forma segura y eficaz, se encarga de mantener el servicio funcionando y garantizar que los datos se transfieran de forma correcta. (Hostinger, 2023).

2.5.3. Plataformas visualización en la Web

Una plataforma IoT es la base para que dispositivos estén interconectados y se genere un ecosistema propio. Dicho de otra forma y según Link-labs, una plataforma web integrada al Internet of Things (IoT) es el software que conecta hardware, puntos de acceso y redes de datos a lo que generalmente suele ser la aplicación de la que disfruta el usuario. Una plataforma IoT

puede consistir en una plataforma de software, una plataforma de desarrollo de aplicaciones y una plataforma de análisis que consta de estos bloques:

- **Conectividad y normalización:** con diferentes protocolos y diferentes formatos de datos en una interfaz de software garantiza la precisa transmisión de datos y la interacción con todos los dispositivos.
- **Base de datos:** almacenamiento escalable de datos del dispositivo basados en la nube a un nuevo nivel en términos de volumen de datos, variedad, velocidad y veracidad.
- **Procesamiento y gestión de la acción:** aporta datos basados en reglas de acción de evento-disparadores que permitan la ejecución de las acciones inteligentes basados en datos específicos del sensor.
- **Analítica:** lleva a cabo una serie de análisis complejo de la agrupación de datos básicos y de aprendizaje automático.
- **Visualización:** permite a los seres humanos observar las tendencias de cuadros de mando de visualización de datos, donde se retrata vívidamente a través de gráficos.
- **Herramientas adicionales:** la IoT permiten a los desarrolladores de prototipos, probar y comercializar para visualizar, gestionar y controlar los dispositivos conectados (Hostinguer, 2023).

2.5.3.1.Ubidots

Ubidots una plataforma de IoT (Internet de las cosas) que habilita la toma de decisiones a empresas de integración de sistemas a nivel global. Este producto permite enviar datos de sensores a la nube, configurar tableros y alertas, conectarse con otras plataformas, usar herramientas de analítica y arrojar mapas de datos en tiempo real (Uvidia & Samaniego, 2021)

2.5.3.2.Thing Speak

Thing Speak es una plataforma de Internet of Things (IoT) que permite recoger y almacenar datos de sensores en la nube y desarrollar aplicaciones IoT. Thing speak también ofrece aplicaciones que permiten analizar y visualizar tus datos en MATLAB y actuar sobre los datos.

Los datos de los sensores pueden ser enviados desde Arduino, Raspberry Pi, BeagleBone Black y otro HW. (Koo & García H, 2019)

2.5.3.3.Traccar

Traccar es una plataforma de monitoreo de posiciones globales que, una vez instalado en una máquina, convierte a esta misma en un servidor de localización, mediante el cual es posible monitorear el seguimiento de una ubicación GPS de un cliente específico. Da la posibilidad de utilización del protocolo HTTPS para subir datos de GPS locales hacia este servicio (Paulin, 2020).

2.5.3.4.000webHost

Es una plataforma de fácil registro que nos permite crear nuestro propio sitio web de una forma más guiada e interactiva haciéndolo ideal para iniciar en el mundo de las páginas web, el servicio de hosting ofrece 300 Mb de espacio en disco en su versión gratuita. Una ventaja es que permite trabajar hasta con dos bases de datos, y ofrece una disponibilidad del servicio de un 99% del tiempo (Shim, 2023).

2.6. Metodología en cascada

El modelo en cascada se considera como un procedimiento lineal que divide los procesos de desarrollo en fases sucesivas de proyecto, enfocado en el desarrollo de software y pudiendo acoplarse al desarrollo de hardware (Digital Guide IONOS, 2019). A continuación, se muestran los respectivos procesos:

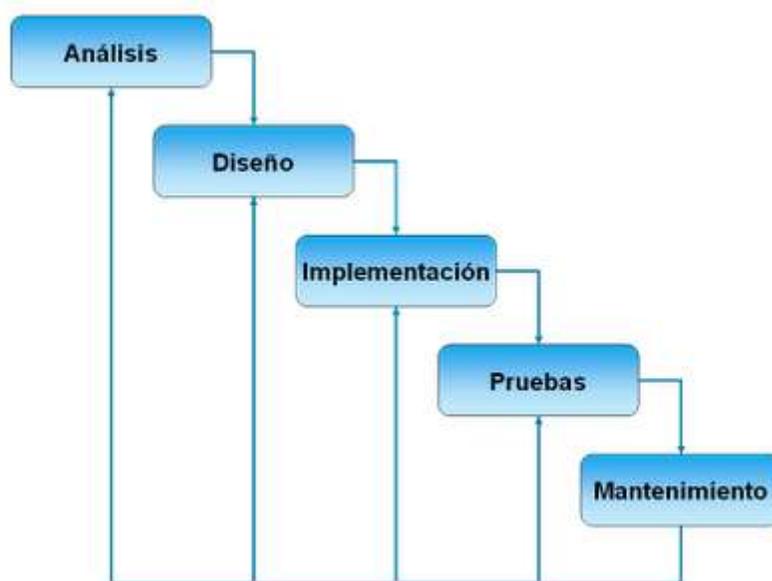
- **Análisis** : Actividad donde principalmente se observarán con detalle los requisitos tanto de software como hardware del proyecto y un análisis de definición de requisitos en el cual los problemas complejos se dividen en tareas consecutivas.
- **Diseño**: Actividad cuyo objetivo principal es la creación de una solución que satisfaga las exigencias y estrategias colocadas en la fase de análisis. Los desarrolladores deben

diseñar la arquitectura del sistema y un plan de diseño detallado, centrándose en componentes concretos.

- **Implementación:** La arquitectura del sistema se ejecuta en la fase de implementación; la cual incluye la programación del software, adquisición y manejo de hardware, la búsqueda de errores y las pruebas individuales. Cada componente se desarrolla por separado, luego de ser comprobados mediante pruebas individuales se incorporan poco a poco al producto final.
- **Pruebas:** La fase de prueba se refiere a la integración del sistema en el entorno seleccionado. Por regla general, el producto se envía en primer lugar a los usuarios finales seleccionados. El objetivo de las pruebas de aceptación de la fase de análisis es determinar si el sistema cumple con las exigencias especificadas.
- **Mantenimiento:** Esta fase incluye la entrega y mejora o corrección de alguna etapa del proceso para poder mejorar el resultado. (Digital Guide IONOS, 2019)

Figura 8

Metodología en cascada



Nota. La metodología de cascada consiste en una serie de pasos consecutivos y ordenados de tal forma que permiten un correcto desarrollo del proyecto. Adaptada de Proceso, 2010.

3. Capítulo III

El presente proyecto se encuentra orientado a la creación de un sistema electrónico para el cronometraje y rastreo en tiempo real de coordenadas de competidores exclusivamente de natación en aguas abiertas. En la parte referente al cronometraje automático hace uso de un procesador de datos que recibe información de un lector de tarjetas RFID o más conocido como “reader”, el lector se encuentra ubicado de forma estratégica en la parte de llegada de la competencia, si la competencia es forma de circuito lo ideal sería colocar la partida y llegada en el mismo lugar, cada tarjeta RFID tiene un número hexadecimal de registro único que lo identifica, esta tarjeta debe ser portado por el nadador durante toda la competencia teniendo la ventaja de que es impermeable, de esta manera cuando el nadador pase por el punto de llegada sea detectado por el lector generando una hora de registro de cada etiqueta. Esta relaciona la hora establecida de la carrera y la hora de registro de la tarjeta RFID y así genera el tiempo establecido en la competencia por el nadador.

En cuanto a la segunda parte del sistema (rastreo de posición en tiempo real) se utiliza dos módulos GPS y GSM para poder enviar la información del posicionamiento GPS a una nube de datos en línea donde se almacena en una base de datos para posteriormente ser reenviada a un servicio de hosting que permite mostrar toda la información de la carrera en el sitio web. Para este diseño e implementación se usa la metodología en cascada incluyendo su sección de elección de requisitos stakeholders, sistema y arquitectura.

3.1. Análisis

Siendo el análisis parte de la metodología de investigación se realiza la recolección de requisitos del proyecto para posteriormente realizar un estudio de cada uno de estos con el fin

de encontrar las soluciones adecuadas que brinden un funcionamiento óptimo del sistema. Además, se brinda una descripción general del sistema y la situación actual de las competencias natatorias y sus características principales.

3.1.1. Situación Actual

El proyecto de titulación toma como referencia la travesía del Lago San Pablo, este lago se encuentra ubicado en la provincia de Imbabura, en el cantón Otavalo parroquia de San Pablo, es una extensión de agua de 3515m en su parte más extensa. En cada mes de septiembre por motivos de las fiestas del Yamor de Otavalo, la comisión organizadora de Liga deportiva Cantonal Otavalo, a la cabeza de su presidente actual el Sr. Marcelo Pérez se realiza este gran evento deportivo que ya cumple su edición número 60.

Figura 9

Croquis de la Travesía al Lago San Pablo



Nota. El croquis del lago San Pablo nos muestra los puntos de partida y llegada de las diferentes categorías. Adaptada de Liga Deportiva Cantonal de Otavalo, 2022.

La partida de esta travesía se realiza en el parque Acuático de la comunidad de Araque en el extremo sur del lago. La hora de concentración es a las 07h30 debido a que a esa hora el viento en el lago es mínimo. Todos los nadadores deben tener marcado el número de su competición claramente con tinta negra resistente al agua, estos marcajes deben hacerlo en la parte superior de

la espalda, brazos a la altura de los hombros y en las manos, una vez realizada la última revisión de los jueces, todos los nadadores deben estar en la zona de partida la cual está ubicada en la orilla del lago espera del pitazo inicial que dará inicio a la competencia. La partida se dará una sola para todas las categorías.

Figura 10

Punto de partida Travesía Lago San Pablo



Nota. El punto de partida de la travesía del lago san pablo se lo realiza desde el parque acuático de la comunidad de Araque. Adaptada de Liga Deportiva Cantonal de Otavalo, 2022.

Una vez iniciada la prueba a las 08h00 el nadador tiene un tiempo de 01h20 parara poder concluir la travesía caso contrario serán sacados del agua, excepto que el árbitro permita al nadador que finalice la prueba fuera de los tiempos establecidos, pero no puntuará ni tendrá opción a premio. Es necesario mencionar que los nadadores deben pasar una inspección previa donde los jueces se encargan revisar a cada nadador que no incumpla ninguna norma establecida en el reglamento FINA de Aguas Abiertas, además es aquí donde se verifica que cada competidor porte un brazalete otorgado por la organización, en este brazalete es donde se encuentra una etiqueta RFID.

Figura 11

Marcaje de los nadadores



Nota. Previo a la partida los jueces se disponen a realizar un marcaje con su número de competición en cada una de las extremidades del nadador y a la vez se revisa que se encuentre correctamente colocada la manilla que contiene el tag de competición. Tomada y modificada de Adaptada de Liga Deportiva Cantonal de Otavalo, 2022.

Durante el desarrollo de la competencia el control y seguridad de los nadadores está bajo el cargo de los jueces de ruta quienes se encuentran en canoas debidamente equipadas con mantas térmicas y personal salvavidas.

Figura 12

Jueces de Ruta



Nota. El bote de los jueces de ruta se encuentra con personal de rescate y salvavidas listos para brindar sus servicios de rescate en caso de ser necesario. Adaptada de Liga Deportiva Cantonal de Otavalo, 2022.

El área de llegada deberá estar claramente marcada por filas o boyas que se estrecharan a medida que se vaya uno acercando a ella, la meta se encuentra en la zona norte en el muelle de Chicapán, esta tiene una dimensión de 4 metros donde las antenas RFID registran los tiempos de llegada de los nadadores. Una vez culminada la competencia se espera un aproximado de 45 minutos para poder tener resultados oficiales los cuales son pregonados por altavoces al público en general y 48 horas después se publicarán los resultados y fotografías de la carrera en redes sociales y sitios web.

3.1.1.1. Entrevistas a deportista

El presente trabajo de titulación para poder obtener un criterio de personas con experiencia en este tipo de eventos vamos a optar por realizar unas entrevistas a deportistas debido a que su opinión y criterio son esenciales para obtener los requerimientos de stakeholders. Con la entrevista semiestructurada se tiene la ventaja de realizar preguntas abiertas dándonos la posibilidad de introducir interrogantes adicionales para poder precisar conceptos y así obtener información más precisa

Figura 13

Deportistas en el momento de partida



Nota. Aquí podemos observar el momento exacto cuando los nadadores cruzan por la zona de radiación de la antena RFID y sus tags son registrados por el lector. Adaptada de Liga Deportiva Cantonal de Otavalo, 2022.

3.1.1.2.Estado del Arte

La revisión de investigaciones relacionadas con el tema del proyecto de grado tiene el fin de establecer requerimientos técnicos tecnológicos funcionales para el diseño y la implementación del sistema de cronometraje automático y rastreo GPS. De cada una de las investigaciones relacionadas se toma una ficha bibliográfica. Esto nos ayuda posteriormente a poder establecer los requerimientos del sistema. En la tabla se especifican estos:

Tabla 1

Fichas bibliográficas

Ficha bibliográfica 1			
Autor:	Farinango Chandi, Franklin Geovanny	Editorial:	Universidad Técnica del Norte
Título:	“SISTEMA DE CRONOMETRAJE DE ALTA PRECISIÓN Y BAJO COSTO; MEDIR EL RENDIMIENTO DEPORTIVO DE LOS		

INTEGRANTES DEL CLUB DE TRIATLÓN DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE”

Año: 2017 Ciudad: Ibarra

Ficha bibliográfica 2

Autor: Vargas Daniel Acosta Editorial: Universidad Politécnica de
Cataluña

Título: “SISTEMA DE CRONOMETRAJE PARA LA BARCELONA SMART
MOTO CHALLENGE”

Año: 2017 Ciudad: Barcelona

Ficha bibliográfica 3

Autor: Vicente Parra Francisco Editorial: Universidad de Valladolid

Título: “SISTEMA DE CRONOMETRADO Y SEGUIMIENTO DE
EVENTOS DEPORTIVOS BASADO EN TECNOLOGÍAS RFID”

Año: 2018 Ciudad: Valladolid

3.1.2. Análisis de Resultados

Después de realizar la entrevista a 3 nadadores, de los cuales fueron dos hombres y una mujer todos ellos con experiencia en competencias de aguas abiertas especialmente en la travesía natatoria del Lago San Pablo; además de una revisión de proyectos de investigación con temas relacionados al proyecto se indican las conclusiones establecidas en estas entrevistas.

Las preguntas realizadas en la entrevista tratan de abordar los temas de cronometraje y de cómo aprecian los competidores la toma sus tiempos de competencia de lo cual se pudo identificar que el cronometraje automático RFID es el que más se utiliza pero a su vez es más costoso y esto se ve representado en los altos precios de inscripción, continuando con preguntas sobre el seguimiento que se les da a los nadadores en competencia, dándonos cuenta que este tipo de

servicio en el Ecuador es prácticamente nulo y que a la vez de implementarlo sería algo que revolucionaría las competencias en el país por el nivel de seguridad que brindaría y lo novedoso que podría llegar a ser tanto para el nadador como para los espectadores.

Además basándonos en las opiniones brindadas se pudo establecer zonas donde posiblemente nuestro dispositivo GPS puede ser portado por el nadador sin que este impida su libre movimiento siempre y cuando las dimensiones de este sean lo más pequeñas posibles, finalmente para cerrar la entrevista se abordó temas sobre cómo se presentan los resultados finales de las competencias y nuevamente sus respuestas coinciden en que es algo que se debe mejorar sobre todo en el tiempo que se demoran en poder entregar datos oficiales.

3.1.3. Propósito y Ámbito del Sistema

La presente propuesta sugiere 2 sistemas para el control de cronometraje de carreras de natación en aguas abiertas y realizar un seguimiento en ruta a los nadadores, estos son un sistema de cronometraje automático y rastreo GPS en tiempo real. Este proyecto tendrá sus pruebas en el Lago San-Pablo en un circuito dado y con competidores aptos para la prueba. Así este trabajo permitirá dar de manera automática el tiempo que le tomó terminar el circuito cada uno de los atletas, y a su vez poder seguir la ubicación del nadador en tiempo real de cada uno de ellos, realizar este seguimiento tiene los objetivos de precautelar cualquier inconveniente o accidente que le pueda ocurrir al nadador durante la travesía (debido a que si se mantiene mucho tiempo en el mismo punto o si se debía de la ruta establecida por la organización se debe enviar una barcaza de rescate).

3.1.4. Beneficiarios

Los beneficiarios del sistema se clasifican en directos e indirectos. En la Tabla se presenta una lista de personas e instituciones beneficiarias del presente proyecto:

Tabla 2

Tabla de beneficiarios

BENEFICIARIOS

Beneficiarios directos	<ul style="list-style-type: none"> • Autor del presente trabajo de titulación: César Escobar • Atletas que participan en pruebas de natación en aguas abiertas • Personas organizadoras de este tipo de eventos. • Director: Ing. Jaime Michilena • Asesor 1: Ing. Edgar Maya
Beneficiarios indirectos	<ul style="list-style-type: none"> • Comunidad de estudiantes de la Universidad Técnica del Norte que tengan un interés en la temática de cronometraje automático y posicionamiento GPS • Docentes de la Universidad Técnica del Norte • Comunidad científica en general. • Personas acompañantes de nadadores de competencias en aguas abiertas.

En la tabla se muestra la descripción de etiquetas que se usan en las próximas tablas de comparación de requerimientos, en específico las de importancia alta, media y baja decididas.

Tabla 3

Especificaciones para tabla de requerimientos

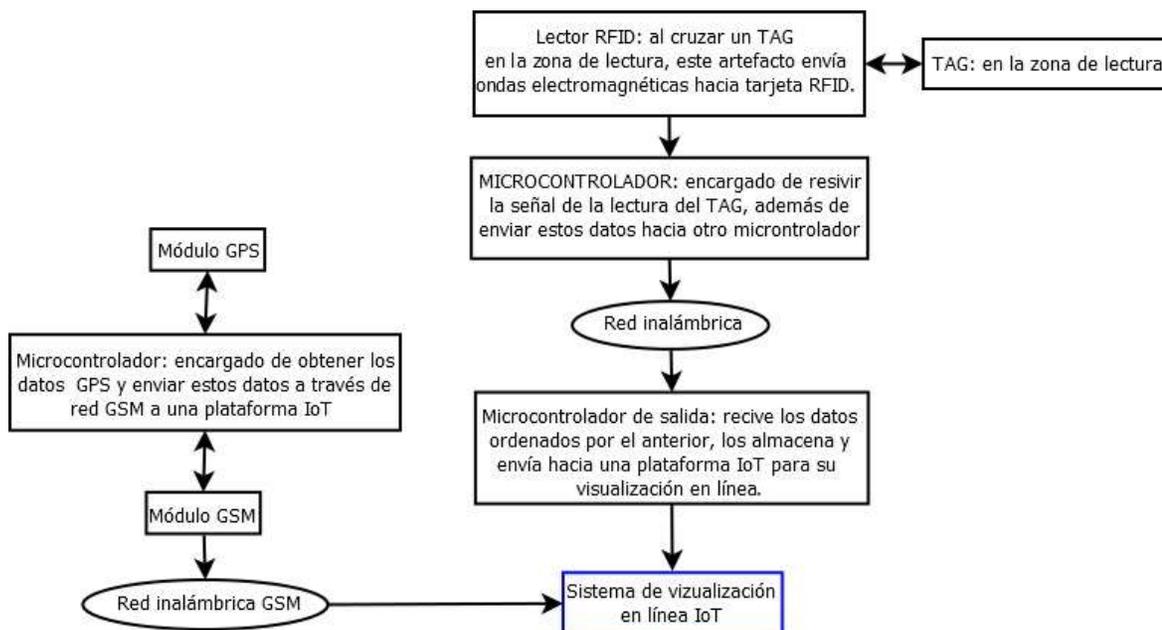
ESPECIF.	DESCRIPCIÓN
Alta	Requerimiento crítico que debe ser considerado en el desarrollo del sistema.
Media	Requerimientos que pueden ser omitidos solo en condiciones de fuerza mayor.
Baja	Requerimientos que se pueden omitir, este requerimiento no genera impacto significativo en el sistema.

3.1.5. Descripción General del Sistema

Se procede a explicar las tres partes que conforman el presente proyecto: en cuanto al sistema de cronometraje se tiene una red inalámbrica de corto alcance que mediante una antena RFID conectada a un lector emite una radiación que energiza a cualquier tarjeta RFID (tag). Con el objetivo de que este refleje la señal electromagnética enviada por el lector, esta señal es captada por la antena (complementaria al lector) y registrada en un controlador el cual va a obtener el tiempo que hizo el competidor registrado en ese tag, en cuanto al sistema de posicionamiento en tiempo real GPS se tiene un módulo GPS que adquiere las coordenadas de la constelación de satélites, este módulo se conecta a un módulo GSM el cual nos brinda acceso a la red GSM del país mediante un chip de una operadora local, y como tercera parte es el servicio de hosting el cual recibe los datos de posicionamiento y este servidor es el encargado de retratar en un mapa digital el posicionamiento transmitido que será un intervalo de 30 segundos.

Figura 14

Diagrama general del sistema



3.2. Requerimientos del Proyecto

3.2.1. Recursos y materiales

En esta sección se listan los recursos que se tiene a disposición y posteriormente se realiza la selección de cada recurso dependiendo de la importancia de los requisitos listados en la actividad anterior. Los recursos destinados al proyecto son de ámbito económico, humano y tecnológico donde se encuentran tanto software como hardware. Además de seleccionar el más adecuado mediante tablas de comparación realizadas en base a las técnicas de recopilación de requisitos y requerimientos de usuarios ya analizados. A continuación, se muestra los recursos humanos disponibles:

3.2.2. Identificación de Stakeholders

Tabla 4

Recursos humanos

Función	Nombre
Director	Ing. Jaime Michilena
Desarrollador	Sr. Cesar Escobar
Atletas	3 nadadores entrevistados
Asesor	Ing. Edgar Maya

3.2.3. Nomenclatura de requerimientos

Como siguiente fase del análisis del sistema se encuentra la etapa de definición de requerimientos, donde se emplea parámetros del modelo secuencial en cascada con el fin de abreviar los requerimientos técnicos y de usuario para una contabilización acorde a su puntuación y puntos observados en puntos anteriores. A continuación, se observa la Tabla donde se especifica los acrónimos a utilizarse en la selección de requerimientos del sistema

Tabla 5

Descripción de acrónimos

Acrónimo	Descripción
-----------------	--------------------

RSta	Requerimientos del Stakeholders
RSis	Requerimientos del Sistema
RAr	Requerimientos de Arquitectura

3.2.4. Requerimientos de Stakeholders

Este ítem se refiere a las necesidades, metas y expectativas que los usuarios tienen del presente proyecto. En el contexto del desarrollo del sistema, los requisitos del usuario son una entrada fundamental para el proceso de diseño y desarrollo. Ayudan a garantizar que el producto que se desarrolla satisfaga las necesidades de los usuarios previstos y sea útil, usable y deseable. Los requisitos de los usuarios se pueden recopilar a través de varios métodos como entrevistas.

