

Universidad Autónoma de Baja California

Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño



Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería



Diseño e Implementación de un Sistema Electrónico con Telemetría

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

MAESTRO EN INGENIERÍA

Presenta

Juan Alberto Gómez Liera

Ensenada, Baja California, Abril 2015

Universidad Autónoma de Baja California

Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño

Diseño e Implementación de un Sistema Electrónico con Telemetría

TESIS

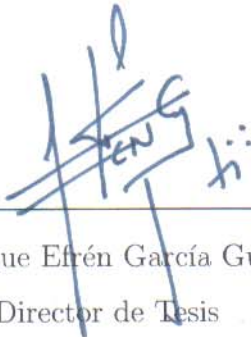
que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

MAESTRO EN INGENIERÍA

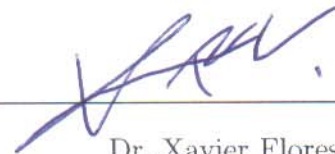
Presenta

Juan Alberto Gómez Liera

Aprobada por:



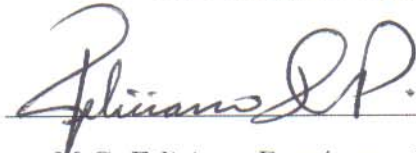
Dr. Enrique Efrén García Guerrero
Director de Tesis



Dr. Xavier Flores Vidal
Co-Director de Tesis



Dr. Everardo Inzunza González
Miembro del Comité



M.C. Feliciano Domínguez Preciado
Miembro del Comité



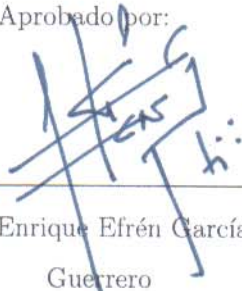
Dr. Oscar Roberto López Bonilla
Miembro del Comité

Ensenada, Baja California, Abril 2015.

Resumen de la tesis de **Juan Alberto Gómez Liera**, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN INGENIERÍA del programa de Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería (MYDCI) de la UABC. Ensenada, Baja California, México, Abril 2015.

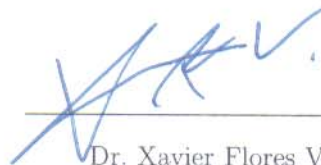
Diseño e Implementación de un Sistema Electrónico con Telemetría

Resumen Aprobado por:



Dr. Enrique Efrén García
Guerrero

Director de Tesis



Dr. Xavier Flores Vidal

Co-Director de Tesis

En este trabajo de tesis se presenta el diseño e implementación de un sistema electrónico con telemetría GPRS (General Packet Radio Service) instalado en boyas de deriva autónomas. El dispositivo contempla telemetría *open-source* de bajo costo, acoplado con un GPS (Global Positioning System) y un sensor de temperatura. El instrumento es sencillo y práctico pero con calidad para la investigación científica, a fin de que intercomunique instrumentos oceanográficos instalados en la zona costera con servidores de cómputo que proveen el servicio de observatorios oceanográficos en tiempo real. La telemetría utiliza proveedores locales de telefonía celular, misma que cubre hasta 20 Km de la costa. Las boyas de deriva a través del sistema electrónico desarrollado tienen como objetivo medir temperatura y corrientes marinas superficiales, cuyos datos son enviados en tiempo real al observatorio regional costero OORCo, de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC).


Palabras Clave: *GPRS, GPS, Sensores, Telemetría, Boya*

Design and Implementation of an Electronic System with Telemetry

Abstract approved by:



Dr. Enrique Efrén García
Guerrero
Director de Tesis



Dr. Xavier Flores Vidal
Co-Director de Tesis

This thesis presents the design and implementation of an electronic system with GPRS telemetry installed in ocean drifters. The device includes low-cost open-source telemetry, coupled with a GPS and a temperature sensor. The instrument is simple and practical, but with scientific quality. It intercommunicate oceanographic instruments installed in the coastal ocean with computer servers that provides services as oceanographic observatory in real time. The telemetry uses local cell phone network which covers up to 20 km offshore. The outcome ocean drifters has the capability of measures surface temperature and surface currents. Data are sent in real time to regional coastal observatory OORCo, of the Autonomous University of Baja California.

keywords: *GPRS, GPS, Sensors, Telemetry, Buoy*

Dedicatoria

Para mi abuelo Adalberto Liera Minar “Suguy” y a mi padre Juan Ramón Gómez Ruvalcaba “El Tigre”. Quines han sido, son y siempre serán mi ejemplo a seguir, mi orgullo como hombres, y mi motivación para ser mejor día con día.