Tabla 6

Tabla de requerimientos de stakeholders

TABLA DE STAKEHOLDERS		Prioridad		
		Alta	Media	Baja
Requerimientos operacionales				
RSta1	• Tener capacidad de correcto funcionamiento durante 150 minutos continuos.	X		
RSta2	• La distancia de reconocimiento de los tags por el lector no debe incomodar el libre movimiento del competidor.		X	
RSta3	• Peso del sistema debe ser muy bajo para que no influya en el rendimiento del deportista		X	
RSta4	• Capacidad de observar a tiempo real la geolocalización para monitorear a competidores.	X		
Requerimientos de usuarios				
RSta5	• Usuarios deben visualizar de forma gráfica el cronometraje y posición de los competidores al finalizar la competencia.	X		

RSta6	• Usuarios deben visualizar de forma gráfica, en una página web, la geolocalización de cada uno de los atletas.	X
RSta7	• La página web que permite todo lo mencionado debe tener una interfaz amigable y de fácil uso.	X
RSta8	• El sistema no debe interferir con la capacidad de nadar del atleta.	X

Los requerimientos del usuario se han obtenido a través de una entrevista realizada a competidores de natación en aguas abiertas. Esto ha permitido establecer una conexión entre el usuario y el sistema y proporcionar una idea general del producto final en el entorno operativo.

3.2.5. *Requerimientos del sistema*

Los requisitos del sistema son todas aquellas necesidades y restricciones que deben cumplirse para que un sistema funcione adecuadamente. Estos pueden incluir requisitos de hardware, como la cantidad de memoria o espacio de almacenamiento necesarios, así como requisitos de software, como la versión del sistema operativo o la compatibilidad con otras aplicaciones. Los requisitos del sistema son esenciales para garantizar que el sistema funcione de manera eficiente y efectiva.

Tabla 7

Tabla de requerimientos del sistema

TABLA DEL SISTEMA		
		Prioridad
		Alta Media Baja
Requerimientos de la interfaz		
RSis1	• El nodo del sistema debe tener salida a internet	X
RSis2	• Guardado de datos en BD en nube.	X
RSis3	• Conectividad a red de geolocalización GPS.	X
RSis4	• Conectividad a red celular GSM.	X
Requisitos de uso		

RSis5	• Fácil uso por parte del usuario	X
RSis6	• Datos obtenidos a tiempo real, en ambos sistemas.	X
RSis7	• El sistema debe trabajar sin problemas el tiempo que dure un evento deportivo.	X
Performance		
RSis8	• Plataforma debe evitar saturamiento mientras la competencia continúe, con un número dado de atletas.	X
RSis9	• Visualización gráfica de los resultados y posicionamiento GPS.	X
Requisitos físicos		
RSis10	• La llegada de la competencia debe tener una caja protectora que permita proteger a los artefactos del sistema de cronometraje y permitir su funcionalidad libre.	X
RSis11	• Los componentes como el módulo GPS, módulo GMS y tarjeta RFID debe ser impermeabilizados y encapsulados para poder ser sumergidos.	X

3.2.6. *Requerimientos de Arquitectura*

La arquitectura de software y hardware se refiere a la estructura y organización de un sistema informático. Los requisitos de arquitectura en software y hardware son todas aquellas necesidades y restricciones que deben tenerse en cuenta al diseñar la arquitectura de un sistema. Estos pueden incluir requisitos de rendimiento, escalabilidad, seguridad, usabilidad y muchos otros aspectos. Los requisitos de arquitectura son esenciales para garantizar que el sistema sea eficiente, seguro y fácil de usar.

Tabla 8

Tabla de requerimientos de Arquitectura

TABLA DE LA ARQUITECTURA		
Prioridad		
Alta Media Baja		

Diseño		
Rar1	• Comunicación con el servidor IoT para envío de coordenadas GPS y su posterior visualización.	X
Rar2	• Comunicación con el servidor IoT para envío de resultados del cronometraje tanto tiempo como posición de los atletas.	X
Rar3	• Sistema accesible para el administrador	X
Rar4	• Plataformas de visualización accesibles para público en general.	X
Hardware		
Rar5	• Elemento que permita comunicarse en la tecnología RFID.	X
Rar6	• El sistema debe tener un lector de tarjetas RFID	X
Rar7	• Escritor de información para tarjetas RFID	X
Rar8	• Elemento que permita la comunicación GPS	X
Rar9	• Elemento que permita la comunicación de la red telefónica local.	X
Rar10	• Placa de procesamiento para el cómputo y proceso de los datos	X
Rar11	• La antena debe tener la capacidad de comunicación que abarque toda el área de salida y llegada de los deportistas.	X
Rar12	• Fuentes de energía necesarias	X
Software		
Rar13	• Programa que permita realizar la medición de tiempos de la competencia	X
Rar14	• Servidores IoT para visualización en mapa de puntos de geolocalización.	X
Rar15	• Servidor IoT para visualización de tiempos y posiciones de competidores.	X

Rar16	• Programa para enviar coordenadas GPS a través de una red telefónica local.	X
Rar17	• Programa grabador para TAG RFID	X

Tabla 9*Tabla de requerimientos eléctricos*

TABLA DE REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS		
		Prioridad
		Alta Media Baja
Requerimientos sistema de cronometraje		
REle1	• Alimentación de Tags por parte del lector.	X
REle2	• Alimentación del lector de tarjetas RFID.	X
REle3	• Alimentación del microcontrolador del sistema.	X
Requisitos sistema de geolocalización		
REle4	• Alimentación de los módulos GSM, GPS.	X
REle5	• Alimentación microcontrolador.	X
REle6	• Impermeabilización del sistema eléctrico.	X
Requisitos generales		
REle7	• Permitir la portabilidad en sistema GPS y Tags RFID.	X
REle8	• Evitar la incomodidad del competidor	X

3.2.7. Recursos Humanos**Tabla 10***Tabla de recursos humanos*

Recursos humanos
<ul style="list-style-type: none"> • Autor del presente trabajo de titulación: César Escobar • Atleta que participa en pruebas de natación en aguas abiertas • Personas organizadoras de este tipo de eventos.

-
- Director: Ing. Jaime Michilena
 - Asesor: Ing. Edgar Maya
-

3.2.8. Elección de Hardware y Software

En la presente sección de selección de software y hardware se refiere al proceso de elegir este sistema de forma apropiada para el proyecto. Esto incluir la selección de lenguajes de programación, otros tipos de hardware y software. Es importante considerar cuidadosamente las necesidades y objetivos del proyecto, así como las opciones disponibles y sus costos asociados.

3.2.8.1. Selección de hardware para sistema de cronometraje

En la elección de hardware necesitamos dividir el sistema en sus partes, las cuales son el subsistema de cronometraje automático y el subsistema de geolocalización, posteriormente se desmenuza cada uno de los elementos de los subsistemas a continuación listados:

3.2.8.1.1. Procesador

El procesamiento en RFID, es fundamental para el correcto funcionamiento de esta tecnología. RFID utiliza ondas de radio para transmitir datos entre dispositivos, como lectores RFID y etiquetas RFID. El procesamiento en RFID se encarga de interpretar y procesar estos datos para que puedan ser utilizados de manera útil. La importancia del procesamiento en RFID radica en su capacidad para permitir la recopilación y análisis de datos de manera rápida y precisa. El procesamiento es esencial para la geolocalización ya que permite interpretar y procesar los datos recopilados por los dispositivos de geolocalización para determinar la posición de un objeto o individuo. La importancia del procesamiento en la geolocalización radica en su capacidad para permitir la obtención y análisis de datos de manera rápida y precisa, lo que es esencial para la toma de decisiones y la mejora del rendimiento en una amplia variedad de aplicaciones.

Tabla 11

Elección de procesador según los requerimientos

Procesador	REQUISITOS							
	RSta1	RSta4	SRta8	RSis1	Rar5	Rar6	Rar7	Precio

ESP8266	SI	\$10	7						
Arduino UNO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	\$10	6
Raspberry PI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	\$265	6
Arduino nano	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	\$4	6

En este caso se decide por el Arduino uno ya que es uno de los que mejores se presta para la ejecución del proyecto en comparación con los otros citados, sin embargo, esta elección es exclusiva para el sistema de geolocalización en su parte de procesamiento. En cuanto el sistema de cronometraje se requiere un Arduino UNO y un módulo ESP8266 debido principalmente a su coste y que estos no son cargados por el atleta.

3.2.8.1.2. Lector y escritor de tarjetas RFID

Los lectores RFID son dispositivos que se utilizan para leer y capturar datos de etiquetas RFID, que son pequeños tags que se adhieren a los objetos con fines de identificación y seguimiento. Si necesita cronometrar, identificar objetos o controlar el acceso a ciertas áreas o recursos, es posible que necesite un lector RFID. Los lectores RFID se pueden usar en una variedad de entornos, incluidos almacenes, hospitales, escuelas y competencias.

Tabla 12

Elección de Lector según los requerimientos

Lector de tarjeta RFID	REQUISITOS								Precio	TOTAL
	SRta1	SRta2	SRta8	RSis7	RSis8	Rar6	Rar11			
MFRC522 reader	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	\$15	2	

SparkFun Simultaneous Reader	SI	\$240	7							
---------------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	-------	---

Se selecciona el dispositivo MFRC 522 debido a que cumple con gran parte de los requisitos planteados (que incluyen requerimientos de stakeholders, sistema y arquitectura) siendo estos: Capacidad de correcto funcionamiento en el tiempo que dure la competencia de natación en aguas abiertas, reconocimiento de TAG a una mínima distancia así también evita interferir con el competidor al llegar a la meta, al tener una capacidad de leer varios tags al mismo tiempo evita la saturación que podría darse al llegar demasiados competidores al mismo tiempo (para esto cuenta con una antena que complementa su alcance para leer y grabar las tarjetas RFID).

3.2.8.1.3. Tarjetas RFID

Las etiquetas RFID son una herramienta muy útil en el tiempo de competición, ya que permiten rastrear y medir el tiempo del atleta manera precisa y eficiente. Estas etiquetas se colocan en el cuerpo de los atletas y son leídas por lectores RFID.

Tabla 13

Elección de la etiqueta RFID según los requerimientos

Tarjeta RFID	REQUISITOS						TOTAL
	RSta1	RSta3	SRta8	RSis5	Rar5	Precio	
Tarjeta TAG de 13.56MHz	SI	SI	NO	SI	SI	\$0.13	4
Active tag DE 860 A 960 MHz	SI	SI	NO	SI	SI	\$11.95	4
Tarjeta TAG adhesiva DE 860 A 960 MHz	SI	SI	SI	SI	SI	\$0.59	5

Se selecciona la tarjeta tag de 13.56 MHz debido a su muy bajo peso y por ende no estorba el rendimiento del competidor, es fácilmente manipulable por los usuarios debido al material del que se encuentra recubierto.

3.2.8.2. Selección de hardware para sistema de rastreo en tiempo real

3.2.8.2.1. Módulo GPS

El módulo GPS es un dispositivo que utiliza la tecnología de geolocalización para determinar la posición de un objeto o individuo en el mundo físico. En una competición de natación en un lago, el módulo GPS puede ser muy útil para rastrear y medir el rendimiento de los atletas. El módulo GPS puede colocarse en el cuerpo o en la ropa de los atletas y utilizado para medir distancias recorridas, posición real del atleta y otras métricas importantes. Además, el módulo GPS también puede ser utilizado para controlar el acceso a zonas restringidas y para garantizar la seguridad de los atletas durante la competición.

Tabla 14

Elección de módulo GPS

Módulo	REQUISITOS									Precio	Total
	RSta1	RSta4	SRta8	RSis3	RSis6	RSis7	RSis8	Rar8	Rar16		
Modulo GPS Ublox Neo	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	\$14.05	9
Mgsystem Modulo GPS Ublox	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	\$14.83	8
Módulo GPS Neo3v	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	\$12.90	9

Escogemos el módulo GPS Neo 3v, debido a que sus funciones cumplen a cabalidad con los requisitos del módulo GPS, además de su facilidad de encontrarlo en el mercado local.

3.2.8.2.2. Módulo GSM

El módulo GSM es un dispositivo que utiliza la tecnología de telefonía móvil para enviar y recibir datos a través de la red de telefonía móvil. En una competición de natación en un lago, el módulo GSM puede ser muy útil para transmitir datos en tiempo real sobre el rendimiento de los atletas. Además, el módulo GSM también puede ser utilizado para enviar alertas de durante la competición. En resumen, el módulo GSM es una herramienta muy valiosa en una competición de natación en un lago debido a su capacidad para transmitir datos en tiempo real y proporcionar comunicación de emergencia.

Tabla 15

Elección de módulo GSM

Módulo 3GSM	REQUISITOS								Precio	Total
	RSta1	RSta3	SRta8	RSis4	RSis6	RSis8	Rar9	Rar12		
Siendo Sim808 3g	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	\$45	8
Módulo Gsm Gprs										
Sms Sim 800l	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	\$18	6
Mgsystem Mini Modulo A6	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	\$12	8

Se selecciona el módulo SIM 800 L debido a que cumple con los requisitos establecidos por el módulo GSM.

3.2.8.2.3. Elección de fuente de energía para sistema de cronometraje

Tabla 16

Elección de fuente de energía

Sistema	REQUISITOS					
	REle1	REle2	REle3	REle7	REle8	Total
Eléctrico del S. de Cronometraje						
Conexión USB a puerto de computador	SI	SI	SI	NO	NO	3
Conexión con rectificador de 5v	SI	SI	SI	NO	NO	3
Conexión con batería de litio de 5v	SI	SI	SI	SI	SI	5
Convertor de voltaje 5V	SI	SI	SI	SI	SI	5

se selecciona el convertor de voltaje de 5 y 3,3 v, debido a que este nos da un voltaje exacto y evita que nuestros módulos y dispositivos sufran algún daño, además que nos da dos salidas de voltaje permitiéndonos alimentar las placas y los módulos que funcionan en estos distintos voltajes.

3.2.8.2.4. Case protector

El case protector se utiliza para encerrar y proteger circuitos y componentes electrónicos. Estos estuches están diseñados para proteger los circuitos de daños físicos, así como de factores ambientales como el polvo, la humedad, las temperaturas extremas y en el caso del proyecto del agua tanto salpicaduras como sumergirse. Los estuches protectores para circuitos son importantes porque ayudan a garantizar el funcionamiento confiable y a largo plazo de los circuitos.

Tabla 17*Elección de case protector*

Case protector	REQUISITOS					TOTAL
	RSta1	RSta3	SRta8	RSis5	Precio	
Echo en impresora 3D	SI	SI	SI	SI	\$20	4
Echo a mano	NO	SI	SI	SI	\$5	3
Caja plástica adaptada	NO	NO	NO	NO	\$10	0

Se elige la caja protectora echa a impresora 3D principalmente por la precisión que este artefacto tiene al imprimir un plano realizado digitalmente, permitiendo con mayor facilidad su impermeabilización, además se busca un material liviano para que esta no interrumpa al nadador en la competencia.

3.2.9. Elección general de software

La elección del software es un aspecto crítico en cualquier proyecto electrónico. Los componentes de software que se elijan pueden tener un impacto significativo en el rendimiento, la fiabilidad y el costo del producto final. Es importante considerar cuidadosamente los requisitos y objetivos del proyecto, así como las opciones disponibles, al seleccionar componentes de software.

3.2.9.1. Programador del procesador

Los programadores del procesador junto con su lenguaje de programación son herramientas esenciales para el desarrollo de proyectos electrónicos. Estos lenguajes permiten escribir y ejecutar código que controla el comportamiento de los dispositivos electrónicos y sistemas. La elección del lenguaje de programación adecuado es fundamental para garantizar el éxito de un proyecto electrónico. Es importante considerar el propósito del proyecto, así como las capacidades y

limitaciones de los lenguajes de programación disponibles, al seleccionar un lenguaje de programación. En este caso solo existe la opción de usar el IDE de Arduino debido a:

Conveniencia: los IDE brindan una interfaz única para escribir, compilar y cargar código en un Arduino, lo que puede ser más conveniente que usar herramientas separadas para cada tarea.

- Depuración: los IDE a menudo incluyen herramientas de depuración, como la capacidad de establecer puntos de interrupción y recorrer el código, lo que puede facilitar la búsqueda y corrección de errores en su código.
- Finalización de código: muchos IDE ofrecen funciones de finalización de código o sugerencia de código, que pueden ahorrar tiempo y mejorar la legibilidad del código al sugerir posibles finalizaciones de código a medida que escribe.
- Bibliotecas: los IDE a menudo incluyen herramientas para administrar e incluir bibliotecas, lo que puede facilitar la incorporación de código prescrito en su proyecto.
- Soporte de la comunidad: muchos IDE tienen comunidades activas de usuarios que comparten sugerencias, consejos para la resolución de problemas y otros recursos, que pueden ser útiles cuando está aprendiendo a programar o encuentra problemas con su código.
- El lenguaje Arduino está basado en C/C++. Es un lenguaje procedimental de alto nivel que es fácil de aprender y comprender, con una sintaxis similar a C. El IDE de Arduino incluye un editor de código, un compilador y un depurador. Puede usarlo para escribir, probar y cargar sus programas Arduino.

3.2.9.2. Visualización de ubicación en tiempo real

Mostrar los tiempos en una competición de natación en lagos es esencial para garantizar la transparencia y la precisión en la medición del rendimiento de los atletas. Los tiempos deben ser medidos y mostrados de manera precisa y consistente para que los atletas, entrenadores y organizadores puedan evaluar el rendimiento y tomar decisiones informadas. Los tiempos también deben ser fácilmente accesibles y visibles para todos los involucrados en la competición.

Mostrar la geolocalización en una competición de natación en lagos puede ser muy útil para rastrear y medir el rendimiento de los atletas de manera precisa y eficiente. La geolocalización permite determinar la posición de un objeto o individuo en el mundo físico y puede utilizarse para medir tiempos de carrera, distancias recorridas y otras métricas importantes. Además, la

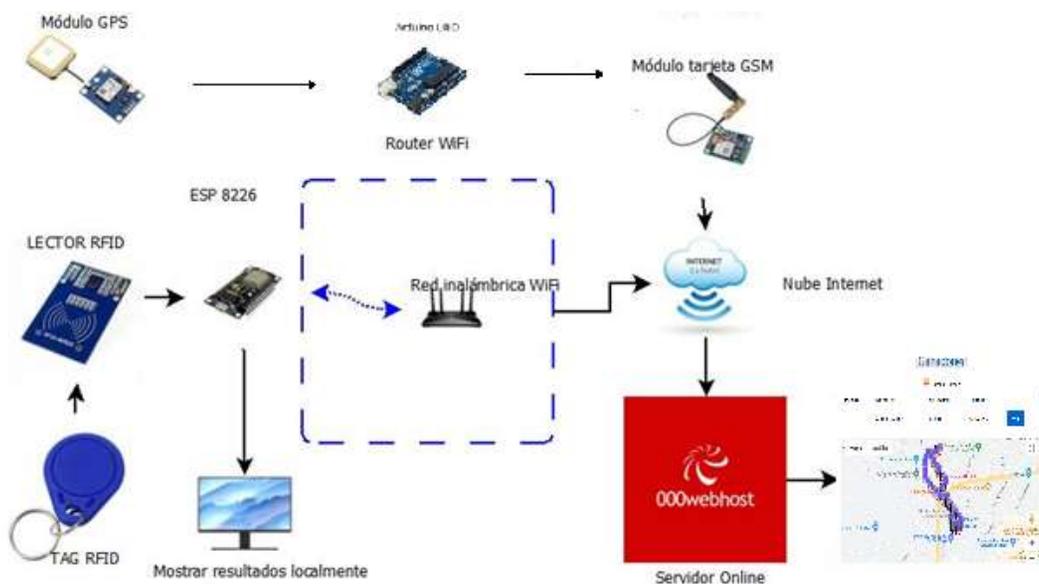
En este caso se elige la plataforma 000webhosting debido a que esta nos permite manejar hasta dos bases de datos de forma gratuita, y además de administrar una página web donde podemos mostrar la ubicación del nadador además de la posición y el tiempo final de este.

3.3. Diseño del Sistema

En esta sección se detalla el diseño del sistema, teniendo en cuenta las tablas de comparación de anteriores secciones junto con sus fuentes de requisitos técnicos de usuarios. Se hace uso de diagramas de bloque y flujogramas para explicar de forma didáctica el funcionamiento del proyecto. El diseño se lo va a dividir en tres bloques los cuales son el bloque 1 que consiste en sistema de cronometraje, bloque 2 referente al sistema de posicionamiento y el bloque 3 que es el diseño de la plataforma IoT.

Diagrama del sistema

El presente trabajo se divide en dos subsistemas principales que el referente a cronometraje automático y aquel referente a posicionamiento en tiempo real y un tercer subsistema para mostrar la información. Por lo que se procede a presentar el diagrama general de bloques del sistema el cual explica el funcionamiento sin profundizar del proyecto en la figura a continuación mostrada:

Figura15**Diagrama del Sistema**

Nota. Aquí podemos observar el diagrama de la arquitectura del sistema.

El diagrama comienza por la placa arduino UNO éste pasa al módulo esp8266 el cual está conectado a una red Wi-Fi, continuamos con el lector RFID, este lector está conectado a una antena para aumentar la energía llegando hasta 27 DBM, cuando una tag RFID está en el alcance de la antena, este refleja la energía emitida por el lector haciéndolo detectable, una vez se detecten este dato por parte del lector, es recopilado por un Arduino uno y transmitido serial mente hacia el módulo esp8266 el cual se conecta a la red Wi-Fi y, así este artefacto lo procesa y observa que tiene el nombre del atleta y el identificador (id) del tag. el Arduino a guardar en una base de datos externa y puede mostrar este resultado localmente en un monitor, la otra acción que realiza nuestro procesador es enviar esta información al servidor de hosting y así con un dispositivo IoT podemos ver la posición y el tiempo de competencia de cualquier nadador una vez que ya concluyo su participación en la competencia.

Continuamos con el sistema de posicionamiento GPS con visualización en tiempo real, esto empieza con un módulo GPS que se conecta con la constelación de satélites GPS con el fin de obtener la ubicación geográfica de donde se encuentre además que a este módulo se le debe brindar una protección especializada para ser impermeable, el módulo GPS transmite de forma

serial esta información a un módulo GSM encargado de conectarse a la red GSM disponible en la zona de aguas abiertas posteriormente enviándola hacia una nube IoT que sirve a base de datos, finalmente esta nube se contacta con otros servicios IoT que permite la visualización en tiempo real de este posicionamiento que se lo va a realizar cada 20 segundos.

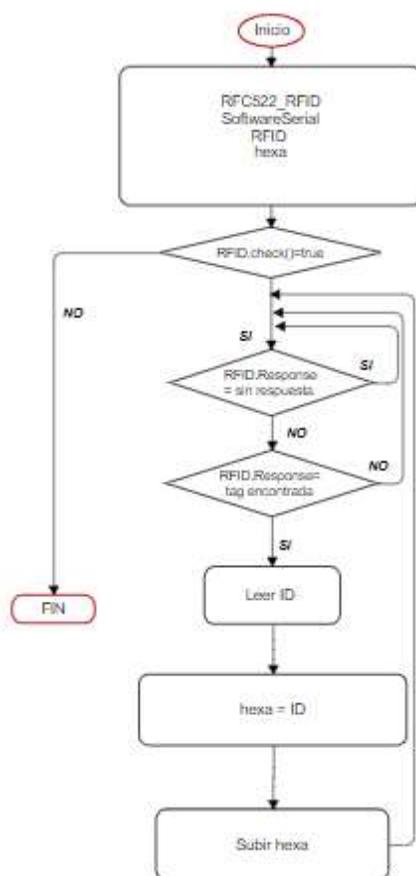
3.3.1.1. Diagrama de flujo cronometraje

En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del sistema de cronometraje en el cual se describe de forma general cómo funciona el sistema, empezamos declarando las respectivas librerías del lector, después se declaran los pines de comunicación y también declara las variables de los tiempos que va a ir registrando el sistema de cronometraje.

Una vez realizado ese proceso se realiza tres análisis que permiten que el lector se encuentre activado a la espera de identificar algún tag RFID, una vez encontrado procede a leer el nombre del competidor y el ID del tag y a su vez a llenar los campos de las variables con las horas exactas que fueron hechas esas lecturas, y se procede a subir a la base de información el nombre y tiempos establecidos, para finalmente seguir a la espera que un nuevo tag sea detectado por el lector.

Figura 16

Diagrama de bloques del sistema de posicionamiento



Nota: Aquí se observa el diagrama de flujo del sistema de cronometraje.

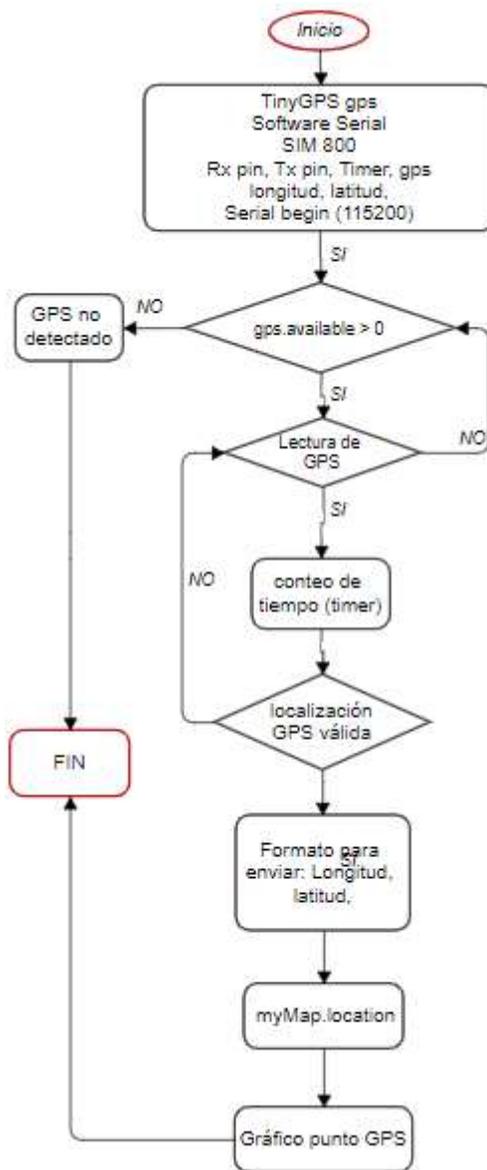
3.3.1.2. Diagrama de flujo del sistema de posicionamiento

En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del sistema de posicionamiento GPS en el cual se describe de forma general cómo funciona el sistema, empezamos declarando las respectivas librerías de los dispositivos GPS y GSM, estos nos permiten tener la ubicación exacta del nadador y poder enviarlos hacia la base de datos de la plataforma IoT, después se declaran los pines de comunicación y también declarar las variables de los datos necesarios para poder obtener una posición global.

Realizado este proceso entra a realizar una toma de decisiones que nos permite detectar la posición del nadador e ir llenando los campos en las variables antes declaradas y que estas sean enviadas ya almacenadas en la base de datos de la plataforma IoT.

Figura 17

Diagrama de flujo del sistema de posicionamiento



3.3.2. Diagrama de conexiones

Una vez realizado el análisis de los diagramas de flujo es necesario establecer un diagrama de conexiones el cual de igual forma se va a dividir en dos uno ya sea para la parte de cronometraje y la parte del posicionamiento.

3.3.2.1. Diagrama de conexión del sistema de Cronometraje

Empezamos conectado un módulo RFC522 a la placa de arduino y este a su vez se comunica a la red wifi mediante un módulo ESP 8266, todo el sistema se encuentra alimentado por una batería que va conectada a un convertidor de potencia que no da dos salidas de voltaje de 5V y 3,3 V que nos permite hacer funcionar a todas las placas en sus voltajes establecidos.

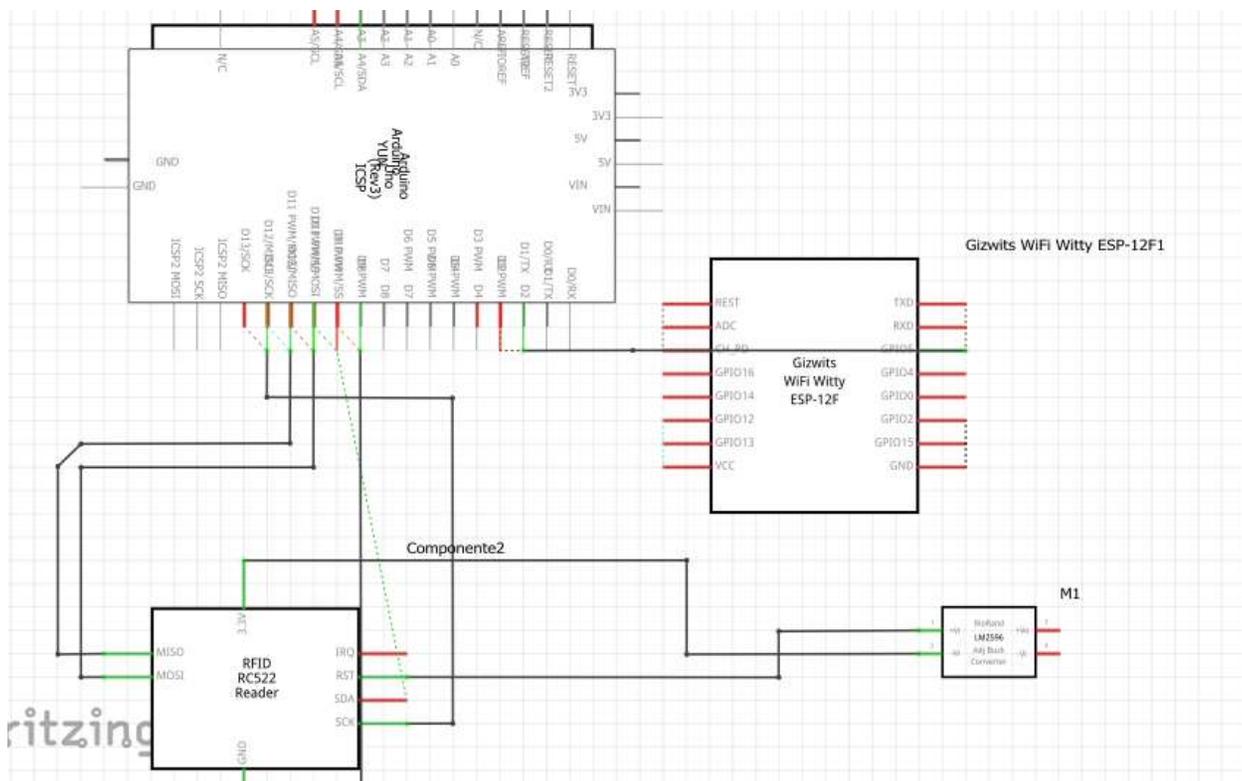
Figura 18

Diagrama de conexión del sistema de Cronometraje

Una vez establecida ya la conexión de la placa con el lector RFID y las fuentes de alimentación a 3,3V y 5V se procede a la creación de la placa PCB, de tal forma que nos permita acoplar todas las placas y dispositivos de una forma correcta.

Figura 19

Circuito Electrónico del sistema de Cronometraje



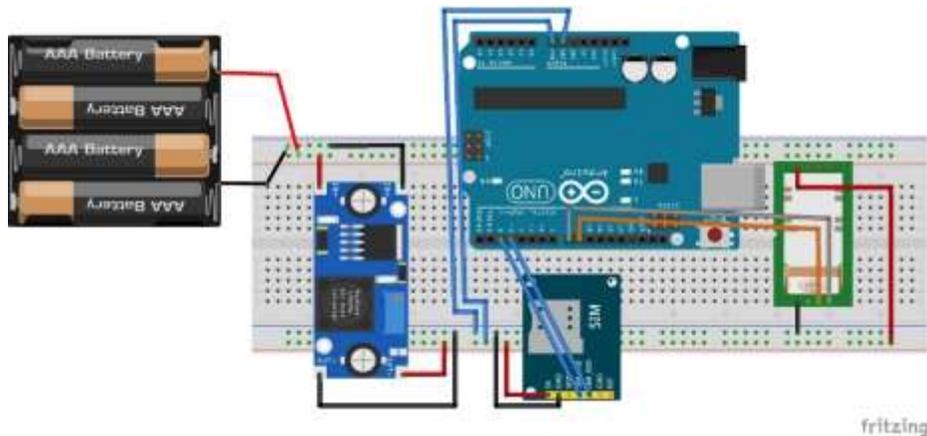
3.3.2.2. Diagrama de conexión del sistema de rastreo

El diagrama del circuito se encuentra establecido por una placa arduino uno la cual está alimentada a 5V la cual es la salida de voltaje de un regulador de potencia, el arduino se encuentra

conectada a los dispositivos GPS y GSM, Los dispositivos GPS y GSM se encuentran alimentados a 5V de igual manera. Todos estos circuitos deben ser portátiles motivo por el cual su fuente de energía es una batería de litio de 5V y 2200 mAh.

Figura 20

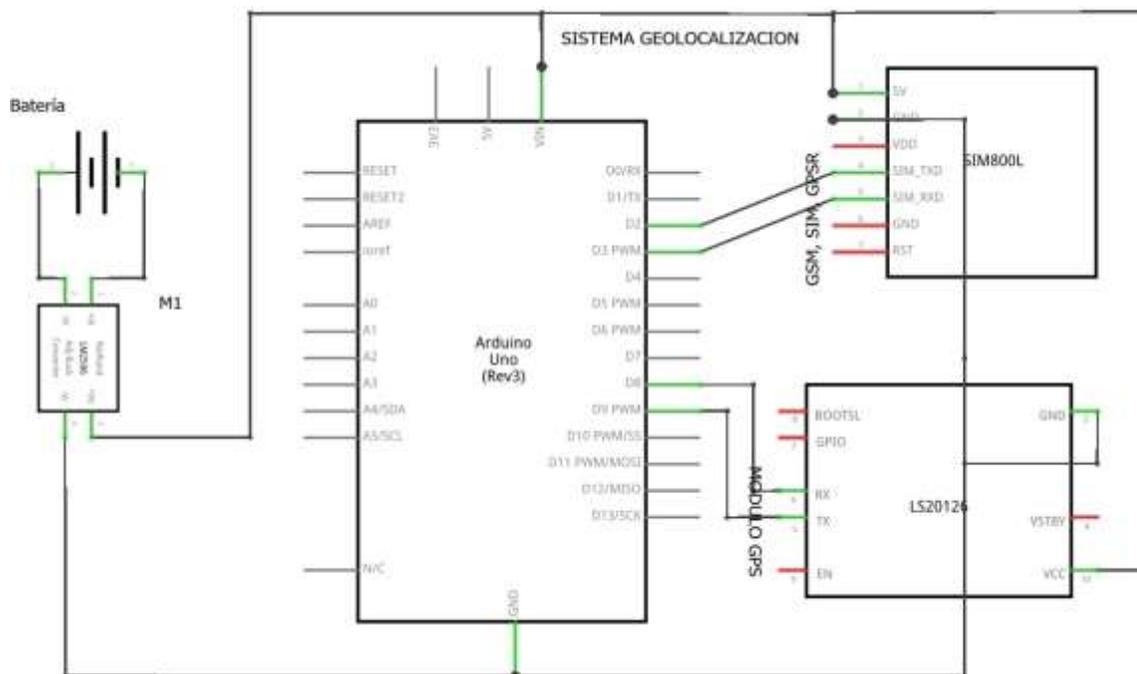
Diagrama esquemático del sistema de posicionamiento



Una vez establecido el diagrama de conexión se realiza la placa PCB para poder establecer el acoplar todos los dispositivos de una forma compacta y ordenada.

Figura 21

Circuito electrónico del sistema de posicionamiento



3.3.3. Diseño de Software

En esta parte vamos a realizar el diseño de la solución del software realizando un análisis a la programación, permitiendo tener un mejor manejo del código y así poder disminuir el riesgo de errores en el sistema el momento de compilar el código

3.3.3.1. Sistema de cronometraje automático

El código para el cronometraje automático se divide en dos partes, la primera son los dispositivos Arduino UNO y un módulo ESP8266 y la segunda es un servidor IoT denominado 000WEBHOST. En donde el Arduino UNO es el encargado de procesar a la adquisición de la información del TAG RFID mediante el lector RFID ah y brindar el tiempo que hizo el competidor o nadador y El modo ESP8266 recibe estos datos realiza un proceso de posición del atleta mediante un contador y lo sube al servidor 000WEBHOST En donde se grafican estos datos en una tabla para que el público pueda leerlo tanto en el servidor IoT como de manera local al mostrar este resultado en pantalla

3.3.3.1.1. Programación en Arduino UNO

La programación que se cargara al módulo Arduino uno se detalla a continuación empezando con declarar librerías las cuales son líneas de código que se utiliza para facilitar la programación de nuestro sistema, es necesario utilizar protocolos que permiten mejorar la comunicación del microcontrolador con sensores y periféricos; comenzamos con el protocolo de comunicación SPI (Interfaz Periférica Serial) el cual es de gran ayuda en circuitos que necesitan la comunicación de varios dispositivos a velocidades de hasta 10 Mbps (arduino, s.f.) y en distancias cortas.

Además de la librería para la controlar el lector RFID RC 522 y para poder agregar otro puerto de conexión incluimos librería SoftwareSerial.h, finalmente se genera una variable de tipo string denominada **hexa**, en ella se guardará el código hexadecimal de cada tarjeta RFID que pase por la zona de radiación del lector.

Figura 22

Declaración de la librería RTC

```
1  #include <SPI.h>
2  #include <MFRC522.h>
3  #include "SoftwareSerial.h"
4  String hexa;
```

Se hace uso de la librería MFRC522, y se especifica los pines de RESET y SS la cual es la línea por la que los datos se transmiten, estos son los pines 10 y 9 respectivamente.

Para poder realizar la comunicación con nuestro arduino y la tarjeta lectora RFID se debe emular un puerto de comunicación en serie debido a que los pines de transmisión y recepción se encuentran enviando los datos del cronometraje a la computadora, para ello declara la librería **SoftwareSerial.h** y asignamos para esto los pines 2 y 3.

Figura 23*Declaración de librerías y habilitación de pines*

```
#define SS_PIN 10
#define RST_PIN 9
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);
SoftwareSerial ser(2,3); // RX, TX
```

Inicio de la comunicación serial y del bus de comunicación SPI, posterior a esto se empieza a iniciar el módulo MFRC522.

Figura 24*Inicio del módulo RC 522*

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Initiate a serial communication
  espSerial.begin (9600);
  SPI.begin(); // Initiate SPI bus
  mfrc522.PCD_Init(); // Initiate MFRC522
  Serial.println("Iniciando.. Listo para la carrera");
  Serial.println();
}
```

En el siguiente bucle se reconoce si hay un tag RFID en módulo lector FRC522, si no hay ningún tag el programa se detendrá hasta una tener una lectura del módulo lector, una vez que detecta una tarjeta este lee el código ID, se crea una variable de tipo string llamada **content** y otra de tipo byte llamada letter, para poder guardar el código ID en las variables antes establecidas. Esto se repite de acuerdo con el número de atletas de la competencia, una vez obtenido el código hexadecimal de la tarjeta RFID esta se guarda en la variable hexa y es enviado por comunicación serial.

Figura 25*Identificación del tag RFID*

```

void loop()
{
  // Look for new cards
  if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent() ) {
    return; }

  if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial() ) {
    return; }

  String content= "";
  byte letter;
  for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++)
  {
    content.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : "_"));
    content.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX));
    Serial.print(content.substring(1));
    hexa=content.substring(1);
  }
  delay (300);
  espSerial.println(hexa);
}

```

3.3.3.1.2. Programación en el módulo ESP8266

Como primer paso se incluye en las librerías de comunicación serial y librerías para usar un dispositivo Wi-Fi y permitir el enlace hacia internet logrando así la conexión hacia el servidor IoT denominado 000WebHost.

Figura 26*Declaración de librerías*

```

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <SoftwareSerial.h>

```

Continuamos con las variables utilizadas en este código comenzando por los pines de recepción y transmisión destinados a conectar este módulo con el Arduino UNO, continuando con las variables destinadas a guardar los datos recibidos y el link generado para su comunicación con

el servidor IoT. Por último, se ingresan el nombre de la red Wi-Fi a la que se desea conectar y su contraseña, ocultas por la zona de confidencialidad.

Figura 27
Conexión a la red wifi

```
SoftwareSerial espSerial(2, 3); // RX, TX
String url, dato;

WiFiClient wifiClient;
const char* ssid = "PLUS_CAMILA_GOMEZ_5G";
const char* password = "XXXXXXXXXXXX";
```

En la sección **void setup** se inicia la comunicación serial con el computador que maneja este módulo, la comunicación serial con el arduino UNO y se realiza al proceso de conexión con la red Wi-Fi.

Figura 28
Inicio de comunicación serial

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  espSerial.begin(9600);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
  }
  Serial.println("Conectado a la red WiFi");
}
```

En nuestra sección de bucle se procede a escuchar si es que hay comunicación de datos por parte del Arduino UNO, en caso de que exista estos datos se guardan en la variable **datos** y un contador aumenta en uno su valor para finalizar se imprimen estos datos en la pantalla local eso los transforma a un valor string texto. Se crea la variable **dato** y se agrega el valor de **datos** para luego convertirlo en una variable de tipo string

Figura 29
Comprobación de comunicación serial

```
void loop() {
  if (espSerial.available() > 0) {
    String datos = "";
    while (espSerial.available() > 0) {
      char c = espSerial.read();
      datos += c;
    }
    Serial.println(datos);
    delay(2000);
    dato=datos;
    String datoString = String(datos);
```

Se procede a armar el link de comunicación de este módulo hacia el servidor IoT, en el cual se coloca el contador que servirá para observar la posición del competidor y los datos brindados por el Arduino UNO (compuestos del nombre del nadador y su tiempo). Seguido se crea un objeto HTTP Cliente el cual se llamó **http** En la imagen a continuación también observamos que se pide el inicio de la comunicación tipo http mediante su respectiva librería e imprimimos localmente el contenido de la variable url.

Figura 30
Generación del URL

```
// Concatenamos las variables url y datoString
String url = "http://watertrackec.000webhostapp.com/proyecto_files/php/controller.php?codigo="
url += datoString;
url += "&accion=setTag"

HTTPClient http;

delay(2000);

Serial.print(url);
```

En esta última sección iniciamos la comunicación mediante el protocolo http, observamos que nuestro módulo ESP8266 actúa como cliente además de brindar el requisito de nuestra url de conexión guardada en la variable del mismo nombre. El siguiente paso es esperar la respuesta del servidor IoT a una petición de conexión http esto se lo hizo con el comando **http.GET**, en caso de

haber respuesta declaramos la variable **payload** que contendrá nuestro URL de conexión y finalmente tenemos el método de cierre de conexión http.

Figura 31
Conexión HTTP

```
http.begin(wifiClient,url);
int httpCode = http.GET();
if (httpCode > 0) {
String payload = http.getString();
Serial.print(payload);
}

delay(2000);
http.end();
}
```

3.3.3.2. Sistema de posicionamiento

La programación que se realiza en el sistema de posicionamiento se la cargara a un módulo arduino UNO, para poder empezar a realizar la programación de nuestro sistema de posicionamiento es necesario declarar las librerías de Arduino para comunicación serial **SoftwareSerial.h** y la librería TinyGPS++.h para controlar nuestro módulo GPS y una tercera librería denominada AltSoftSerial.h esta nos permite emular una versión mejorada del software que usa temporizadores de hardware para tener una sincronización de señal precisa y mayor compatibilidad. (Stoffregen, s.f.)

Posteriormente declaramos 2 pares de pines de la placa Arduino que se utilizan para comunicación serial hacia los módulos GSM. Además, que los pines de comunicación que establece AltSoftSerial son los pines 8y9.

Finalmente se establece una función para medir el intervalo de tiempo entre los procesos y una

Figura 32

Declaración de librerías Serial y GPS

```
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <AltSoftSerial.h>

#define rxPin 2
#define txPin 3
SoftwareSerial sim800L(rxPin,txPin);

//GPS Module RX pin to Arduino 9
//GPS Module TX pin to Arduino 8
AltSoftSerial neogps;

TinyGPSPlus gps;

unsigned long previousMillis = 0;
long interval = 60000;
```

También se declara la velocidad de la comunicación serial entre la placa arduino y la computadora, el modulo GPS y el módulo GSM. Cabe recalcar que las velocidades dadas para el Módulo GPS y el módulo GSM son las especificadas para el funcionamiento de cada artefacto. Y el módulo GSM comienza a inicializarse y comprobamos el estado en que este se encuentra haciendo uso de los comandos AT.