Agradecimientos

A mis padres, Juan Ramón Gómez Ruvalcaba y María del Carmen Liera Núñez, por el apoyo incondicional brindado a lo largo de mi vida y en especial durante esta etapa.

A mi hermano, Israel Gómez Liera, por contar sus chistes cuando me miraba estresado, por hacerme perder el tiempo jugando FIFA en la madrugada, por hacerme gastar la beca en sus ocurrencias, por haberme enseñado a como vencer los obstáculos que se me han ido presentando a lo largo de este camino y principalmente por ser el mejor hermano que jamás pude haber tenido. Gracias por hacerme creer que nada en este mundo es imposible.

A mi novia Marylena Gómez Vázquez, por haberme apoyado a lo largo de esta etapa de mi vida, por su compañía a altas horas de la madrugada, por su atención brindada tanto en mi vida personal, amorosa como laboral, por hacerme ver los pequeños detalles ortográficos, por hacerme reír en momentos de estrés, por sacarme de mi estrés laboral al llevarme a pescar y principalmente por ser una gran mujer a mi lado.

A mi Nana, Consuelo Nuñez campos por aguantar a mis estados de delirios y estrés en el transcurso de esta etapa de mi vida.

A toda mi familia por su gran apoyo.

Un, dos, tres por mi novia y a toda su familia.

Especialmente a Tía Luly, por sus correcciones y paciencia.

A mi Director de tesis, Dr. Enrique Efrén García Guerrero y Co-director de tesis, Dr. Xavier Flores Vidal, por el apoyo brindado desde el inicio de esta etapa, así como sus observaciones durante el desarrollo de este trabajo, las cuales fueron acertadas en tiempo y lugar.

A mis Sinodales, Dr. Everardo Inzunza, M.I Feliciano Domínguez y al Dr. Oscar L. Bonilla por sus observaciones y esos pequeños trucos que me brindaron otra perspectiva para la resolución de problemas que se fueron presentando a lo largo de este trabajo.

Al Dr. Reginaldo Durazo, Dr. Ruben Castro, M.I Luis Felipe Navarro e Ing. Andres Sandoval por sus críticas constructivas y aportaciones innovadoras.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado y a la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño (FIAD), y al Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) por las facilidades otorgadas para la realización de éste trabajo.

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Planteamiento del problema	4
1.2. Objetivo General	5
1.3. Objetivos Particulares	5
1.4. Justificación	5
1.5. Limitaciones del trabajo	7
1.6. Organización	8
2. Desarrollo e instrumentación del dispositivo	9
2.1. Descripción general del dispositivo	9
2.2. Descripción del Hardware	12
2.2.1. Microcontrolador	12
2.2.2. Sistema de comunicación	19
2.2.3. Sistema satelital de navegación global (GPS)	21
2.2.4. Sensor de temperatura	31
2.2.5. Suministro de energía y medición del voltaje de la batería	34
2.3. Software	37
2.3.1. Rutina de comunicación vía telemetría GPRS	37
2.3.2. Rutina de lectura de la señal GPS	41
2.3.3. Rutina de lectura del sensor de temperatura	44
2.3.4. Rutina de lectura del voltaje de la batería	46

2.3.5. Programa general: Integración de las rutinas	48
2.4. Pruebas experimentales	48
2.4.1. Prueba de Laboratorio	49
2.4.2. Pruebas de Campo	61
3. Resultados experimentales	66
3.1. Resultados de laboratorio	66
3.2. Resultados de campo	76
4. Discusiones y conclusiones	81
4.1. Trabajos futuros	86
4.2. Programa: Sistema de comunicación	88
4.3. Programa: Sistema de posicionamiento global	92
4.4. Programa: Adquisición de temperatura	96
4.5. Programa: Medidor de batería	97
4.6. Programa: Boya de deriva	98
4.7. Programa: Calibración	106
4.8. Programa: Mensaje de texto	107
5. Bibliografía	108