Los comandos AT que proporcionaste parecen estar relacionados con la configuración de una conexión GPRS en un dispositivo, posiblemente un módem o un dispositivo IoT. Aquí está la explicación de cada comando:

AT+CFUN=1: Este comando se utiliza para encender el dispositivo. Establece el modo de función en 1, lo que generalmente significa "encendido". La respuesta esperada es "OK". El parámetro opcional "2000" indica el tiempo máximo de espera en milisegundos para recibir la respuesta.

AT+CGATT=1: Este comando se utiliza para conectar el dispositivo al servicio GPRS de la red. Al establecer el valor en 1, el dispositivo se adjuntará a la red GPRS. La respuesta esperada es "OK".

AT+SAPBR=3,1,"Contype","GPRS": Este comando establece el tipo de conexión en GPRS (Servicio de Paquete de Radio General). Especifica el perfil del transportador 1. La respuesta esperada es "OK".

AT+SAPBR=3,1,"APN","internet.claro.com.ec": Este comando configura el APN (Nombre del Punto de Acceso) para la conexión GPRS. El APN especificado es "internet.claro.com.ec". La respuesta esperada es "OK".

AT+SAPBR=1,1: Este comando habilita la conexión GPRS al habilitar el transportador 1. La respuesta esperada es "OK".

AT+HTTPIPINIT: Este comando inicializa el servicio HTTP en el dispositivo. Prepara el dispositivo para realizar operaciones HTTP. La respuesta esperada es "OK".

AT+HTTTPARA="CID",1: Este comando configura el identificador de contexto (CID) para el servicio HTTP. Establece el CID en 1, que generalmente representa la conexión GPRS activa. La respuesta esperada es "OK".

AT+HTTTPARA="URL","http://?.000webhostapp.com/gpsdata.php? lat=222&lng=222": Este comando establece la URL para la solicitud HTTP. Aquí se proporciona una URL de ejemplo con parámetros de latitud y longitud. El parámetro "url" en el código probablemente contendrá la URL real a utilizar. La respuesta esperada es "OK".

AT+HTTPACTION=0: Este comando realiza una acción HTTP. El valor 0 indica una solicitud GET. Dependiendo de la respuesta del servidor, puede esperar una respuesta en el formato "0,200", donde "0" indica el resultado de la acción (0 para éxito) y "200" es el código de estado HTTP para una respuesta exitosa.

AT+HTTPTERM: Este comando termina el servicio HTTP en el dispositivo. Prepara el dispositivo para realizar nuevas operaciones HTTP. La respuesta esperada es "OK".

AT+CIPSHUT: Este comando cierra la conexión GPRS y apaga el contexto PDP (Paquete de Datos del Protocolo). La respuesta esperada es "SHUT OK".

Cabe destacar que la implementación y los detalles específicos de estos comandos pueden variar según el dispositivo o el módulo que estés utilizando. Te recomendaría consultar la documentación del fabricante para obtener información más precisa sobre el uso de los comandos AT en tu dispositivo en particular.

Figura 33

Establecemos la velocidad de comunicación serial

```

Serial.println(url);
delay(300);

sendATcommand("AT+CFUN=1", "OK", 2000);
//AT+CGATT = 1 Connect modem is attached to GPRS to a network. AT+CGATT = 0, modem
sendATcommand("AT+CGATT=1", "OK", 2000);
//Connection type: GPRS - bearer profile 1
sendATcommand("AT+SAPBR=3,1,\"Contype\", \"GPRS\"", "OK", 2000);
//sets the APN settings for your network provider.
sendATcommand("AT+SAPBR=3,1,\"APN\", \"internet.claro.com.ec\"", "OK", 2000);
//enable the GPRS - enable bearer 1
sendATcommand("AT+SAPBR=1,1", "OK", 2000);
//Init HTTP service
sendATcommand("AT+HTTPIPINIT", "OK", 2000);
sendATcommand("AT+HTTTPARA=\"CID\",1", "OK", 1000);
//Set the HTTP URL sim800.print("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"http://?.000webhostapp.com/gps
sim800L.print("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"");
sim800L.print(url);
//Serial.print(url);
sendATcommand("\"", "OK", 1000);
//Set up the HTTP action
sendATcommand("AT+HTTPACTION=0", "0,200", 1000);
//Terminate the HTTP service
sendATcommand("AT+HTTPTERM", "OK", 1000);
//shuts down the GPRS connection. This returns "SHUT OK".
sendATcommand("AT+CIPSHUT", "SHUT OK", 1000);

```

Mientras el GSM este activo enviar un mensaje de lectura de paquetes (también se escribe en pantalla), variable Milis se sincroniza con reloj de pulso del arduino, si esto es mayor que el intervalo de 1min realizar la acción de enviar datos GPS al server

Figura 34*Lectura de paquetes GSM*

```

void loop()
{
  while(sim800L.available()){
    Serial.println(sim800L.readString());
  }
  while(Serial.available()) {
    sim800L.println(Serial.readString());
  }

  unsigned long currentMillis = millis();
  if(currentMillis - previousMillis > interval) {
    previousMillis = currentMillis;
    sendGpsToServer();
  }
}

```

Toma de los datos del módulo GPS, para ello se crean las variables tipo string de latitud y longitud, las variables de tipo float Altitud y las variables date, time, Speed, a estas se las agregaran los datos que se obtienen del módulo GPS.

Figura 35*Declaración de variables*

```

int sendGpsToServer()
{
  //Can take up to 60 seconds
  boolean newData = false;
  for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 2000;){
    while (neogps.available()){
      if (gps.encode(neogps.read())){
        newData = true;
        break;
      }
    }
  }

  //If newData is true
  if(true){
    newData = false;

    String latitude, longitude;
    float altitude;
    unsigned long date, time, speed, satellites;

    latitude = String(gps.location.lat(), 6); // Latitude in degrees
    longitude = String(gps.location.lng(), 6); // Longitude in degree
    altitude = gps.altitude.meters(); // Altitude in meters (double)
    date = gps.date.value(); // Raw date in DDMMYY format (u32)
    time = gps.time.value(); // Raw time in HHMMSSCC format (u32)
    speed = gps.speed.kmph();
  }
}

```

Proceso que permite el envío de paquete http, el APN de la red GSM de claro (operadora nacional), apunta al servidor de claro que te permite salir a internet si tienes activo un plan. Ponle proceso ya dado para conexión https con módulo GSM y la red claro

Figura 36

Comandos AT para el funcionamiento del módulo GSM

```

Serial.println(url);
delay(300);

sendATcommand("AT+CFUN=1", "OK", 2000);
//AT+CGATT = 1 Connect modem is attached to GPRS to a network. AT+CGA
sendATcommand("AT+CGATT=1", "OK", 2000);
//Connection type: GPRS - bearer profile 1
sendATcommand("AT+SAPBR=3,1,\"Contype\", \"GPRS\"", "OK", 2000);
//sets the APN settings for your network provider.
sendATcommand("AT+SAPBR=3,1,\"APN\", \"internet.claro.com.ec\"", "OK",
//enable the GPRS - enable bearer 1
sendATcommand("AT+SAPBR=1,1", "OK", 2000);
//Init HTTP service
sendATcommand("AT+HTTINIT", "OK", 2000);
sendATcommand("AT+HTTTPARA=\"CID\",1", "OK", 1000);
//Set the HTTP URL sim800.print("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"http://?.000webho
sim800L.print("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"");
sim800L.print(url);
//Serial.print(url);
sendATcommand("", "OK", 1000);
//Set up the HTTP action
sendATcommand("AT+HTTTPACTION=0", "0,200", 1000);
//Terminate the HTTP service
sendATcommand("AT+HTTPTERM", "OK", 1000);
//shuts down the GPRS connection. This returns "SHUT OK".
sendATcommand("AT+CIPSHUT", "SHUT OK", 1000);

```

Se crea un método para se envía para llamar al con el comando sendATcomand y estimamos el tiempo de espera exacto, en este caso es un tiempo de espera de 150, a continuación, se crean variables necesario para poder hacer la lectura de datos del módulo GSM.

Figura 37

Creación de variables para realizar l lectura de datos

```

int8_t sendATcommand(char* ATcommand, char* expected_answer, unsigned int

uint8_t x=0, answer=0;
char response[100];
unsigned long previous;

//Initialice the string
memset(response, '\0', 100);
delay(100);

//Clean the input buffer
while( sim800L.available() > 0) sim800L.read();

if (ATcommand[0] != '\0'){
    //Send the AT command
    sim800L.println(ATcommand);
}

x = 0;
previous = millis();

```

Continuamos con la acción que pregunta si la tarjeta SIM está habilitada, almacenar esa respuesta en X, donde X será el número de ves que se va a enviar los datos.

Figura 38

Funcionamiento del módulo GPS

```

//If there are data in the UART input buffer, reads it and
if(sim800L.available() != 0){
    response[x] = sim800L.read();
    //Serial.print(response[x]);
    x++;
    // check if the desired answer (OK) is in the response
    if(strstr(response, expected_answer) != NULL){
        answer = 1;
    }
}
}while((answer == 0) && ((millis() - previous) < timeout));

Serial.println(response);
return answer;
}

```

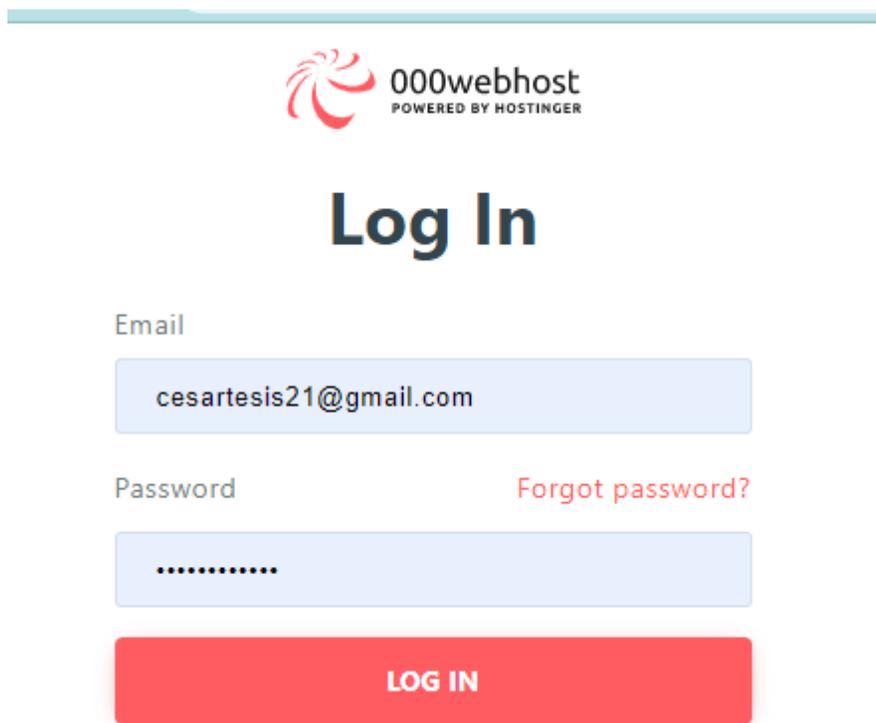
3.3.3.3. Diseño de plataforma IoT

Se utiliza como hosting la plataforma denominada **000 web host**, debido a que esta ofrece servicios adicionales como computación en nube en donde encontramos lector de código HTML y PHP, también el servicio de base de datos y el protocolo FTP que nos permite comunicación entre estos cuatro servicios principales. en la figura de abajo observamos la página principal de esta plataforma al iniciar sesión.

Al ingresar a la pagino se nos solicita registrarnos, por lo cual el registro se realiza en con la cuenta de Gmail que se creó para la ejecución del proyecto, aprovechando una de las ventajas de esta plataforma que es el fácil registro de la cuenta.

Figura 39

Registro con la cuenta de Gmail

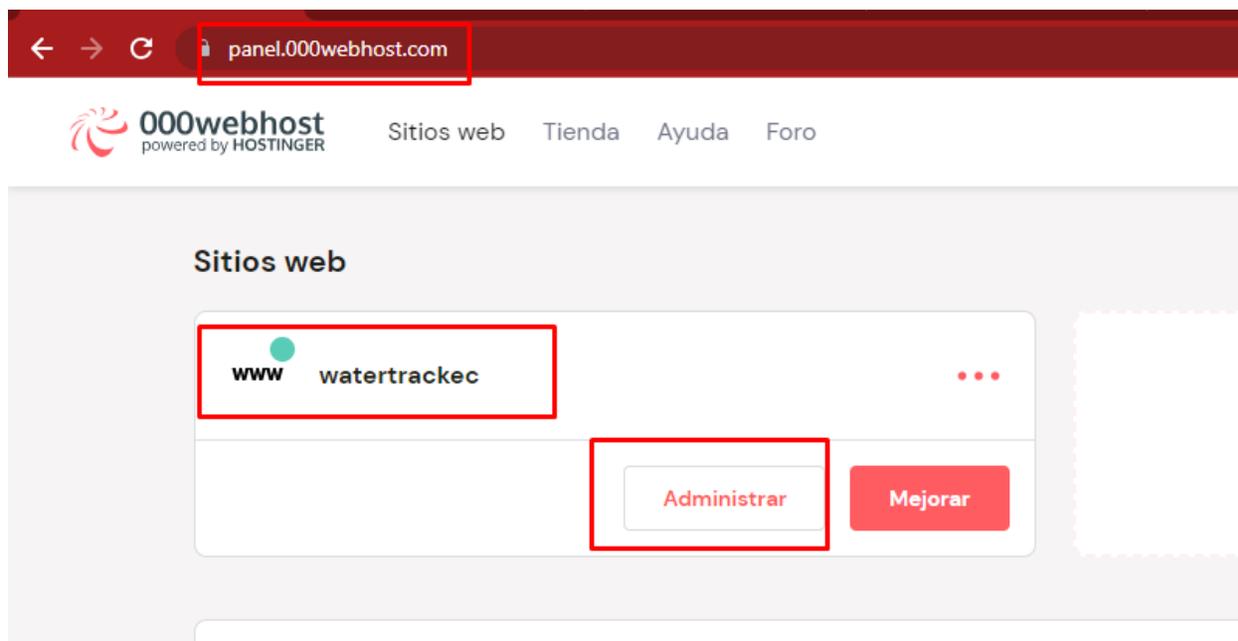


The image shows the login interface for 000webhost. At the top, there is a logo for 000webhost, which is powered by Hostinger. Below the logo, the text 'Log In' is prominently displayed. Underneath, there are two input fields: one for 'Email' containing 'cesartesis21@gmail.com' and one for 'Password' containing a masked password '.....'. To the right of the password field is a link that says 'Forgot password?'. At the bottom of the form is a large red button with the text 'LOG IN' in white capital letters.

Una vez dentro de la plataforma se observa la opción de crear un nuevo sitio web, en el caso del proyecto el nombre del sitio web se lo llamo **watertrackec**, para poder administrar simplemente damos clic en **Adminitrar**, y nos da paso a la parte administrativa del sitio web.

Figura 40

Plataforma 000webhost.com

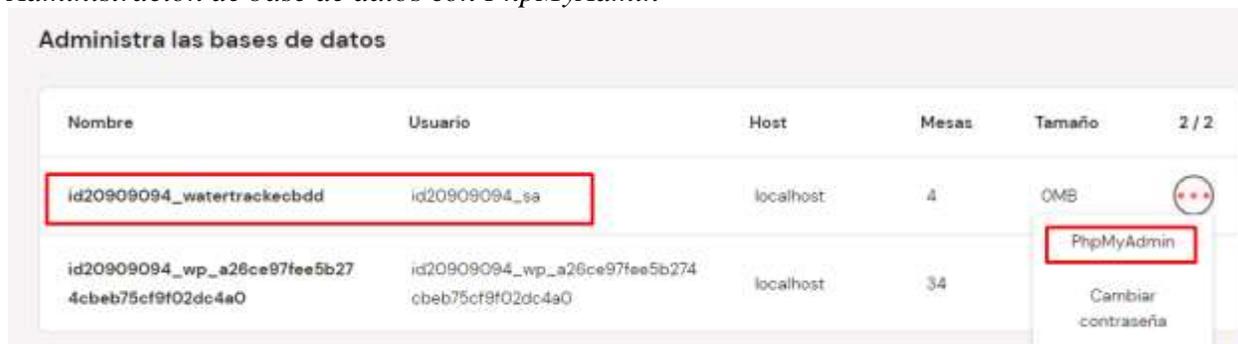


Se utiliza este servicio en su versión gratuita, que tiene las limitantes de un espacio en disco de 300 MB y es permitido crear hasta dos bases de datos.

Una vez ingresada a la administración del sitio WEB puede realizar la configuración de las bases de datos por medio de PhpMyAdmin, previo se creó dos bases de datos la base **id20909094_watertrackecbdd**, es con la que se va a trabajar y la segunda base de datos es la que se tendrá de respaldo.

Figura 41

Administración de base de datos con PhpMyAdmin

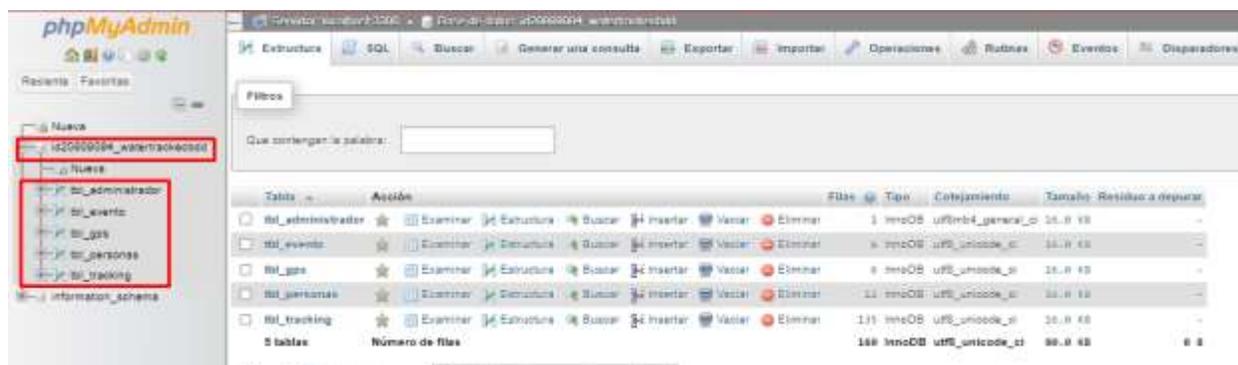


3.3.3.3.1. Base de datos del Sistema WATERTRACK

Vamos a administrar la base de datos del sistema la cual tiene el nombre de **id20909094_watertrackecbdd** vamos a almacenar los datos del sistema de cronometraje y sistema de geolocalización aquí sea creo varias tablas que a continuación se explicara a más profundidad.

Figura 42

Plataforma de administración de la base de datos id20909094_watertrackecbdd



Primero tenemos la tabla de administración denominada **tbl_administrador** en esta hay varios campos donde se guarda los datos del usuario **administrador**, el cual será utilizado como credenciales de acceso a la parte administrativa del sistema.

Figura 43

Tabla de administracion



La siguiente tabla de eventos con el nombre de **tbl_evento**, aquí se guardan la información sobre las competencias, tales como el nombre la carrera, una descripción, hora y fecha de inicio, estado en el que se encuentra la carrera, estos estados se los denomina FINALIZADO, PENDIENTE y EN PROGRESO, esta tabla tiene relación con el resto de tablas.

Figura 24

Tabla de eventos

ev_id	ev_descripcion	ev_fecha_evento	ev_estado	ev_direccion	ev_titulo
1	PRUEBA DE CRONOMETRAJE FINAL 1	2023-07-07 01:30:00	EN PROGRESO	SAN JUAN CAPILLA	PRUEBA FINAL CRONOMETRAJE
2	PRUEBA RUTA 1	2023-07-09 08:25:00	EN PROGRESO	OTAWALO	PRUEBA RUTA
3	PRUEBA CRONOMETRAJE 1	2023-07-07 18:30:00	EN PROGRESO	OTAWALO	PRUEBA 1
4	PRUEBA ruta 2	2023-07-09 11:00:00	EN PROGRESO	OTAWALO	PRUEBA RUTA 2
5	camara de prueba	2023-07-09 18:04:00	PENDIENTE	otawalo	prueba 3
6	camara de suena	2023-06-17 08:00:00	PENDIENTE	Otavalo	La nota del oyo

La tabla **tbl_personas** contiene datos de los participantes, así como como una relación con los campos que albergan la información de los códigos de cada rastreador GPS denominado **gps_id** y **per_codigo**, este último se registrara el código hexadecimal de cada tag RFID.

Otros campos de esta tabla muy importantes son los campos de tiempo **per_inicio** y **per_fin**, este se relaciona con el código hexadecimal de cada tag RFID y la hora del evento, de igual forma un campo de estado este nos informa en que proceso se entra el nadar ya sea que finalizo, está en competencia o aun no parte. este al ser único se relaciona con cada persona de igual manera el identificador de cada GPS. crea dos columnas con los nombres LAT y LNG que representan latitud y longitud respectivamente, cabe resaltar que estas dos últimas variables tienen un formato float debido a la naturaleza de los futuros datos por poseer coordenadas GPS muy extensas.

Figura 45

Tabla de participantes

per_cedula	per_nro	per_nombre	per_genero	pes	per_cate	pes	per_nro	per_i	per_fin	per_estado	gps_id	per_codigo	ev_id	per_puesto
Borrar	100375642	Camila Gomez	Femenino	30	Senior	UTN	Otavalo	NULL	2023-07-09 11:34:49	FINALIZADO	1042	31_d4_24_1d	4	1
Borrar	1003756937	Campeo 1	Masculino	28	Senior	Fam	Ibama	NULL	2023-07-09 01:32:40	EN PROGRESO	1001	39_0e_01_4e	1	4
Borrar	1003756938	Campeo 2	Masculino	29	Senior	Sind de Chef	Ibama	NULL	NULL	EN PROGRESO	1032	53_d2_51_32	3	6
Borrar	1003756939	Campeo 4	Masculino	30	Senior	UTN	Otavalo	NULL	NULL	EN PROGRESO	1034	31_d4_24_1c	3	7
Borrar	1003756940	Campeo 6	Masculino	30	Senior	EtaF	Urcuqui	NULL	NULL	EN PROGRESO	1006	03_54_a6_1d	1	2
Borrar	1003523040	Molina	Femenino	28	Senior	Link	Otavalo	NULL	NULL		1051	12_d4_3d_d4	6	8

En esta tabla se registran cada uno de los dispositivos GPS, los cuales se le establece un identificador único, además de agregar información del modelo y las fechas de creación del registro, este es necesario para poder vincular a cada persona con un rastreador.