Índice de figuras

2.1. Diagrama a bloques del sistema electrónico con telemetría.	11
2.2. Arduino UNO R-3	18
2.3. Sistema de Comunicación EFCOM.	21
2.4. Esquema del sistema GNSS.	24
2.5. Mapa de sistemas de aumento GNSS [12].	26
2.6. Cobertura del sistema de aumento WAAS.	27
2.7. GPS Venus638-FLPx con antena.	30
2.8. Sensor de temperatura DS18B20.	33
2.9. Divisor de Tensión.	35
2.10. Divisor de voltaje implementado en la placa Arduino UNO R-3.	36
2.11. Diagrama de flujo del sistema de comunicación.	40
2.12. Diagrama de flujo del sistema de posicionamiento global.	43
2.13. Diagrama de flujo del sensor de temperatura.	45
2.14. Diagrama de flujo de la lectura de voltaje.	47
2.15. Prueba de comandos AT.	50
2.16. Prueba de envío de datos a teléfono celular.	51
2.17. Prueba de GPS marca Venus	52
2.18. Prueba del sensor de temperatura Dallas DS18B20	53
2.19. Sistema de comunicación, GPS, sensor de temperatura y Arduino para envío de datos.	54
2.20. Medición de corriente del instrumento.	55

2.21. Prueba de efectividad de suministros de energía.	57
2.22. Diagrama de la boya de deriva implementada.	59
2.23. Prueba de flotabilidad 1.	60
2.24. Prueba de flotabilidad 2.	60
2.25. DORIS 1	62
2.26. DORIS 2.	63
2.27. Dispositivo instalado en un anclaje para medir oleaje.	64
2.28. Boya de deriva prototipo final: DORIS.	65
3.1. Datos enviados por el sistema Venus GPS.	68
3.2. Descripción de datos de la estructura RMC.	69
3.3. Prueba teléfono celular con mensaje de datos GPS y temperatura.	70
3.4. Gráfica de batería de litio de voltaje contra tiempo.	73
3.5. Gráfica de batería de ácido-plomo de voltaje contra tiempo.	74
3.6. Gráfica de batería alcalina de voltaje contra tiempo.	75
3.7. Desplazamiento registrado por el dispositivo instalado en un automóvil.	77
3.8. Desplazamiento registrado por el dispositivo instalado en un anclaje.	78
3.9. Desplazamiento registrado por el dispositivo instalado en boyas de deriva liberadas en océanos semi-abiertos.	80

Índice de tablas

2.1. Características generales de Arduino UNO R-3.	17
2.2. Características de la placa de comunicación EFCOM.	20
2.3. Ficha técnica del GPS Venus638-FLPx.	29
2.4. Características del sensor de temperatura DS18B20.	32
2.5. Características de prototipos de batería.	56
3.1. Tabla de consumo de corriente.	71
3.2. Tabla de relación de voltaje.	72
4.1. Comparación de baterías.	81
4.2. Comparación de servicios satelitales.	84
4.3. Costo de servicio de telefonía celular local.	85

Capítulo 1

Introducción

El océano se puede definir como una extensión ilimitada de recursos, que mantiene el origen de la biodiversidad en la Tierra en un 75 por ciento. Así mismo, el océano es un elemento clave en el medio climático. Las actividades que se desarrollan en los océanos y mares, son generalmente: industriales, comerciales, recreativas y de investigación.

Las actividades de investigación científica se desarrollan principalmente para conocer aspectos físicos, químicos, biológicos y geológicos. La oceanografía física tiene por objeto el estudio de la dinámica de los mares, esto es, variaciones de corrientes, temperatura, presión, densidad, etc. Por otra parte, la oceanografía química se ocupa de la composición de agua de mar y la oceanografía biológica estudia la flora y la fauna marina.

Existen numerosos motivos por los cuales al ser humano se le dificulta realizar investigaciones en el medio marino. Esto se debe tanto a factores externos como por ejemplo, a las condiciones meteorológicas adversas, logística costosa, etc., así como a la falta de instrumentación de bajo costo que permita monitorear por tiempos prolongados variables físicas, químicas y biológicas. Por lo tanto, el conocimiento científico del medio marino está basado en desarrollos tecnológicos que apoyen a la investigación científica de calidad, pero con costos bajos que permitan muestreos más constantes.

Por otro lado, el desarrollo tecnológico de instrumentos o plataformas de observación marina, debe considerar la capacidad de soportar condiciones oceánico-atmosféricas adversas.