Figura 46

Tabla de registro de los rastreador GPS

gps_id	gps_nombre	gps_marca	gps_fecha_creacion	gps_serie
id002	GPS 001	Gps Neo 3V	2023-06-18	serie001
id003	Gps Neo 3V 2023 - Gps Neo 3V	Gps Neo 3V	2023-06-25	serie3003
id032	GPS N2	Gps Neo 3V	2023-06-18	serie003
id034	GPS 04	Neo 04	2023-07-02	serie004
id041	GPS 41	Neo 03	2023-07-08	serie041
id042	GPS 42	Neo 03	2023-07-08	serie042

En esta tabla se registran las coordenadas geográficas enviadas por los rastreadores, estas se almacenan en los campos latitud y longitud estas se relacionan con los campos cédula para vincularlo con un participante y el campo **ev_id** para vincularlo a un evento.

Figura 47

Tabla de registro de coordenadas geográficas

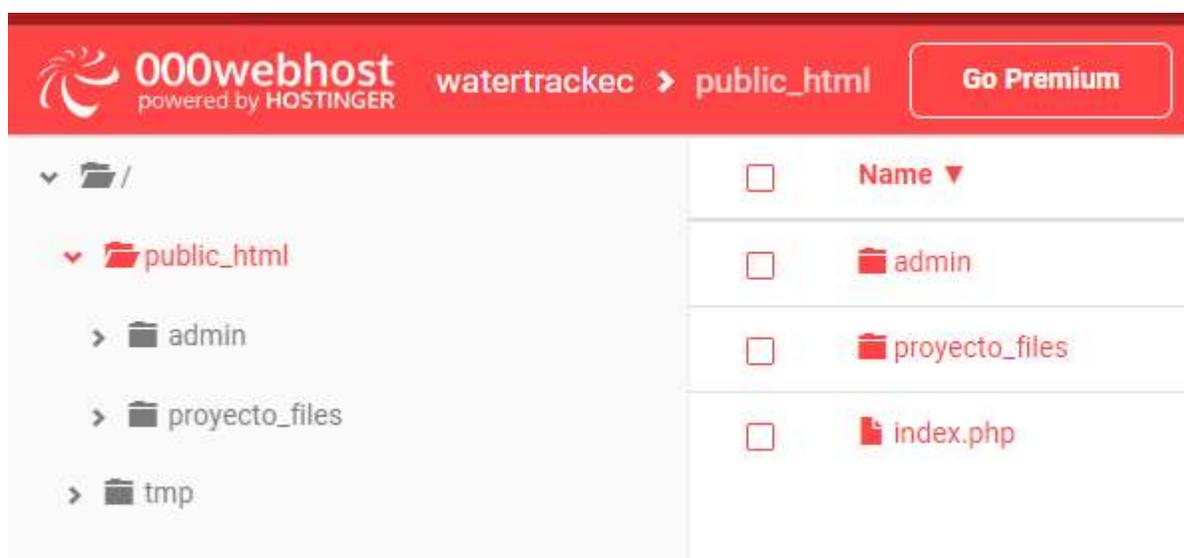
ev_id	gps_id	per_cedula	latitud	longitud	fecha
1	id002	1003756938	0.3392	-78.1222	2023-06-25 15:00:00
1	id002	1003756938	0.2266	-78.26	2023-06-25 15:30:00
1	id003	1003756939	0.3392	-78.1221	2023-06-25 15:00:00
1	id003	1003756939	0.2267	-78.261	2023-06-25 15:30:00
1	id003	1003756939	0.2268	-78.261	2023-06-27 06:40:18
1	id003	1003756939	0.2269	-78.262	2023-06-27 06:47:18
1	id003	1003756939	0.227	-78.263	2023-06-27 06:48:42
1	id003	1003756939	0.227	-78.263	2023-06-26 23:51:08
1	id003	1003756939	0.216	-78.235	2023-07-07 08:15:57
3	id006	1004160055	0.3394	-78.1223	2023-07-07 13:24:34

3.3.3.2. Administración de Archivos

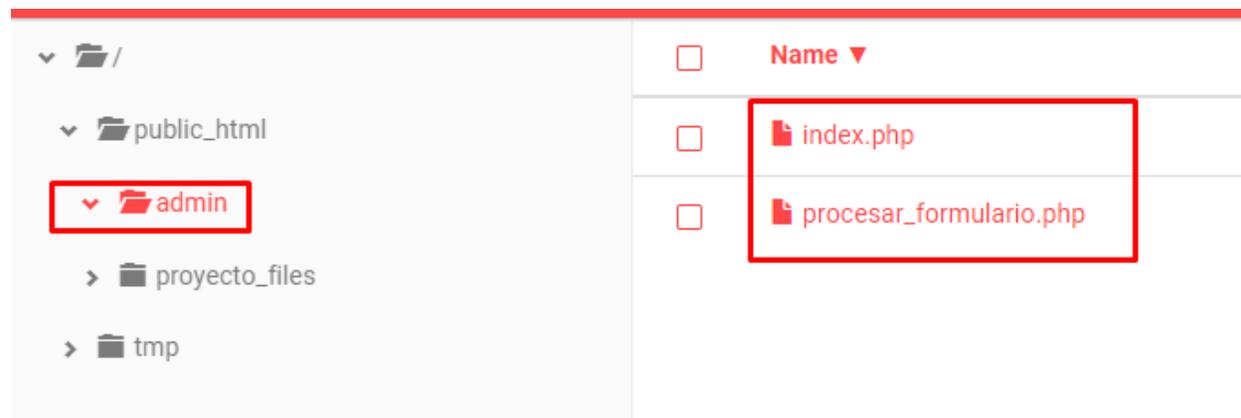
En la sección de la plataforma denominada Administración de archivos se va a gestionar las carpetas y documentos relacionados al sitio web, tenemos la parte de administración, y la parte de archivos del proyecto además de un archivo index.php.

Figura 48

Archivos del sitio web



En la carpeta **admin** es el que contiene la página web de administración del sistema, además de archivos de configuración relacionados con gestionar la base de datos.

Figura 49*Archivos de administración*

En el archivo **index.php** es el punto inicial de un sitio web ya que cuando se accede a un servidor web, el archivo **index.php** se ejecutará de forma automática.

Este archivo contiene el código proporcionado es un documento HTML que contiene a la página web de administración.

Figura 50*Archivos de administración*

/public_html/admin/index.php

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <!-- saved from url=(0014)about:internet -->
3 <html lang="es">
4
5 <head>
6   <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
7   <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
8   <link rel="profile" href="http://gmpg.org/xfn/11">
9
10  <title>Watertrackec</title>
11
12  <meta name="robots" content="max-image-preview:large">
13  <link rel="dns-prefetch" href="http://fonts.googleapis.com/">
14
15  <script src="https://code.jquery.com/jquery-3.6.0.min.js"></script>
16
17
18  <link rel="stylesheet" id="wp-block-library-css" href="../proyecto_files
19  /style.min.css" type="text/css" media="all">
20  <link rel="stylesheet" id="classic-theme-styles-css" href="../proyecto_files
21  /classic-themes.min.css" type="text/css" media="all">
22  <link rel="stylesheet" id="the-adventure-journal-parent-style-css" href="
23  ../proyecto_files/style.css" type="text/css" media="all">
24  <link rel="stylesheet" id="the-adventure-journal-google-fonts-css" href="

```

Una parte que es necesario mencionar es la solicitar credenciales. La función solicitar Credenciales () solicita al usuario su nombre de usuario y contraseña utilizando la función prompt (). Luego, crea un objeto FormData y envía una solicitud POST a través de XMLHttpRequest para procesar las credenciales. Si las credenciales son válidas, se muestra un mensaje de inicio de sesión exitoso; de lo contrario, se redirecciona al usuario a la página de inicio con un mensaje de inicio de sesión fallido.

Figura 51

Solicitar credenciales

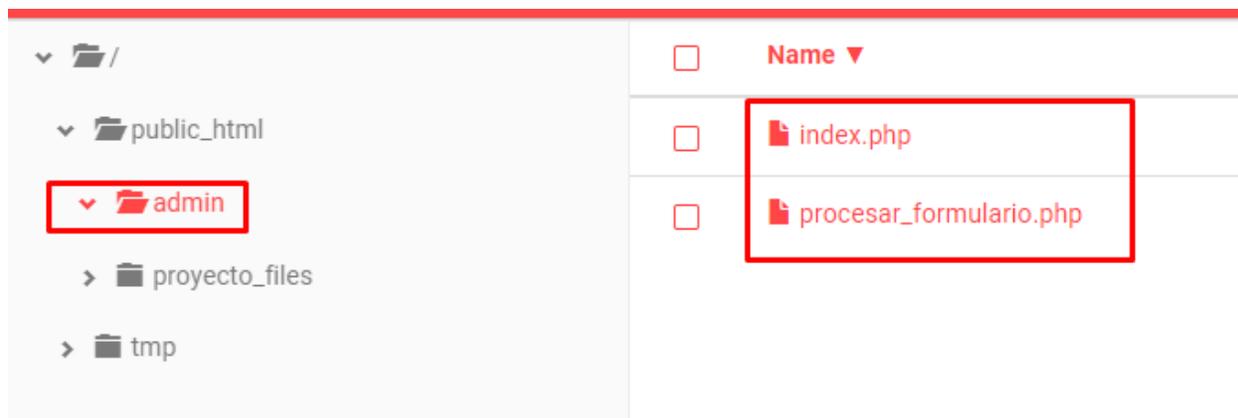
/public_html/admin/index.php

```

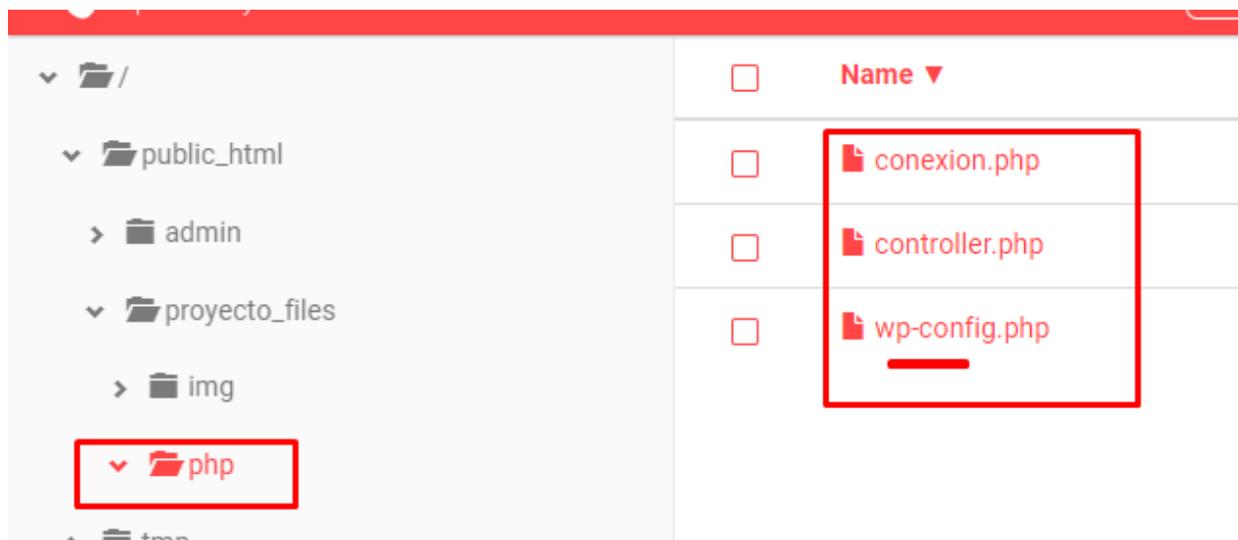
253 <script>
254     function solicitarCredenciales() {
255         var user = prompt("Ingrese su nombre de usuario:");
256         var pass = prompt("Ingrese su contraseña:");
257         var formData = new FormData();
258         formData.append('accion', 'login');
259         formData.append('user', user);
260         formData.append('pass', pass);
261         console.log(user);
262         console.log(pass);
263         if (user === '' || pass === '') {
264             alert("Por favor, ingrese el nombre de usuario y contraseña.");
265             window.location.href = "../inicio.php";
266         } else {
267             var xhr = new XMLHttpRequest();
268             xhr.open("POST", "../procesar_formulario.php", true);
269             xhr.onreadystatechange = function() {
270                 if (xhr.readyState === 4 && xhr.status === 200) {
271                     // console.log(xhr.responseText);
272                     if (xhr.responseText.includes('ok')) {
273                         // Continuar en la página actual
274                         alert("Inicio de sesión exitoso");
275                     } else {
276                         // Redireccionar a la página ../
277

```

El resto del archivo carga funciones como generar evento, cargar evento o guardar evento, y este a su vez genera, el siguiente archivo es Procesar_formulario.php que realiza varias operaciones relacionadas con la gestión de eventos y competidores. Estas operaciones incluyen buscar eventos y personas, crear y editar eventos, crear y editar competidores, eliminar competidores y realizar autenticación de usuarios administradores. El código se comunica con una base de datos y devuelve los resultados en formato JSON. En resumen, el código PHP realiza tareas de administración y gestión de eventos y competidores.

Figura 52*Archivos de administración*

La otra carpeta que se va a revisar es la carpeta **proyecto_files** esta contiene varias carpetas con archivos de código php e imágenes que se utilizaran en la página web. La carpeta que se revisara es la de **php** y aquí se observan tres archivos de código php.

Figura 53*Archivos php*

El código define una clase "Database" para manejar la conexión y las consultas a la base de datos. La clase tiene métodos para ejecutar consultas SQL, insertar registros y cerrar la

conexión. Se utiliza el archivo "wp-config.php" para obtener los parámetros de configuración de la base de datos. En resumen, este código permite interactuar con la base de datos de forma sencilla y eficiente.

Figura 54

Archivos de conexión

```
/public_html/proyecto_files/php/conexion.php

1 <?php
2 require_once ('wp-config.php');
3
4 class Database {
5     private $conexion;
6
7     public function __construct() {
8         $this->conexion = new mysqli(DB_HOST, DB_USER, DB_PASSWORD, DB_NAME);
9
10        if ($this->conexion->connect_errno) {
11            die('Error de conexión: ' . $this->conexion->connect_error);
12        }
13    }
14
15    public function insertarEnQuery($query) {
16        $resultado = $this->conexion->query($query);
17
18        if ($resultado) {
19            return "ok";
20        } else {
21            return 'Error al insertar la consulta: ' . $this->conexion->error;
22        }
23    }
24 }
25
```

El código proporciona un controlador para manejar solicitudes GET y POST. En el bloque de código GET, se manejan varias acciones según los parámetros proporcionados. Estas acciones incluyen "setTag" para actualizar el estado de un competidor en base a un código de etiqueta, "setTrack" para guardar información de seguimiento de un competidor, "buscarEvAll" para obtener todos los eventos disponibles, y "buscarEv" para obtener información detallada de un evento específico. En el bloque de código POST, no se realiza ninguna acción específica. El código

utiliza la clase "Database" definida en el archivo "conexion.php" para manejar la conexión y las consultas a la base de datos.

Figura 55

Archivos de conexión

/public_html/proyecto_files/php/controller.php

```

1 <?php
2 require_once('conexion.php');
3 date_default_timezone_set('America/Guayaquil');
4 //GET
5 if ($_SERVER['REQUEST_METHOD'] == 'GET') {
6     if (isset($_GET['accion']) && $_GET['accion'] == "setTag") {
7         if (isset($_GET['codigo'])) {
8             $codigo = $_GET['codigo']; //variable serie del gps
9             if (isset($_GET['fecha'])) {
10                $fechaActual = $_GET['fecha'];
11            } else {
12                $fechaActual = date("Y-m-d H:i:s");
13            }
14            $database = new Database();
15
16            $query = "UPDATE tbl_personas
17 INNER JOIN tbl_evento ON tbl_personas.ev_id = tbl_evento.ev_id
18 SET tbl_personas.per_estado = 'FINALIZADO', tbl_personas.per_fin = '" . $fechaActual . "'
19 , tbl_personas.per_puesto = (select max(IFNULL(x.per_puesto, 1))+1 from tbl_personas x where x.e
20 tbl_personas.ev_id)
21 WHERE tbl_personas.per_estado = 'EN PROGRESO' AND tbl_personas.per_codigo = '" . $codigo . "'";
22 try {
23     $result = $database->insertarEnQuery($query);
24     echo json_encode($result);

```

El código proporciona la configuración base para WordPress en el archivo "wp-config.php". Aquí se especifican los ajustes de MySQL, las claves secretas de autenticación, el prefijo de las tablas de la base de datos y la ruta absoluta de la instalación de WordPress.

En la sección de configuración de MySQL, se definen los siguientes valores:

- Nombre de la base de datos: id20909094_watertrackecbdd
- Usuario de la base de datos: id20909094_sa
- Contraseña de la base de datos: Watertrackec@123
- Host de MySQL: localhost

Luego, se definen las claves secretas de autenticación, las cuales se utilizan para garantizar la seguridad de las cookies generadas por WordPress. Estas claves se pueden generar utilizando el servicio de secret-key de WordPress.

Finalmente, se establece el prefijo de las tablas de la base de datos como wp_, aunque puedes cambiarlo a otro valor si lo deseas.

Figura 56

Configuración base de datos para Wordpress

`/public_html/proyecto_files/php/wp-config.php`

```
1 <?php
2 /**
3  * The base configuration for WordPress
4  *
5  * The wp-config.php creation script uses this file during the
6  * installation. You don't have to use the web site, you can
7  * copy this file to "wp-config.php" and fill in the values.
8  *
9  * This file contains the following configurations:
10 *
11 * * MySQL settings
12 * * Secret keys
13 * * Database table prefix
14 * * ABSPATH
15 *
16 * @link https://codex.wordpress.org/Editing_wp-config.php
17 *
18 * @package WordPress
19 */
20
21 // ** MySQL settings - You can get this info from your web host ** //
22 /** The name of the database for WordPress */
23 define( 'DB_NAME', 'id20909094_watertrackecbdd' );
24
25 /** MySQL database username */
```

4. Capítulo IV

En este capítulo se va realiza las pruebas de funcionamiento en todas las partes de sistema ya sea de forma individual o en conjunto para verificar que cada una de ellas cumplan su función de forma correcta. Empezamos con la validación de unidades donde se realizan pruebas de cada dispositivo de los sistemas de cronometraje y de posicionamiento por separado, estas pruebas se las realiza en un área de trabajo controlada, una vez realizadas las pruebas de forma individual se procede a realizar el encapsulado de las placas del sistema de posicionamiento ya que estas deben ser impermeabilizadas de tal forma que puedan ser portadas por el nadador, estas pruebas se las realizara en un ambiente real el cual es las orillas del Lago San Pablo.

Finalmente se realiza un breve análisis para ver si el proyecto cumple con los requisitos propuestos y si es necesario realizar algún cambio en alguna parte del proyecto.

4.1. Validación de unidades

Esta verificación de funcionamiento se la separo en tres partes, empezamos con el sistema de cronometraje, de igual manera comprobar que funcionen los componentes del sistema de posicionamiento y para finalmente mostrar las pruebas de funcionamiento de la plataforma IoT.

4.1.1. Sistema de cronometraje

El sistema de cronometraje se realiza las pruebas de funcionamiento de un módulo RTC Ds3231, el cual nos permite tener una hora con mayor precisión, continuamos con el funcionamiento del lector de etiquetas RFID RC522 y finalmente se realiza una prueba de toma de tiempo comprobando que el sistema de cronometraje funciona de forma correcta, tanto en la programación como en la conexión del circuito.

4.1.1.1. Funcionamiento de lector de etiquetas RFID RC522

Para verificar el funcionamiento del lector se establece un código principal para la lectura de tarjetas RFID, en el cual primeramente se comprueba si hay una nueva tarjeta RFID, una vez que detecta una nueva tarjeta procede a leer el UID (Identificador único) el cual está representado por un valor hexadecimal, luego se concatena los bytes del UID en una cadena de caracteres, teniendo en cuenta que cada Byte este asignado dos caracteres en valores hexadecimales. Finalmente se imprime el identificador de cada tag en el monitor serial.

Para esta prueba se pasan una tarjeta RFID por la zona de radiación de la antena y los cuales son detectados por el lector y son transmitidos para poder observar los códigos de cada tag.

Se observa como el código identificativo del tag RFID se muestra en el monitor serial.

Figura 57

Lecturas de tags RFID

```

54   if ( ! mfr522.PICC_IsNewCardPresent() ) {
55       return; }
56
57   if ( ! mfr522.PICC_ReadCardSerial() ) {
58       return; }
59
60   String content= "";
61   byte letter;
62   for (byte i = 0; i < mfr522.uid.size; i++)
63   {
64       content.concat(String(mfr522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
65       content.concat(String(mfr522.uid.uidByte[i], HEX));
66       Serial.println(content.substring(1));
67   }

```

Output Serial Monitor ×

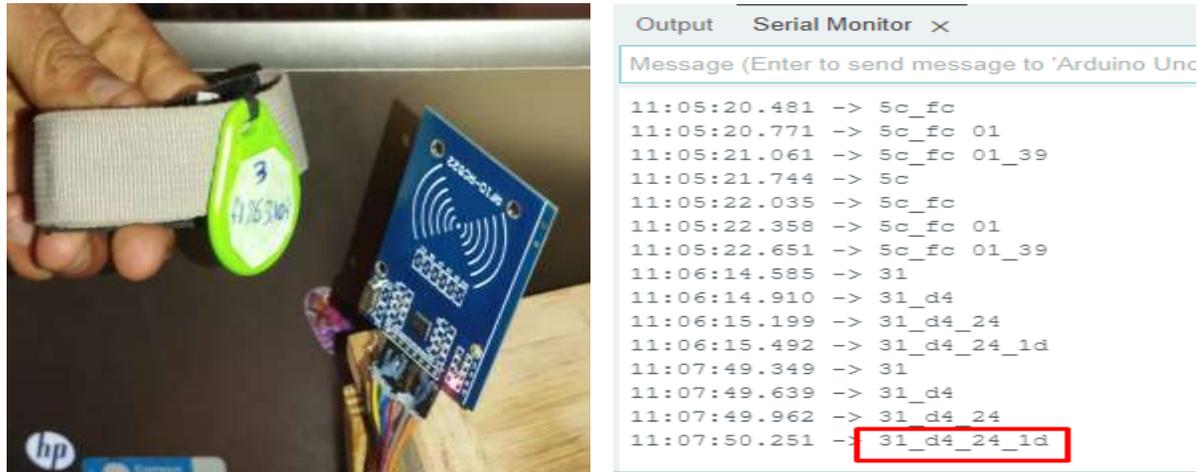
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM3')

```

13:54:23.991 -> f1 26 3d
13:54:23.991 -> f1 26 3d 0f
13:54:24.024 -> f1
13:54:24.024 -> f1 26

```

Este es la placa lectora RFID RC 522 el cual es el encargado de detectar algún tag RFID que cruce por su campo de radiación.

Figura 58*Lector de tarjetas RFID RC522*

4.1.1.2. Funcionamiento del módulo Esp8266

Una vez mostrado el código hexadecimal del en el monitor serial es necesario subirlo a nuestra base de datos en el servidor WEB, de eso se encarga el módulo ESP8266 el cual se encuentra conectado a una red Wifi con acceso a internet y enviara la información a una base de datos de la plataforma web, esta se encarga de mostrar los datos de una forma más clara y sencilla, esto lo comprobamos dando clic en el enlace que nos muestra la plataforma.

Figura 25*Envío del URL con el código hexadecimal a la base de datos*

En la base de datos se puede observar usando el administrador PhpMyAdmin y en la tabla **tbl_personas** se observa como el estado del de la persona que se registró con ese código hexadecimal cambia de EN PROGRESO a FINALIZADO, y a su vez se registra la hora exacta

cuando este dato fue registrado, de esta manera se puede obtener el tiempo de competencia haciendo una resta de la hora registrada por el tag RFID y la hora establecida en la tabla de **tbl_evento** en el evento y la hora registrada

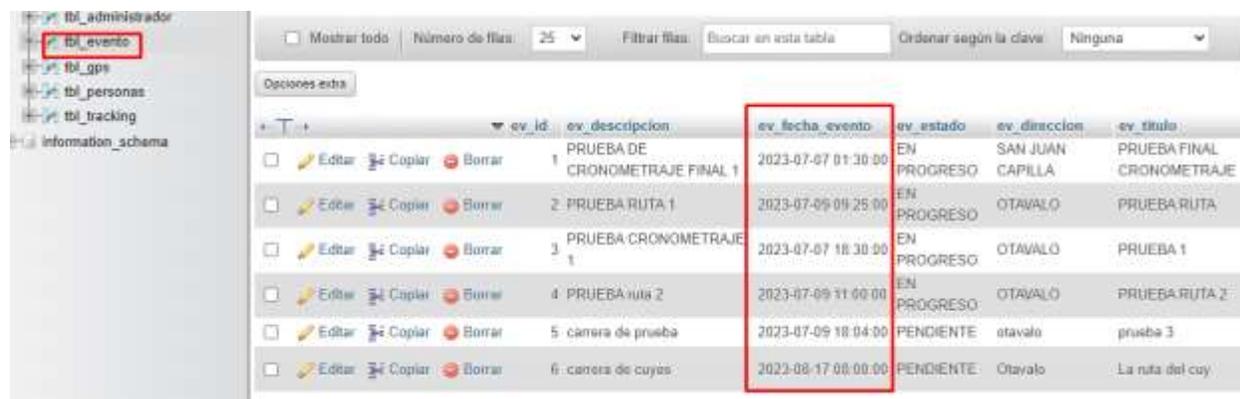
Figura 60

Tabla de personas

per_nombre	per_genero	per_edad	per_categoria	per_equipo	per_residencia	per_inicio	per_fin	per_estado	gps_id	per_codigo	ev_id
Camila Gomez	Femenino	30	Senior	UTN	Otavalo	NULL	2023-07-09 11:34:49	FINALIZADO	id042	31_d4_24_1d	
Competidor 1	Masculino	28	Senior	Farmaenlace	Ibarra	NULL	2023-07-08 01:32:40	EN PROGRESO	id001	39_8e_81_4a	
Competidor 2	Masculino	29	Senior	Sindicato de Cheferes	Ibarra	NULL	NULL	EN PROGRESO	id032	53_d2_51_32	
Competidor 4	Masculino	30	Senior	UTN	Otavalo	NULL	NULL	EN PROGRESO	id034	31_d4_24_1c	

Figura 61

Hora de cada competencia



ev_id	ev_descripcion	ev_fecha_evento	ev_estado	ev_direccion	ev_titulo
1	PRUEBA DE CRONOMETRAJE FINAL 1	2023-07-07 01:30:00	EN PROGRESO	SAN JUAN CAPILLA	PRUEBA FINAL CRONOMETRAJE
2	PRUEBA RUTA 1	2023-07-09 09:25:00	EN PROGRESO	OTAVALO	PRUEBARUTA
3	PRUEBA CRONOMETRAJE 1	2023-07-07 18:30:00	EN PROGRESO	OTAVALO	PRUEBA 1
4	PRUEBA RUTA 2	2023-07-09 11:00:00	EN PROGRESO	OTAVALO	PRUEBARUTA 2
5	carera de prueba	2023-07-09 18:04:00	PENDIENTE	otavalo	prueba 3
6	carera de cuyas	2023-08-17 00:00:00	PENDIENTE	Otavalo	La ruta del cuy

4.1.2. Sistema de posicionamiento

En las pruebas de funcionamiento del sistema de posicionamiento es necesario revisar varios subsistemas por separado, empezando por el funcionamiento del módulo GPS v3 neo, el módulo GSM y finalmente comprobar que los datos se suban a la nube y puedan ser visualizados.

4.1.2.1. Funcionamiento módulo GPS v3 neo

Una vez que el módulo se encuentre correctamente conectado este empezará a buscar de forma automática coordenadas GPS que le permitirá obtener su ubicación, es necesario mencionar que puede tardar un lapso de tiempo en que el modulo determine la señal de forma más precisa este tiempo puede varias por muchas circunstancias como serian la ubicación geográfica , interferencia en la señal o en si la calidad del módulo GPS , una vez captada la suficiente señal de los satélites este empezara a transmitir datos de ubicación mediante su interfaz serial

Podemos observar el código principal para la lectura básica de las coordenadas dadas por el módulo GPS, posteriormente para poder analizar y extraer estos datos para su posterior utilización utilizamos la librería TinyGPS++. Los datos que el GPS son datos NMEA, los cuales son datos que contienen información sobre latitud, longitud, velocidad, dirección y tiempo.

Figura 62

Establecemos la comunicación con el GPS

```
void loop()
{
  while (gpsSerial.available() > 0)
  |   Serial.write(gpsSerial.read());
}
```

Se obtiene los siguientes resultados en su lectura básica del módulo GPS, cabe resaltar que en este ejemplo de la figura el módulo GPS está iniciando su funcionamiento por lo que brinda los datos 9.99 y 0.00, sin embargo, una vez que este funcione correctamente mostrará coordenadas verídicas.

Figura 63*Obtención de datos GPS*

```

test-gps.ino
1  #include <SoftwareSerial.h>
2
3  #define rxPin 8
4  #define txPin 9
5  SoftwareSerial gpsSerial(rxPin,txPin);
6
7  void setup()
8  {
9  //Begin serial communication with Arduino
Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM5')
GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
GPVIG,,,,,,,,,N*30
GPGGA,,,,,0,00,99.99,,,,,*48
GPGSA,A,1,,,,,,,,,99.99,99.99,99.99*30
GPGLL,,,,,V,N*64
GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
GPVIG,,,,,,,,,N*30
GPGGA,,,,,0,00,99.99,,,,,*48
GPGSA,A,1,,,,,,,,,99.99,99.99,99.99*30

```

Verificamos el funcionamiento del dispositivo GPS observando que su led rojo se enciende y empieza a buscar su posición GPS y enviar las coordenadas de NMEA.

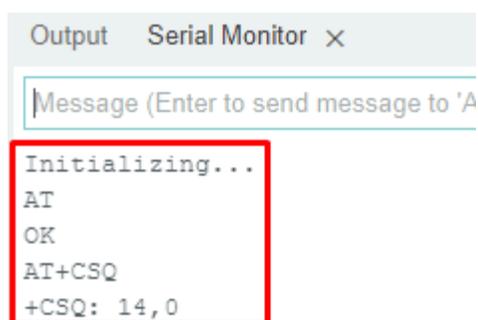
Figura 64*Dispositivo GPS NEO v3*

4.1.2.2. Funcionamiento módulo GSM

El módulo GSM se conecta con arduino de forma serial y requiere una alimentación de 3,3 V. Una vez correctamente conectado este puede ser configurado mediante comandos AT a través de una interfaz serial, el modulo responde a estos comandos AT mediante mensajes que muestran el estado de las operaciones solicitadas.

Figura 65

Inicialización del módulo GSM



```

Output  Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'A
Initializing...
AT
OK
AT+CSQ
+CSQ: 14,0
  
```

En la siguiente figura se muestran el código para enviar los comandos AT desde la placa Arduino hacia el módulo GSM.

Figura 66

Comandos AT para comunicación entre arduino y módulo GSM

```

mySerial.println("AT"); //Once the handshake test is successful, it will back to OK
updateSerial();
mySerial.println("AT+CSQ"); //Signal quality test, value range is 0-31 , 31 is the best
updateSerial();
mySerial.println("AT+CCID"); //Read SIM information to confirm whether the SIM is plugged
updateSerial();
mySerial.println("AT+CREG?"); //Check whether it has registered in the network
updateSerial();
  
```

La última imagen mostrada de esta sección es la respuesta a los dos últimos comandos AT implementados, donde el comando AT+CCID muestra el número de identificación del SIM Card y el comando AT+GREG se utiliza para devolver el estado del registro en la red: Registrado / no registrado

Figura 67

Respuesta comando AT

```

Output  Serial Monitor x
Message (Enter to send message)

AT+CCID
8959300450518705978f

OK
AT+CREG?
+CREG: 0,1

OK

```

Observamos que el dispositivo GSM debe portar una tarjeta SIM de una operadora local para poder enviar los comando AT que necesita para su comunicación, de igual manera cuenta con leds de verificación de funcionamiento.

Figura 68

Dispositivo GSM



4.1.2.3. Comprobación del envío de coordenadas a la base de datos

En la figura inferior se observa la comunicación serial entre el Arduino con el central del sistema de geolocalización, donde se marca la latitud y la longitud que brinda el módulo GPS y el link que organiza la placa Arduino que apunta al archivo de programación “gpsdata.php” que se encarga de insertar datos en la data base del servidor en la nube. (Los datos son longitud y latitud).

Figura 69

Comunicación entre arduino y el modulo GPS