Los primeros indicios de boyas de observación que se emplearon en el medio marino son los que describe en su trabajo Nancy Soreide en *Overview of Ocean Based Buoys* el cual comenta: el uso de las boyas se remonta a tiempos antiguos. Se tiene registrado que las boyas se utilizaron para dos de las Siete Maravillas del Mundo Antiguo. La primera fue para el Coloso de Rodas desde 282 A.C en adelante, y la segunda fue para el Faro de Alejandría desde alrededor de 285 A.C en adelante. [1].

La manera más común de inferir corrientes marinas ha sido el situar un objeto flotante en la superficie acuática y observar su deriva. Se cree que las primeras mediciones mediante boyas a la deriva fueron llevadas a cabo por Leonardo da Vinci (1452-1519). Lanzando al agua un simple flotador que consistía de un vástago compensado y una vejiga de flotación, y que medía la distancia recorrida corriente abajo al cabo de cierto tiempo. Con este sistema simple, Leonardo da Vinci pudo obtener datos suficientes para calcular el caudal real de la corriente. Las boyas a la deriva para medir las corrientes marinas, tienen una larga historia, aunque su posicionamiento ha puesto siempre dificultades.[2].

Hoy en día, existen boyas de deriva muy complejas, con multisensores que miden varios parámetros oceánicos de manera simultánea transmitiendo datos en tiempo real y recargando sus baterías con paneles solares.

Para aplicaciones costeras existen boyas con telemetría VHF (Very High Frequency) usando un receptor LORAN (LOng RAnge Navigation), y con telemetría a través de radio combinado con el sistema satelital Argos. Tal como lo comenta Thomas C Wilson Jr., Las boyas a la deriva con los receptores de posición a bordo, han aportado

valiosos datos Lagrangianos actuales desde su introducción en la década de mediados de 1980. Estas boyas se diferencian de simples “drifter” transmisoras VHF de alta resolución, en su capacidad para funcionar de manera autónoma y sin la triangulación de un barco de acompañamiento.[3]

En 2010 la compañía QinetiQ North America desarrolló “La Riverine Drifters”, que es una boya de deriva que se diseñó con la finalidad de medir profundidad, velocidad de la superficie, temperatura de un río y por supuesto su posicionamiento. Las boyas miden y transmiten datos de forma automática y la comunicación se lleva a cabo en tiempo real, generalmente a través de los sistemas de telecomunicaciones por satélites tales como Argos, Orbcmm e Iridium.

La tecnología de radio VHF es ampliamente utilizada para la comunicación de voz, pero también es empleada para la comunicación de datos, como lo es el caso de las antiguas boyas de investigación. La ventaja de esta tecnología es que no es necesario tener una línea de vista entre el receptor y el transmisor para que se complete la comunicación. La desventaja que tiene al utilizar VHF, es la baja velocidad de comunicación de datos y los equipos de transmisión consumen mucha energía, lo cual encarece la instalación y disminuye el tiempo de disponibilidad diaria de los enlaces en instalaciones energéticamente autónomas. Por otra parte, la tecnología satelital ha tomado gran auge ofreciendo infinidad de herramientas tecnológicas de la información y comunicación en todo el mundo por su cobertura global, pero el costo elevado del servicio es una gran limitante.

El presente trabajo de tesis propone el desarrollo de un sistema electrónico con telemetría de bajo costo, que pueda ser implementado en una boya de deriva autónoma, o en cualquier otro instrumento oceanográfico que requiera transmisión de datos en tiempo real. El sistema debe de ser sencillo y práctico pero con calidad para la investigación científica. La telemetría del instrumento debe utilizar proveedores locales

de telefonía celular con servicio GPRS, misma que cubre hasta 20 km de la costa, por lo que este dispositivo está proyectado para aplicaciones costeras.

1.1. Planteamiento del problema

Sin bien existen diversos equipos oceanográficos con capacidad de transmisión de datos en tiempo real, el común denominador de los mismos es el alto costo de telemetría. El envío de los datos en un estudio a largo plazo incrementa el presupuesto de los proyectos de investigación de manera considerable lo que limita de manera grave la disponibilidad de datos. Otra limitante es que las compañías que desarrollan equipos tienen sus propios parámetros establecidos, por los que el usuario no tiene libertad para modificar parámetros y depende del proveedor para hacer adaptaciones o modificaciones simples de los sistemas de medición.