```
Latitude= 0.315634 Longitude= -78.121834
http://[redacted]00webhostapp.com/gpsdata.php?lat=0.315634&lng=-78.121834
```

Los datos especificados en la sección de arriba se almacenan en la base de datos MySQL se van almacenando las coordenadas geográficas en sus respectivos campos a la vez que se genera una hora de registro muy importante para poder observar las rutas. Hay que considerar el campo de **ev_id** y **gps_id**, estos van a relacionar las coordenadas al evento y al competidor que se encuentre registrado con ese **gps_id**.

Figura 70

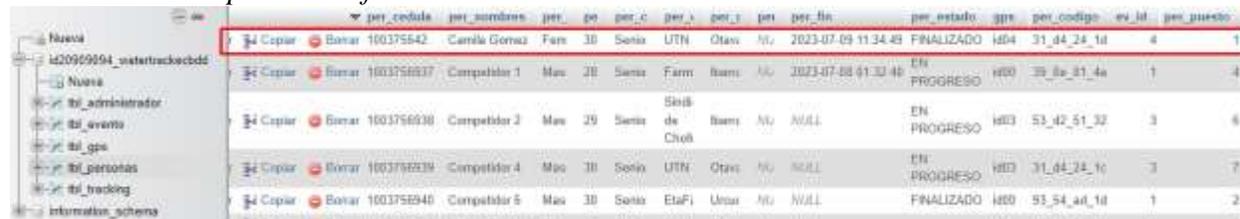
Datos almacenados en la base MySQL



ev_id	gps_id	per_cedula	atitud	longitud	fecha
1	id002	1003756938	0.3392	-78.1222	2023-06-25 15:00:00
1	id002	1003756938	0.2266	-78.26	2023-06-25 15:30:00
1	id003	1003756939	0.3392	-78.1221	2023-06-25 15:00:00
1	id003	1003756939	0.2267	-78.261	2023-06-25 15:30:00
1	id003	1003756939	0.2268	-78.261	2023-06-27 06:40:18
1	id003	1003756939	0.2269	-78.262	2023-06-27 06:47:18
1	id003	1003756939	0.227	-78.263	2023-06-27 06:48:42
1	id003	1003756939	0.227	-78.263	2023-06-26 23:51:08
1	id003	1003756939	0.216	-78.235	2023-07-07 08:15:57
3	id006	1004160055	0.3394	-78.1223	2023-07-07 13:24:34

Figura 71

Resultados de la prueba de funcionamiento



per_cedula	per_nombre	per_ap	per_c	per_s	per_s	per_s	per_s	per_estado	gps	per_codigo	ev_id	per_puesto
1003756942	Camila Gomez	Fern	3B	Serie	UTN	Otavi	NI	2023-07-09 11:34:49	FINALIZADO	104	31_d4_24_1d	4
1003756937	Competidor 1	Mas	2B	Serie	Farm	Itam	NI	2023-07-08 01:32:40	EN PROGRESO	100	39_d4_21_4a	1
1003756938	Competidor 2	Mas	2B	Serie	de	Itam	NI	NULL	EN PROGRESO	103	53_d2_51_32	3
1003756939	Competidor 4	Mas	3B	Serie	UTN	Otavi	NI	NULL	EN PROGRESO	103	31_d4_24_1c	3
1003756940	Competidor 5	Mas	3B	Serie	EtaFI	Unas	NI	NULL	FINALIZADO	100	93_54_ad_1d	1

Figura 72

Tabla de resultados

2023-07-09 11:00:00

PRUEBA ruta 2



4.1.Pruebas de Implementación

La prueba de implementación se las va a realizar en dos etapas, la primera consiste en ensamblar el prototipo WATERTRACK y se las realizara de la siguiente manera, primero una prueba de funcionamiento con el sistema de posicionamiento dentro de un encapsulado que ira en la parte de la espalda baja del deportista también se debe impermeabilizar este sistema encapsulado y probarlo sumergiéndolo en agua y finalmente se realizara una prueba de campo en el lago San Pablo.

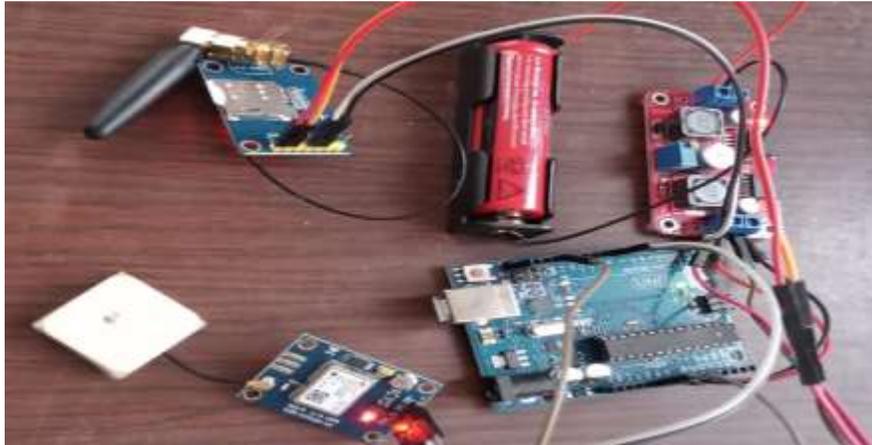
4.1.1. Pruebas de encapsulado

El sistema de cronometraje y posicionamiento WATERTRACK debe ser un prototipo portable por el nadador, en este caso basándonos en las entrevistas realizadas a deportistas con experiencia en este tipo de carreras se estableció que el lugar donde debería portar el dispositivo

rastreador y que menos interfiere con el movimiento de libre de la natación es en la parte baja de la espalda, es por ello que es necesario encapsular las placas que intervienen en el sistema de posicionamiento.

Figura 73

Sistema de posicionamiento previo a su encapsulación

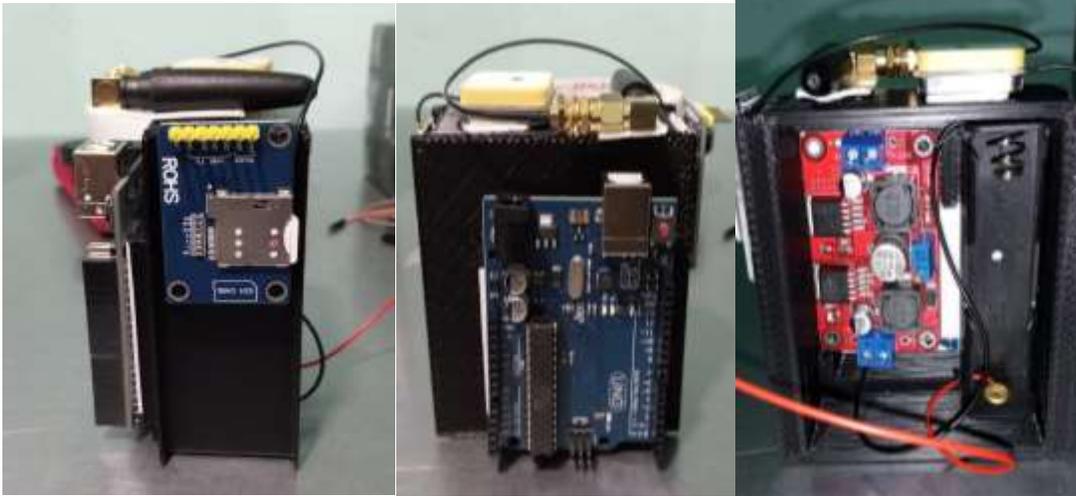


El diseño de la cápsula que portará el sistema de posicionamiento se lo diseñará con el programa llamado SOLIDWORKS (ver Anexo 1), este programa nos permite realizar impresiones en impresoras 3D en un material denominado plástico PLA, y que a su vez este encapsulado será enganchado a un cinturón elástico. Una vez realizado el encapsulado se procede a realizar una prueba de campo en un circuito sobre tierra previamente establecido.

El sistema encapsulado consta de dos piezas, la primera es el esqueleto (Fig. 75), donde se colocarán todos los módulos y la placa de desarrollo arduino UNO y la segunda que se encarga de encapsular todo el esqueleto con el sistema de sistema de posicionamiento.

Figura 74

Esqueleto del prototipo que contiene todos los módulos y placas del rastreador



Una vez colocadas todas las piezas se procede a realizar el cableado de las placas basándonos en los diagramas de conexión del sistema de posicionamiento, teniendo el sistema funcional dentro de la primera pieza, esta se coloca dentro de la capsula para posteriormente impermeabilizarlo.

Figura 75

Encapsulado WATERTRACK



Una vez que él se encuentra la capsula cerrada es necesario colocar un empaque de caucho para que no exista punto de fuga en el encapsulado.

Figura 76

Empaque de caucho colocado en la tapa de la cápsula



4.1.2. Pruebas de impermeabilidad

Una vez realizado el encapsulado y verificando el correcto funcionamiento del sistema de posicionamiento es necesario impermeabilizarlo debido a que es un sistema diseñado para nadadores de aguas abiertas, para esto se utilizará un sellador de silicona y resina epoxi, estos materiales son altamente utilizados en la parte industrial para impermeabilizar las placas de circuitos de lavadoras y otros dispositivos eléctricos y electrónicos que trabajan en ambientes húmedos o sumergidos en agua.

La resina epóxica se la utilizara en la carcasa de plástico PLA para sellar cualquier tipo de imperfección de la superficie que permita filtrar agua, y además en las partes fijas como serian la placa de desarrollo, regulador de voltaje y los módulos GPS y GSM, para los puntos de conexión y protección de los cables se utilizará un sellador de silicona. La resina epoxica viene en dos sustancias la primera es la resina y la segunda es el catalizador que al juntarlos empezar el proceso de secado y endurecimiento.

Figura 77

Colocación de resina epoxica en la capsula del dispositivo WaterTrack

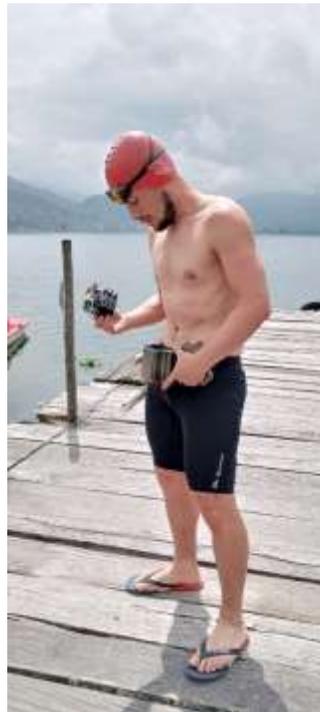


Una vez impermeabilizado el circuito encapsulado se procede a hacer unas pruebas de inmersión en agua y de igual manera se debe realizar las pruebas de comprobación del correcto funcionamiento y sobre todo que no exista ninguna filtración y para evitar un cortocircuito.

funcionamiento del mismo.

Figura 78

Nadador colocándose el dispositivo rastreador



Mientras el nadador realiza el recorrido establecido podemos ir observando que los puntos se van marcando en el mapa con un lapso de 30 segundos y de esta manera podemos observar el recorrido del nadador, así como también las coordenadas como se van almacenando en nuestra base de datos.

Figura 79

Recorrido del nadador mostrado en la página web

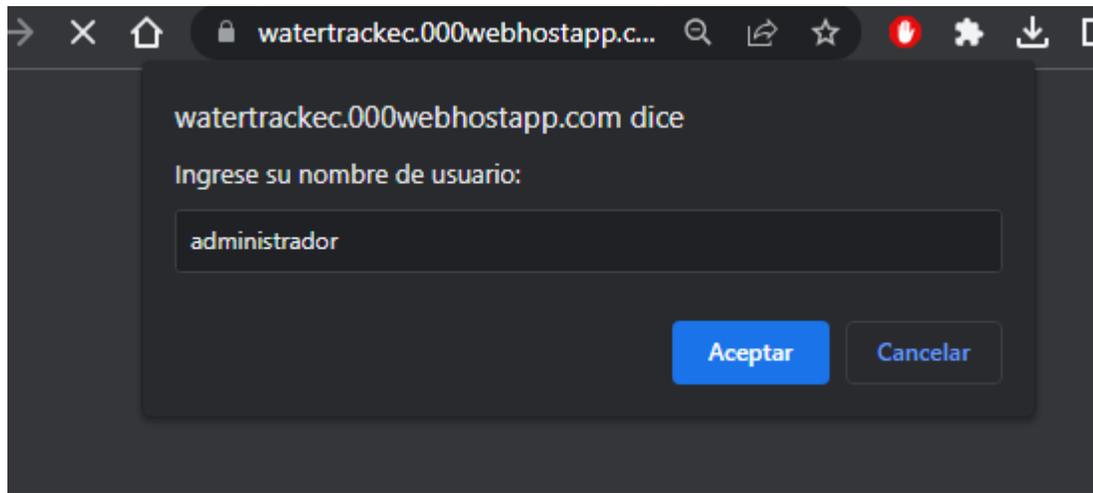
4.1.3. Prueba Final

La prueba final será simular una competencia de aguas abiertas, se realiza con 4 nadadores que portarán cada uno de ellos un tag RFID , los tags están registrados con sus nombres y podrán de esta manera poder registrar su tiempo de competición además de ello un competidor portará el prototipo de rastreo denominado WATERTRACK para poder registrar la ruta establecida por este nadador, los nadadores deben recorrer un circuito establecido en las aguas Lago San Pablo, este circuito será de alrededor de 100m en el muelle de Pucará de Velásquez, este lugar es el propicio para poder realizar un simulacro de una competencia de aguas abiertas, el protocolo a seguir se establece en la guía oficial de Aguas Abiertas establecido por la World Aquatics (World aquatics, 2021), la hora de partida se establecerá a las 13h30.

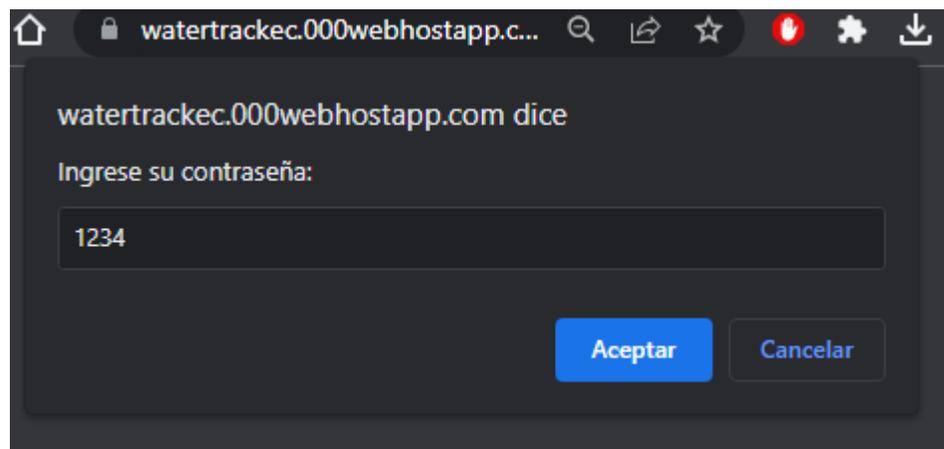
Pero antes de realizar esta prueba de natación es necesario realizar una serie de pasos previos necesarios para generar la carrera.

4.1.3.1. Creación del evento deportivo

Para la creación del evento es necesario iniciar sesión en el perfil de administrador el cual podemos acceder por medio de este link, <https://watertrackec.000webhostapp.com/admin/> , aquí vamos a tener que registrarnos para ingresar a la página de administrador. El nombre de usuario es **administrador**.

Figura 80*Registro de usuario*

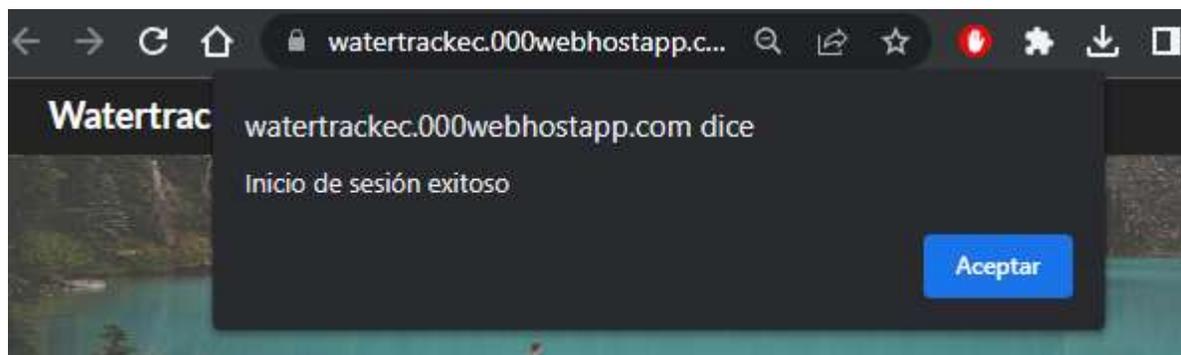
De igual manera es necesario poner la contraseña la cual es **1234**, y damos clic en aceptar y si las credenciales son correctas tenemos acceso a la creación de carreras.

Figura 81*Ingreso de contraseña*

El mensaje de inicio de sesión exitoso comprueba el correcto acceso.

Figura 82

Notificación de inicio de sesión exitoso



En el siguiente formulario vamos a proporcionar todos los detalles de la competencia como es el título, una descripción, fecha y hora del evento y una dirección en donde se desarrollará, en este caso hemos puesto de nombre del evento **PRUEBA FINAL**. Una vez lleno los campos vamos a dar clic en guardar.

Figura 83

Formulario de registro de eventos

A screenshot of a web form titled 'Administración' for event registration. The form fields are as follows:

- TÍTULO: PRUEBA FINAL
- DESCRIPCIÓN: PRUEBA FINAL DEL PROYECTO WATERTRACK
- FECHA Y HORA DEL EVENTO: 10/07/2023 13:30
- ESTADO: PENDIENTE (dropdown menu)
- DIRECCIÓN: OTAVALO
- OBSERVACIÓN: CON TAG RFID Y UNOS CON DISPOSITIVO GPS

At the bottom of the form, there are three buttons: 'Guardar' (highlighted with a red box), 'Nuevo', and 'Cargar'.

4.1.3.2.Registro de los nadadores

Podemos observar cómo se despliegan todas las competencias previamente registradas y entre ellas la competencia **PRUEBA FINAL**, ahí vamos a dar clic en cargar y procedemos a registrar a los competidores

Figura 84

Registro de los nadadores



Figura 85

Registro de competidores en la plataforma

Título	Estado	Descripción	Fecha y hora del evento	Dirección	Observación	Cargar Evento
La ruta del cuy	PENDIENTE	carrera de cuyes	2023-08-17 08:00:00	Otavaló	Solo cuyes de raza	Cargar
PRUEBA FINAL	PENDIENTE	PRUEBA FINAL DEL PROYECTO WATERTRACK	2023-07-10 13:30:00	OTAVALO	4 COMPETIDORES CON TAG RFID Y UNOS CON DISPOSITIVO GPS	Cargar
prueba 3	PENDIENTE	carrera de prueba	2023-07-09 18:04:00	otavaló		Cargar
PRUEBA RUTA 2	EN PROGRESO	PRUEBA ruta 2	2023-07-09 11:00:00	OTAVALO		Cargar
PRUEBA RUTA	EN PROGRESO	PRUEBA RUTA 1	2023-07-09 09:25:00	OTAVALO		Cargar

Se llena los campos como nombre cedula edad, categoría, pero es muy importante que el administrador proporcione el valor de **GPS** y **CODIGO**, el valor de GPS es un valor identificativo con el que se registra al dispositivo rastreador, y en CODIGO se refiere al código

hexadecimal que tiene cada tarjeta RFID, debido a estos son identificativos únicos de los dispositivos de rastreo y cronometraje que va a portar el competidor, una vez lleno los campos damos clic en guardar y vemos como nos confirma que el registro es exitoso.

Figura 86*Registro competidor TAG1*

watertrackec.000webhostapp.com dice
Competidor guardado.

Editar Nuevo Cargar

Aceptar

CEDULA: 100000001 NOMBRES: TAG 1 EDAD: 20

GENERO: MASCULINO CATEGORÍA: SENIOR EQUIPO: UTN

RESIDENCIA: OTAVALO GPS: ID001 CODIGO: 39_8e_81_4a

Guardar Competidor Nuevo

No hay competidores.

De igual manera el competidor 2 el cual le ponemos el nombre de TAG 2, para mejor identificación del competidor.

Figura 87*Registro competidor TAG2*

watertrackec.000webhostapp.com dice
Competidor guardado.

Editar Nuevo Cargar

Aceptar

CEDULA: 100000002 NOMBRES: TAG 2 EDAD: 28

GENERO: MASCULINO CATEGORÍA: SENIOR EQUIPO: UTN

RESIDENCIA: Otavalo GPS: id002 CODIGO: 53_d2_51_32

Guardar Competidor Nuevo

De igual manera el competidor 3 el cual le ponemos el nombre de TAG 3, para mejor identificación del competidor.

Figura 88

Registro competidor TAG 3

watertrackec.000webhostapp.com dice
Competidor guardado.

Aceptar

CEDULA: 100000003 NOMBRES: TAG 3 EDAD: 43

GENERO: FEMENINO CATEGORÍA: SENIOR EQUIPO: UTN

RESIDENCIA: Otavalo GPS: id003 CODIGO: 31_d4_24_1d

Guardar Competidor Nuevo

Cédula	Nombres	Edad	Género	Categoría	Equipo	Residencia	Gps	Código		
100000001	TAG 1	20	Masculino	Senior	UTN	OTAWALO	ID001	39_8e_81_4a	Editar	Borrar
100000002	TAG 2	28	Masculino	Senior	UTN	Otavalo	id002	53_d2_51_32	Editar	Borrar

De igual manera el competidor 4 el cual le ponemos el nombre de TAG 4 GPS123, debido a que el portará el prototipo de rastreador GPS y podrá marcar la ruta. Para verificar que los datos se cargaron correctamente se comprueba en la base de datos en la tabla eventos y personas

Figura 89

Tabla de eventos

ID	Nombre	Fecha	Estado	Lugar	Descripción
1	PRUEBA DE CRONOMETRAJE FINAL 1	2023-07-07 01:30:00	EN PROGRESO	SAN JUAN CAPILLA	PRUEBA FINAL CRONOMETRAJE
2	PRUEBA RUTA 1	2023-07-09 09:25:00	EN PROGRESO	OTAWALO	PRUEBA RUTA
3	PRUEBA CRONOMETRAJE 1	2023-07-07 18:30:00	EN PROGRESO	OTAWALO	PRUEBA 1
4	PRUEBA ruta 2	2023-07-09 11:00:00	EN PROGRESO	OTAWALO	PRUEBA RUTA 2
5	camara de prueba	2023-07-09 16:04:00	PENDIENTE	otavalo	prueba 3
6	carrota de coyas	2023-08-17 08:00:00	PENDIENTE	Otavalo	La ruta del cuy, Solo coyas de raza
7	PROYECTO WATERTRACK	2023-07-10 13:30:00	PENDIENTE	OTAWALO	PRUEBA FINAL 4 COMPETIDORES CON TAG RFID Y LINKS CON DISPOSITIVO...

En la tabla de personas de igual manera se observa los competidores registrados para esa competencia, así como también se les asignó un **ev_id** correspondiente al identificador que se le asignó a ese evento.

Figura 90

Verificación del registro de los competidores

per_codigo	per_nombre	per_genero	per_edad	per_categoria	per_equipo	per_residencia	per_fecha	per_fin	per_estado	per_ev_id	per_codigo	per_pos	per_puesto
99900001	TAG 1	Masculino	20	Senior	UTN	OTAWA	NULL	NULL		0001	31_04_21_18	7	0
99900002	TAG 2	Masculino	28	Senior	UTN	Ottawa	NULL	NULL		0002	31_02_21_18	7	0
99900003	TAG 3	Femenino	43	Senior	UTN	Ottawa	NULL	NULL		0003	31_04_21_18	7	0
99900004	TAG 4 (PMS)	Masculino	60	Senior	UTN	Ottawa	NULL	NULL		0004	31_04_21_18	7	0
90775642	Carla Gomez	Femenino	30	Senior	UTN	Ottawa	NULL	2023-07-08 11:34:48	FINALIZADO	0042	31_04_21_18	4	1
90775637	Competidor 1	Masculino	28	Senior	Federacion	ibarra	NULL	2023-07-08 01:32:40	EN PROGRESO	0001	31_04_21_18	1	4
90775638	Competidor 2	Masculino	29	Senior	Sindicato de Choferes	ibarra	NULL	NULL	EN PROGRESO	0002	31_04_21_18	3	0
90775639	Competidor 4	Masculino	30	Senior	UTN	Ottawa	NULL	NULL	EN PROGRESO	0004	31_04_21_18	3	7

4.1.3.3. Inicio de competencia y seguimiento de los competidores

Si nosotros verificamos en el link de nuestra página web que se muestra a continuación, <https://watertrackec.000webhostapp.com/>, aquí es necesario colocar una fecha de inicio y una fecha de fin de búsqueda para que este pueda realizar una búsqueda de todas las competencias ocurridas en ese lapso de tiempo.

Figura 91*Búsqueda de competencias registradas*

ID	Título	Fecha	
1	PRUEBA FINAL CRONOMETRAJE	2023-07-07 01:30:00	Ver
2	PRUEBA RUTA	2023-07-09 09:25:00	Ver
3	PRUEBA 1	2023-07-07 18:30:00	Ver
4	PRUEBA RUTA 2	2023-07-09 11:00:00	Ver
5	prueba 3	2023-07-09 18:04:00	Ver
7	PRUEBA FINAL	2023-07-10 13:30:00	Ver

A dar clic en **VER** y se despliega los datos de la competencia como son los competidores registrados, pero ninguno de ellos posee un tiempo porque la competencia aún no ha iniciado.

Figura 92*Competencia Prueba final*

PRUEBA FINAL

2023-07-10 13:30:00

PRUEBA FINAL DEL PROYECTO WATERTRACK

Puesto	Nombres	Categoría	Tiempo	
0	TAG 1	Senior	S/I	Ver
0	TAG 2	Senior	S/I	Ver
0	TAG 3	Senior	S/I	Ver
0	TAG 4 GPS1	Senior	S/I	Ver

Damos inicio a la competencia donde los cuatro competidores realizan el recorrido.

Figura 93*Recorrido de la competencia*

Se realizará una primera fase de registro de nadadores e identificación de sus respectivos tags RFID, y posterior a ello se muestra el desarrollo de la competencia.

Figura 94

Competidores durante la prueba de funcionamiento



Finalmente comprobamos abriendo el link de la plataforma web, donde se muestra el recorrido establecido por el nadador y el tiempo registrado por los 4 competidores.

Figura 95

Presentación de los resultados y de la prueba de funcionamiento en un ambiente real

PRUEBA FINAL DEL PROYECTO WATERTRACK

¡Ganadores!

	 TAG 2	 TAG 1	 TAG 4 GPS1	
Puesto	Nombres	Categoría	Tiempo	
1	TAG 2	Senior	00:21:43	Ver
2	TAG 1	Senior	00:22:17	Ver
3	TAG 4 GPS1	Senior	00:22:50	Ver
4	TAG 3	Senior	00:23:23	Ver

Y finalmente en el competidor TAG 4 GP1 al dar clic en **VER** se podrá observar la ruta establecida por ese nadador.

Figura 96

Registro del recorrido del competidor TAG4 GPS 1

4	TAG 3	Senior	00:02:37	Ver
3	TAG 4 GPS1	Senior	00:03:29	Ver
4	TAG 1	Senior	00:03:47	Ver



Una vez realizadas las pruebas de implementación y comprobado el correcto funcionamiento del sistema encapsulado comprobamos que los requerimientos establecidos se cumplan de una forma correcta.

Empezamos con los requerimientos de Stakeholders donde se cumplieron con las necesidades, metas y expectativas que los usuarios tienen del presente proyecto. En el contexto del desarrollo del sistema, los requisitos del usuario nos permitieron ser una entrada fundamental de información para poder realizar el proceso de diseño y desarrollo. De esta forma se pudo garantizar que el producto cumpla con las necesidades de los usuarios previstos y sea útil, usable y deseable, el método que usamos para recolectar esta información es una entrevista. Los requisitos del sistema se cumplieron de tal forma que las necesidades y restricciones del prototipo se cumplan. Se tomó en cuenta cumplir con los requisitos de hardware, como la cantidad de memoria o espacio de almacenamiento necesarios que nos brindó de forma gratuita la plataforma 000webhost, el requisito del software nos pedía establecer la versión del sistema operativo y la compatibilidad con otras aplicaciones y servicios web.

El cumplimiento de los requisitos de arquitectura en software y hardware permitieron cumplir con todas aquellas necesidades y restricciones que se debieron tomar en cuenta al diseñar la arquitectura de un sistema.

Conclusiones

- Se realizó un sistema de cronometraje automático con control de posicionamiento de los nadadores para poder aplicarlo a la gestión de travesías natatorias en aguas abiertas