En este trabajo se plantea la construcción de un dispositivo electrónico de muy bajo costo con capacidad de recibir lecturas de diversos sensores oceanográficos y enviarlos vía inalámbrica a servidores de cómputo donde la información recabada pueda ser desplegada en tiempo real. Un aporte importante de este trabajo es su diseño, que emplea componentes económicos pero con calidad científica. Esto permitirá a científicos y expertos aplicar ésta tecnología de forma masiva, lo que podría potencialmente generar un mejor flujo información sobre la dinámica oceánica y atmosférica regional, nacional o internacional.

1.2. Objetivo General

Diseño y Construcción de un Sistema Electrónico con Telemetría. Para aplicación en una boya de deriva.

1.3. Objetivos Particulares

- *Implementación de un microcontrolador para tareas específicas.*
- *Realizar el acondicionamiento de las señales de los sensores de temperatura, GPS y medidor de voltaje.*
- *Desarrollo de subrutinas para la adquisición de datos.*
- *Implementar un sistema de comunicación GPRS para el envío de datos en tiempo cuasi real.*
- *Realizar pruebas de laboratorio y campo del Sistema Electrónico desarrollado.*
- *Redactar un manual de usuario.*

1.4. Justificación

En la actualidad las boyas de deriva son de suma importancia, ya que con ellas podemos determinar las corrientes de masa de agua, así como su patrón de circulación que ocurre ya sea en el océano, en ríos, bahías, entre otros. Mediante las boyas de deriva también se pueden conocer aspectos superficiales de las masas de agua, como su temperatura, pH, la concentración de oxígeno, la salinidad, entre otras variables físico-químicas.

Los datos generados por las boyas de deriva se emplean para analizar el comportamiento de las corrientes, y de esta manera poder generar por ejemplo, un protocolo

de contingencia en casos de interés particular, como puede ser un derrame de hidrocarburos o cualquier sustancia química que se requiera controlar para evitar un impacto ambiental negativo. En el aspecto social la información proporcionada por las boyas de deriva, tiene impacto en la planeación de actividades recreativas, deportivas y económicas como la pesca.

En el caso particular de la Bahía de Todos Santos, en Ensenada B.C., México, el uso y aplicación de las boyas de deriva podría generar información sobre la distribución de puntos de descargas de aguas residuales tratadas que se encuentran a lo largo de la Bahía, generando de esta manera conciencia a la distribución y dilución de los residuos que se están depositando.

Con los dispositivos electrónicos comerciales actuales, el costo de las mediciones durante periodos extensos son muy elevados, esto conlleva a una representación y comprensión limitada de la dinámica de la zona costera de interés. Al diseñar un sistema electrónico con telemetría (GPRS) autónoma implementado a una boya de deriva como el planteado en este trabajo de tesis, se tendrá un largo periodo de operación, y reducirá costos, al generar un menor gasto asociado a telemetría, personal y equipo de trabajo.

Por tal motivo con el apoyo de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) a través de la facultada de Ingeniería Arquitectura y Diseño (FIAD) y el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO), se pretende desarrollar un sistema electrónico multiparámetro con telemetría de bajo costo, autónomo y con capacidad de enviar información en tiempo cuasi real, implementado en una boya de deriva. Este equipo será probado y aplicado a estudios de corrientes oceanográficas que se llevan a cabo en la Bahía de Todos Santos, Ensenada Baja California, México.

1.5. Limitaciones del trabajo

En este proyecto se realizará la parte electrónica del dispositivo electrónico con telemetría (acondicionamiento de señal e interconexión de los módulos y sensores), así como la realización del programa de operación. El dispositivo electrónico tendrá pruebas de laboratorio, así como de campo. En estas se evaluará el sistema satelital de navegación global, el sensor de temperatura, el medidor de voltaje, el suministro de energía, el sistema de comunicación para el envío de datos y el funcionamiento del sistema con todos los elementos integrados.

Al utilizar la tecnología GPRS de telefonía celular local, el sistema electrónico a desarrollar estará limitado al rango de la cobertura que ofrecen los servicios de telefonía celular local. Una vez que el sistema electrónico haya salido del rango de la red de comunicación del servicio de la telefonía local, el sistema electrónico no podrá enviar los datos adquiridos por los diferentes sensores y equipos de medición, generando así, pérdida de datos y en el peor de los casos la pérdida total del sistema electrónico.

1.6. Organización

Este trabajo está dividido en los siguientes capítulos:

Capítulo 1. En éste capítulo se presenta una breve introducción del trabajo de tesis, se indica, el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos tanto general como particulares y la secuencia del trabajo.