- Se analizaron varias bibliografías referentes a las competencias de aguas abiertas, mismas que demuestran que el mejor método de cronometraje es el cronometraje RFID por su efectividad al momento de la toma de datos.
- La metodología en cascada permite el desarrollo de una manera adecuada el proyecto ya que satisface los requerimientos del sistema y las posibles correcciones durante el desarrollo del mismo debido a que consta de una etapa final de

mantenimiento resulto ser el más adecuado debido a que me permitió realizar un cambio en la fase de diseño e implementación.

- Una vez realizadas las entrevistas a los nadadores se establece que el mejor lugar donde un nadador podría llevar un encapsulado que contenga el sistema de posicionamiento GPS es en la parte de la espalda baja, este es el lugar que menos interfiere con el libre movimiento de la natación y por ende el nadador no se sentiría invadido o incomodo durante la competición.
- Tener una plataforma para la visualización de la información es muy importante, pero debemos tomar en cuenta que esta nos brinde varias prestaciones como serian, manejar una base de datos y permitir vincularse con el sistema de google Maps.
- Antes de realizar unas pruebas finales en un lugar que asemeje a una travesía natatoria es necesario establecer un orden progresivo de pruebas de funcionamiento como serian, las pruebas individuales de cada dispositivo, pruebas en conjunto y por ultimo las pruebas de impermeabilidad.

Recomendaciones

- Realizar una correcta revisión de las fuentes bibliográficas referentes a natación en aguas abiertas para identificar los aspectos fundamentales que se deben tomar en cuenta en las competencias natatorias, como son los sistemas de cronometrajes y la organización del evento tomando en cuenta las necesidades de los competidores, personal de apoyo y público asistente. Así también realizar un pequeño estudio de cómo se ven avenido dando las competencias de natación en especial en la del cruce del lago San Pablo.
- Dependiendo del tipo de proyecto o investigación que se realice la metodología debe ser distinta de tal forma que cumpla en su totalidad las necesidades del proyecto, ya que esto es fundamental durante el desarrollo del mismo y así poder llegar un resultado de una forma más concisa y si es necesario poder realizar

cambios en alguna parte del proceso del proyecto, en mi caso la metodología en cascada fue la idónea para poder desarrollar el prototipo WaterTrack.

- Aparte de busca la mejor solución tecnológica, también se debe tomar en cuenta el lugar donde se lo va a aplicar la solución tecnológica, este caso al ser un dispositivo que debe ser portado por el nadador, se recomienda realizar varias pruebas nado con el dispositivo colocado en varias partes del nadador buscando el mejor sitio, en el caso del WaterTrack se optó que el lugar idóneo es en el parte de la espalda baja
- Los servicios en línea gratuitos pueden darnos una gran variedad de prestaciones para poder trabajar incluso igual a los servicios de hosting pagados. Además, que mucho de ellos nos permite vincularse con el sistema de google Maps.
- El sistema WATERTRACK arrojó resultados fiables ya que el cronometraje se realizó correctamente e indicó el posicionamiento en tiempo real luego de las pruebas de funcionamiento realizadas, tanto en las pruebas individuales como en las pruebas conjuntas. Las condiciones que más se asemejaban a una competencia de aguas abiertas se las encontró en el Lago San Pablo, del cantón Otavalo, por lo cual se precedió al marcaje de una ruta natatoria que permitió evaluar los parámetros necesarios para el cronometraje y el posicionamiento.

5. ANEXOS:

5.1. ANEXO 1: Manual de usuario de la plataforma WaterTrack

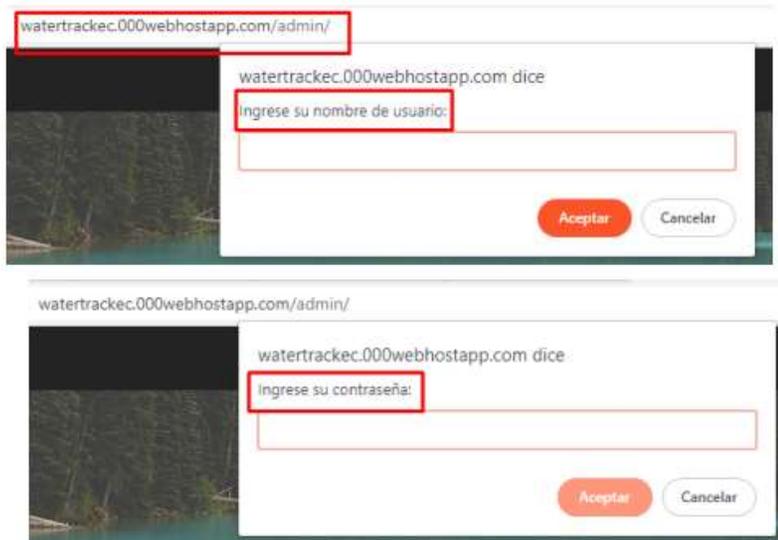




5.2.ANEXO 2: Manual de administración de la plataforma WaterTrack

Plataforma atlética watertrackec

Manual de administración



Paso 1

Ingrese a la plataforma web:
<https://watertrackec.000webhostapp.com/admin>
 Brindar su usuario y contraseña de administrador

Administración

TÍTULO:

FECHA Y HORA DEL EVENTO: ESTADO:

DIRECCIÓN: OBSERVACIÓN:

Paso 2

Utilizando el botón "Nuevo" se nos brinda una interfaz gráfica para la creación de nuevos eventos con su respectiva información

Título	Estado	Descripción	Fecha y hora del evento	Dirección	Observación	Cargar Evento
La ruta del cuy	PENDIENTE	carrera de cuyes	2023-08-17 08:00:00	Otavaló	Solo cuyes de raza	<input type="button" value="Cargar"/>
prueba 3	PENDIENTE	carrera de prueba	2023-07-09 18:04:00	otavaló		<input type="button" value="Cargar"/>
PRUEBA RUTA 2	EN PROGRESO	PRUEBA ruta 2	2023-07-09 11:00:00	OTAVALO		<input type="button" value="Cargar"/>

Paso 3

En el botón "Cargar", se nos muestra todas las competencias existentes (con sus respectivos datos principales).

Cabe aclarar que los estados "PENDIENTE" y "EN PROGRESO" quieren decir que la carrera aún no acaba, mientras que el estado "FINALIZADA" quiere decir que esta terminó y no podrá ser modificada.

CEDULA:	NOMBRES:	EDAD:						
GENERO: MASCULINO	CATEGORIA: SENIOR	EQUIPO:						
RESIDENCIA:	GPS:	CODIGO:						
<input type="button" value="Guardar Competidor"/> <input type="button" value="Nuevo"/>								
Cédula	Nombres	Edad	Género	Categoría	Equipo	Residencia	Gps	Código
3003923040	Melina Cisneros	28	Femenino	Senior	Linices	Otavaló	id051	T2_de_34_04
<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Borrar"/>								
Título	Estado	Descripción	Fecha y hora del evento	Dirección	Observación	Cargar Evento		
La ruta del cuy	PENDIENTE	carrera de cuyes	2023-08-17 08:00:00	Otavaló	Solo cuyes de raza	<input type="button" value="Cargar"/>		

Paso 4
Usando el botón "Cargar" en eventos no finalizados, nos permite colocar nuevos competidores y observar una lista de los registrados (donde podemos eliminarlos o editarlos en la misma interfaz gráfica).

5.3.ANEXO 3: Entrevista realizada al nadador Carlos Granada

Entrevista Nadadores

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO Y CRONOMETRAJE AUTOMÁTICO PARA CARRERAS EN AGUAS ABIERTAS (WATERTRACK)

NOMBRE: Melina Cisneros

1. Cuáles han sido las principales competencias de aguas abiertas en las que ha participado?
2. Cree usted que el cronometraje es una parte fundamental en una travesía natatoria?
3. Qué sistemas de cronometraje a utilizado en sus competencias?
 - Manual
 - Semiautomático
 - Automático
4. Conoce o posee información acerca del cronometraje con chip RFID?
5. Cuáles cree usted que son los principales inconvenientes por parte de la organización en las competencias que ha participado?
6. Cree usted conveniente que el nadador porte un dispositivo GPS que realice un seguimiento de este durante la travesía notoria y que a su vez esta información se la pueda ver en una plataforma en tiempo real.
7. Conoce de alguna competencia en el Ecuador que dé seguimiento en carrera a cada nadador?

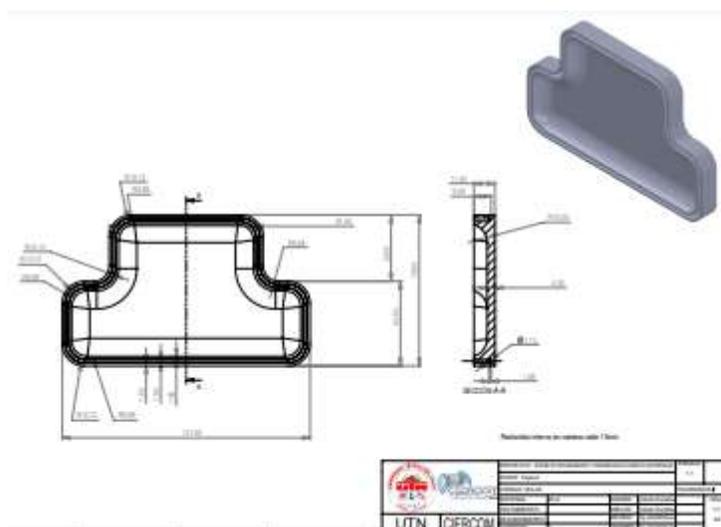
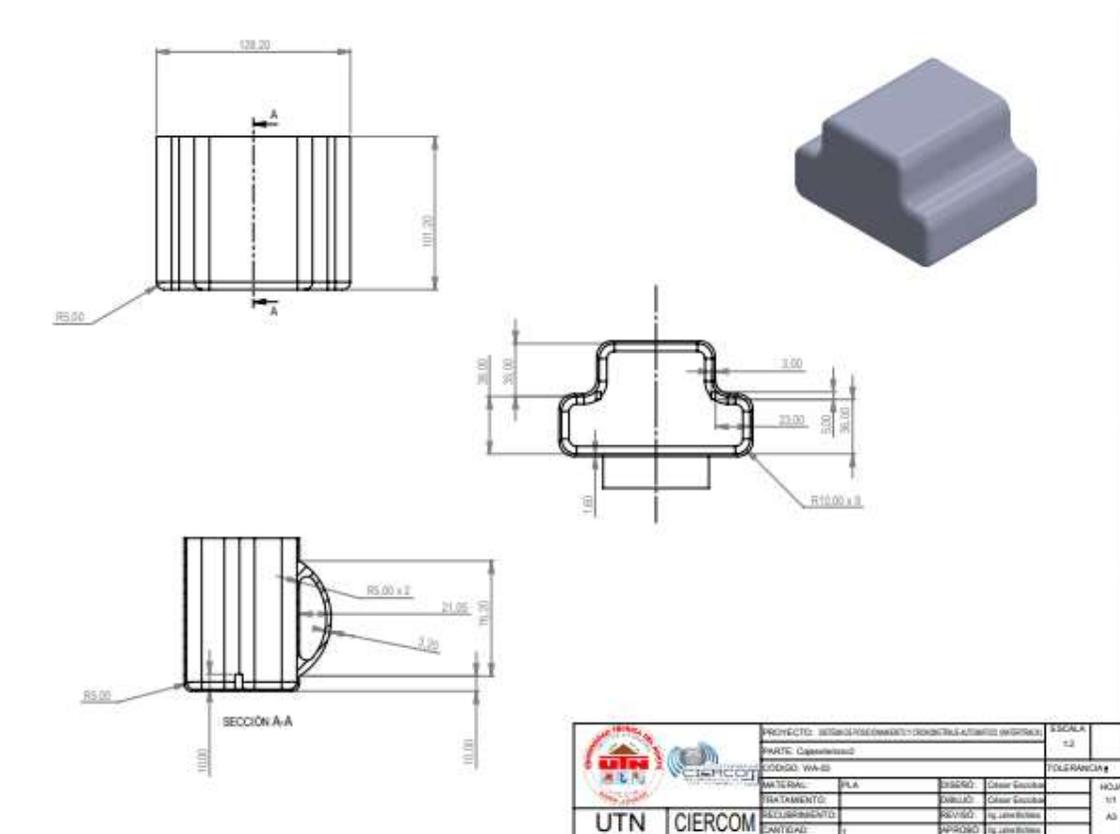
8. Cree usted que el peso de un dispositivo GPS que permita realizar el seguimiento al nadador debe ser imperceptible para el nadador?

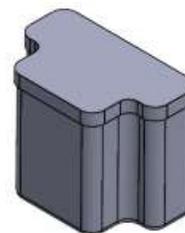
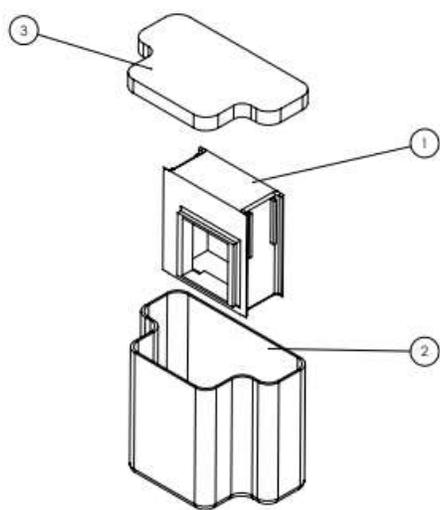
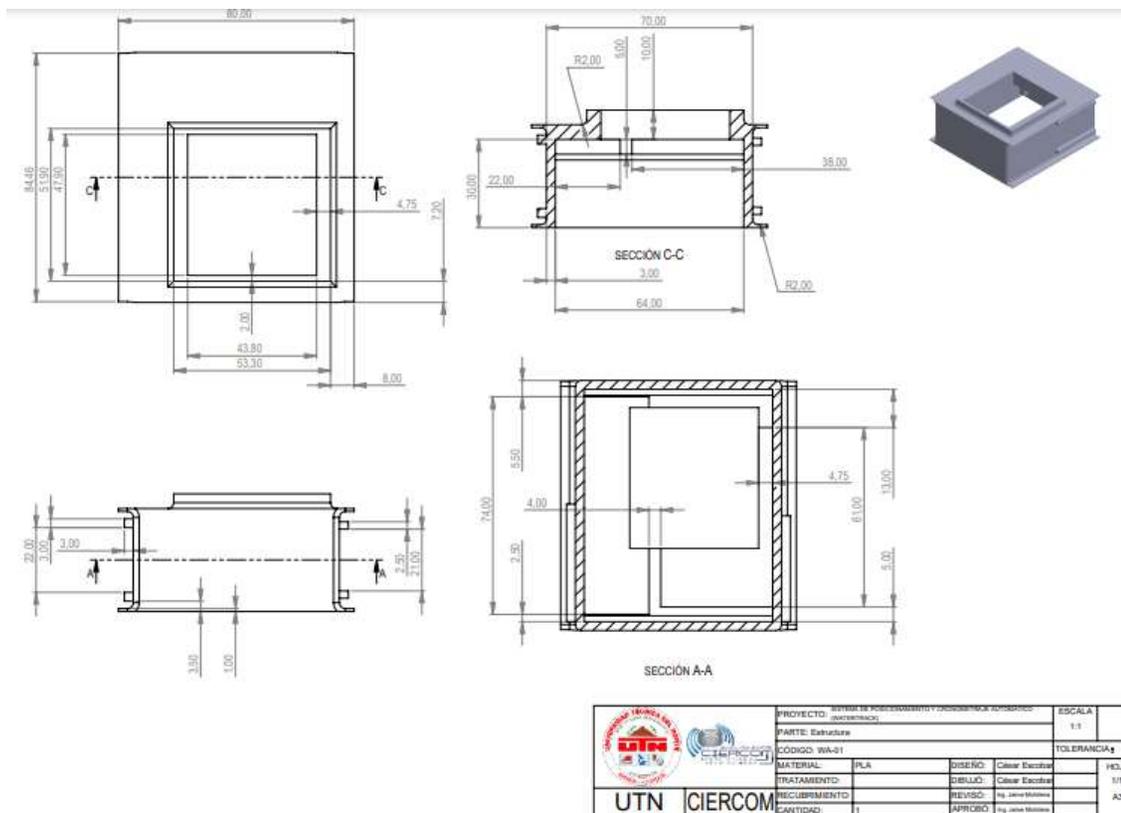
9. ¿Cuál cree usted que sería el lugar adecuado para llevar el dispositivo GPS?

10.Cuál cree usted que sería la forma más adecuada de publicar los resultados finales de la competencia?

- Impreso en un mural,
- plataforma web
- redes sociales.

5.5.ANEXO 5: Planos de diseño de la capsula impresa en 3D





N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CODIGO	MATERIAL	PARTE
3	Tapav2		1	WA-02	PLA	Tapo Exterior
2	Cajaxteriores2		1	WA-03	PLA	Caja Exterior
1	Estructura		1	WA-01	PLA	Estructura

PROYECTO	SISTEMA DE FUNDACIONES Y OBRAS DE ARTESANÍA			ESCALA	1:2
PARTE	Ensamblaje Wadental			TOLERANCIA	
CODIGO	WA-04	DISEÑO	César Escobar	HOJA	
MATERIAL	PLA	DEBLADO	César Escobar	1/1	
TRATAMIENTO		REVISÓ	Ing. Jaime Salinas	A3	
RECUBRIMIENTO		APROBÓ	Ing. Jaime Salinas		
CANTIDAD	1				

Referencias

Alliance LoRa. (2015). *lorawan Specifications*.

arduino, P. (s.f.).

Barros, A., & Delgado, P. (2017). *Desarrollo de un prototipo de sistema de cronometraje para competencias atléticas de la universidad*.

Bertoletti, P., & Leca. (2019).

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Doi0DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=\(Bertoletti,+Paiotti,+%26+Leca,+2019\).+LORA&ots=mBqoDnmKkh&sig=oRJQcL9YJL06vXkVGUdlJ55s0ko#v=onepage&q=\(Bertoletti%2C%20Paiotti%2C%20%26%20Leca%2C%202019\).%20LORA&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Doi0DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=(Bertoletti,+Paiotti,+%26+Leca,+2019).+LORA&ots=mBqoDnmKkh&sig=oRJQcL9YJL06vXkVGUdlJ55s0ko#v=onepage&q=(Bertoletti%2C%20Paiotti%2C%20%26%20Leca%2C%202019).%20LORA&f=false)

Camana, R. (2015). <https://robertocamana.wordpress.com/2014/07/15/cronometraje-generacion-datos/> **

Carlos Rodriguez, J. M. (2006).

<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/5321/IIT-05-035A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Comercio, G. E. (Noviembre de 2019). <https://www.elcomercio.com/deportes/otros/travesia-bahia-san-vicente-natacion.html>

Coral, J. (Agosto de 2013). <https://somosdelmismobarro.blogspot.com/2013/09/el-21-de-septiembre-sera-el-cruce-al.html>

DB media . (2020). https://es.dbpedia.org/page/High-Speed_Packet_Access

Diez, S. (2015). *Universitri*. <https://www.universitri.com/natacion-en-aguas-abiertas-aprende-desde-cero/>

- Digital Guide IONOS. (2019). *IONOS*. IONOS: <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/el-modelo-en-cascada/>
- Earth, G. (s.f.). *google earth*. google earth: <https://www.google.com/intl/es/earth/>
- Edukativos. (2023). https://edukativos.com/apuntes/archives/7636#Red_inalambrica
- El Universo. (2015). *El Universo*. El Universo: <https://www.eluniverso.com/deportes/2013/10/28/nota/1646591/mundial-natacion-legado-chiriboga/>
- Electrónica, S. (s.f.). <https://www.sigmaelectronica.net/producto/rfid-rc522/#:~:text=RFID%20DRC522%20Dispositivo%20lector%20para,encriccion%20CRYPTO1%2C%20y%20productos%20RFID.DS>
- Escobar , G., & Hernandez, V. (2020). <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/e67c53c5-1651-4147-8877-d1e28beb7321/content>
- Eugenio. (19 de Octubre de 2011). <https://www.alaguamasters.com/2011/10/curiosidades-sobre-la-conversion-manual.html>
- Expectativa, L. (2017). <https://www.expectativa.ec/xxi-travesia-a-la-laguna-cuicocha/>
- Federico, N. (2015). <https://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/distribuidos/material/monografias/RedesGSM.pdf>
- Hofmann-Wellenhof, B. (2007). *GNSS-Global Navigation Satellite*.
- Hostinger*. (2023). <https://www.hostinger.es/tutoriales/que-es-un-hosting>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (9 de Septiembre de 2015). <http://ubicamovil.blogspot.com/2015/09/conoce-el-funcionamiento-del-gps.html>

Jhonatan, P. (Diciembre de 2008). *Repositorio.tec.mx*. Repositorio.tec.mx:

<https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/629547/33068001073900.pdf?s>

Koo, J. M., & García H, A. (2019). *Aplicacion de internet de las cosas para identificar factores de riesgo en ambientes industriales*.

Lobo, Y. (2020). *Cronometraje Instantaneo*. Cronometraje instantaneo:

<https://cronometrajeinstantaneo.com/blog/crono-deportes/natacion-en-aguas-abiertas/>

Marketing, E. d. (2019). [https://tec-mex.com.mx/que-son-las-etiquetas-rfid-](https://tec-mex.com.mx/que-son-las-etiquetas-rfid-activas/#:~:text=La%20etiqueta%20RFID%20activa%2C%20la%20cual%20depende%20del%20uso%20de,un%20interrogador%20(o%20lector).)

[activas/#:~:text=La%20etiqueta%20RFID%20activa%2C%20la%20cual%20depende%20del%20uso%20de,un%20interrogador%20\(o%20lector\).](https://tec-mex.com.mx/que-son-las-etiquetas-rfid-activas/#:~:text=La%20etiqueta%20RFID%20activa%2C%20la%20cual%20depende%20del%20uso%20de,un%20interrogador%20(o%20lector).)

Oscar, M. (2021). [https://tracktherace.com/blog/academy/natacion-en-aguas-abiertas-](https://tracktherace.com/blog/academy/natacion-en-aguas-abiertas-definiciones-y-terminos-relacionados/)
[definiciones-y-terminos-relacionados/](https://tracktherace.com/blog/academy/natacion-en-aguas-abiertas-definiciones-y-terminos-relacionados/)

Otavalo, G. (2021). [http://www.otavalo.gob.ec/noticias/item/1760-travesia-natatoria-59-](http://www.otavalo.gob.ec/noticias/item/1760-travesia-natatoria-59-otavalo.html#:~:text=Otavalo%20recibe%20desde%20hace%2081,en%20las%20Fiestas%20del%20Yamor.)

[otavalo.html#:~:text=Otavalo%20recibe%20desde%20hace%2081,en%20las%20Fiestas%20del%20Yamor.](http://www.otavalo.gob.ec/noticias/item/1760-travesia-natatoria-59-otavalo.html#:~:text=Otavalo%20recibe%20desde%20hace%2081,en%20las%20Fiestas%20del%20Yamor.)

Otavalo, L. C. (2022). *Facebook*.

Paulin, H. (2020). *Scribd*. Scribd.

proceso, M. d. (2010). <https://parasitovirtual.wordpress.com/2010/06/20/modelo-en-cascada/>

PROFILBARU.COM. (2015). *PROFILBARU.COM*. PROFILBARU.COM:

<https://profilbaru.com/es/Beidou>

Ramon, P. (2015).

<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/28428/tfgRamonPerezHernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodriguez, F. (2012). <http://uniminuto-dspace.scimago.es:8080/handle/10656/2376>

Rojas, C. A. (07 de Septiembre de 2017). *El Comercio*.

<https://www.elcomercio.com/deportes/deportes-natacion-cruce-lago-sanpablo.html>

Sáez, I. P. (2019). <https://www.incibe.es/incibe-cert/blog/iot-protocolos-comunicacion-ataques-y-recomendaciones>

Shi, W. (s.f.).

https://www.researchgate.net/publication/303094065_The_Promise_of_Edge_Computing

Shim, T. (2023). <https://www.webhostingsecretrevealed.net/es/blog/web-hosting-guides/000webhost-review/>

Sigfox. (2020). <https://sigfox.com.py/que-es-sigfox/>

Stoffregen, P. (s.f.). *arduinolibraries.com*. arduinolibraries.com:

<https://www.arduinolibraries.info/libraries/alt-soft-serial>

Tobón, A., González, E., Villarreal, L., Avellán, E., & Santamaria, J. (2020).

https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/PLAN-NACIONAL-REACTIVACI%C3%93N-OK-1_compressed.pdf

Uvidia, C., & Samaniego, B. (2021). *Sistema de Scada para variables eléctricas*.

Valencia, A. (2015). [https://otavalo.org/primera-](https://otavalo.org/primera-travesia/#:~:text=Ciudad%20de%20Otavalo&text=Cientos%20de%20nadadores%20se%20dan,septiembre%20de%20todos%20los%20a%C3%B1os)

[travesia/#:~:text=Ciudad%20de%20Otavalo&text=Cientos%20de%20nadadores%20se%20dan,septiembre%20de%20todos%20los%20a%C3%B1os](https://otavalo.org/primera-travesia/#:~:text=Ciudad%20de%20Otavalo&text=Cientos%20de%20nadadores%20se%20dan,septiembre%20de%20todos%20los%20a%C3%B1os).

W, S., & Dustdar. (2016). *The promise of edge computing Computer*.

Wikiwand. (2023). https://www.wikiwand.com/es/Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil_3G

Wikiwand. (2023). *Wikiwand.com*.

https://www.wikiwand.com/es/Sistema_global_de_navegaci%C3%B3n_por_sat%C3%A1lite

- World aquatics. (2021). *World aquatics*. World Aquatics: <https://www.worldaquatics.com/about>
- Banda, A., Barrera, W., Cuevas, O., Garzón, J., Gómez, A., González, J., Martínez, J., Mendoza, N., Peña, L. B., & Sarmiento, I. (1997). Acerca del sistema de posicionamiento global (GPS). *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 6(1–2), 39–59. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/70791>
- Barlier, F., C., B., Bonnefond, P., Exertier
- , P., Laurain, O., Mangin, J. F., & Torre, J. . (2001). Laser-based validation of GLONASS orbits by short-arc technique. *Journal of Geodesy*, 75.
- Bustamante, J., & Enrique, G. (2012). *Aplicación de Nuevas Tecnologías y Nuevos Modelos de Arquitecturas de Red con Bajo COSTE y eficiente Calidad de Servicio , para la Implementación de Servicios Básicos de Telecomunicaciones , Internet , Voz y Vídeo , para localidades pobres y aisladas de P.* 188–194.
- Cerda, W. T. (2019). Diseño de un prototipo electrónico para el encendido del vehículo Renault Logan, mediante tecnología NFC y rastreo satelital-GPS. *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10961>
- FAR-EDGE. (2017). *Project: FAR-EDGE H2020*. <http://www.faredge.eu/#/>
- Gedeon, J., Brandherm, F., Egert, R., Grube, T., & Mühlhäuser, M. (2019). What the Fog? Edge Computing Revisited: Promises, Applications and Future Challenges. In *IEEE Access* (Vol. 7). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2948399>
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2007). *GNSS—global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Springer Science & Business Media.
- México, C. C. De, Arturo, R., & Medina, S. (2008). *Sistema de Localización en Tiempo Real basado en Identificación por Radio Frecuencia Activa*. Instituto Tecnológico y de Estudios

Superiores de Monterrey.

Rysavy, P. (2011). Wide-Area Wireless Computing. *UBM TechWeb*.

Shi, W., & Dustdar, S. (2016). *The Promise of Edge Computing*. 18, Cloud Cover.

Tadakamadla, S. (2006). Indoor local positioning system for zigbee, based on RSSI. *Mid Sweden University*, January 2006, 60.

<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Indoor+Local+Positioning+System+For+ZigBee,+Based+On+RSSI#0%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Indoor+local+positioning+system+for+zigbee,+based+on+RSSI#0>

Zhang, S. (2015, March 31). Satélite de navegación Beidou de China entra de nuevo en período de lanzamiento intensivo. *China News Network*.