Capítulo 2. Comprende la metodología del trabajo, en el cual se describe el funcionamiento del sistema electrónico con telemetría y los componentes del sistema integrados, se incluyen definiciones y la descripción detallada de los programas de adquisición de datos. Así mismo se presentan las pruebas correspondientes del sistema electrónico con telemetría, tanto de laboratorio como de campo.

Capítulo 3. Se presentan los resultados obtenidos en la aplicación práctica del sistema electrónico con telemetría desarrollado, se indican las condiciones en que fueron realizadas las mediciones y se muestra una interpretación de las mismas.

Capítulo 4. Finalmente, en este capítulo se presentan las conclusiones y discusiones del trabajo y se determinan las aportaciones innovadoras del dispositivo, así como trabajos a futuro.

Capítulo 2

Desarrollo e instrumentación del dispositivo

2.1. Descripción general del dispositivo

El presente trabajo de investigación se lleva a cabo con el objetivo de desarrollar e innovar un sistema electrónico con telemetría, el cual será implementado y utilizado para mediciones lagrangianas, con la finalidad de transmitir la información adquirida en tiempo cuasi real por medio de la tecnología GPRS a un costo relativamente económico. Dado a las investigaciones realizadas sobre este tipo de equipos, se llegó a la conclusión de elaborar este dispositivo electrónico, diseñado por módulos y equipados con sensores electrónicos, que son relativamente sencillos de adquirir y manipular.

El diseño del sistema electrónico inicia con la selección del sistema de posicionamiento global limitado por las siguientes características: económico, preciso y seguro, y a su vez que trabaje de manera sencilla y eficaz en la plataforma de desarrollo Arduino UNO. A partir de esto, se desarrolla el software, en el que el GPS transmite el posicionamiento del sistema electrónico a un ordenador por medio de un puerto de comunicación del Arduino. Adicionalmente se incorpora al sistema electrónico el sensor

de temperatura, limitado a trabajar con en la tarjeta de desarrollo Arduino UNO.

Un aspecto importante en el diseño del sistema, fue el determinar que tipo de módulo de comunicación se utilizaría para el envío de datos obtenidos por el GPS, medidor de voltaje de la batería y el sensor de temperatura incorporados en el sistema electrónico y que a su vez se adecuara a la plataforma Arduino. Dado las investigaciones realizadas se estableció la comunicación GPRS con el módulo EFcom, el cual trabaja de manera estable con la plataforma Arduino. Establecido el tipo de comunicación y el módulo a utilizar, se desarrolla el software y las pruebas de comunicación correspondientes.

La integración de todos los elementos incorporados en el software y hardware, generan un sistema electrónico con telemetría de bajo costo, de comunicación inalámbrica, seguro, de fácil manejo y apto para las condiciones de trabajo a las que estará expuesto el sistema. En la figura (2.1) se describe en forma de diagrama de bloques el sistema electrónico con telemetría, desarrollado en éste trabajo de tesis.

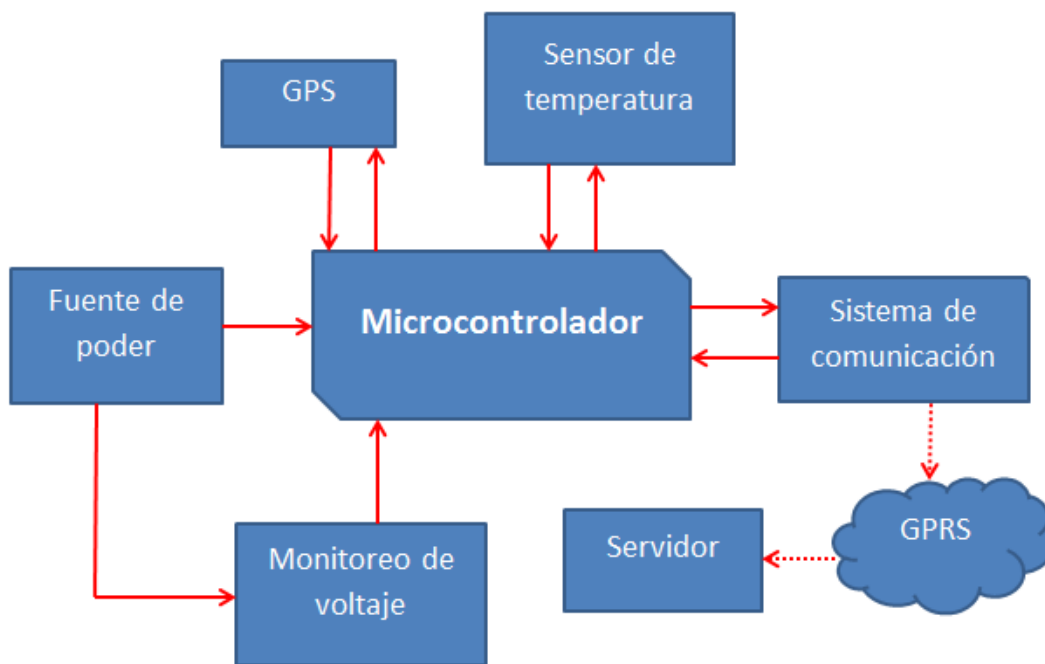


Figura 2.1: Diagrama a bloques del sistema electrónico con telemetría.

2.2. Descripción del Hardware

Los dispositivos y módulos que se emplearon en el diseño del sistema electrónico con telemetría, son los siguientes:

- *Microcontrolador ATmega 328.*
- *Sistema de comunicación EFCOM.*
- *Sistema Satelital de Navegación Global (GPS Venus 638FLPx).*
- *Sensor de temperatura DS18B20.*
- *Suministro energía (batería de plomo-acido).*
- *Medidor de voltaje de la batería.*

2.2.1. Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado digital o chip programable. Éste tipo de dispositivos se utilizan desde hace varios años de forma masiva en circuitos electrónicos comerciales, estos componentes han permitido reducir costos y tamaño de los equipos electrónicos que los incorporan. En los últimos años se ha venido facilitando el manejo de los microcontroladores. Debido a que los precios de estos elementos han bajado considerablemente y a su rendimiento y simplicidad de montaje, han detonado que se utilicen en aplicaciones donde antes se usaba la lógica discreta (compuertas lógicas)[4].

La finalidad de este chip ó circuito es desarrollar una aplicación o tarea específica, la cual se encuentra definida en un programa alojado en su memoria. Se les denominan microcontroladores debido a que ejecutan tareas específicas de control. A diferencia de los microprocesadores, los cuales al momento de estar procesando la información interactúan con el sistema operativo. Un microcontrolador se compone de

varios elementos que se alojan en un circuito integrado, estos elementos son; procesador, memoria, ALU (Arithmetic Logic Unit), bus de datos, bus de instrucciones, bus de control, puertos de entrada/salida y un circuito de reloj.

El microcontrolador para realizar una tarea, depende del programa alojado en su memoria Flash ROM (Read Only Memory). A los microcontroladores se les denominan sistemas cerrados, debido a que dentro del encapsulado se encuentran los elementos de una computadora, los cuales internamente no se pueden modificar[5].

Las tareas específicas incorporadas en el microcontrolador utilizado en el sistema electrónico implementado en este trabajo de tesis son:

- *El envío de datos por medio de un sistema de comunicación.*
- *La obtención de la ubicación por medio de un sistema de navegación global GPS.*
- *La adquisición de la temperatura de masas de agua por medio de un sensor de temperatura.*
- *El monitoreo del suministro de energía por medio de un divisor de voltaje.*

El microcontrolador empleado en este trabajo de tesis es un ATmega328, el cual está interconectado en una placa Arduino UNO R-3.

El Arduino es **una placa hardware libre**, que contiene un microcontrolador reprogramable, que es el eje central. Incluye una serie de pines (hembras) de entradas/salidas, que están conectados internamente a los pines de entrada/salida del microcontrolador, estos pines nos permiten interactuar con diferentes tipos de sensores y actuadores.

Al hablar de la placa hardware nos referimos de forma concreta al PCB (printed circuit board). Un PCB es la forma más compacta y estable de construir un circuito eléctrico. Cuando se trabaja con un Arduino hay que tener en cuenta el modelo, ya que cada modelo contiene un Hardware diferente, ya sea su tamaño físico, tipo de microcontrolador, número de entradas/salidas de pines, entre otros. Aunque puedan ser modelos específicos diferentes, los microcontroladores incorporados en las diferentes placas Arduino son de tipo AVR, una arquitectura de microcontroladores desarrollada y fabricada por la marca Atmel ([www://www.atmel.com](http://www.atmel.com)). El diseño del Hardware de la placa Arduino está inspirado originalmente en otra placa de Hardware libre, llamada “Wiring”.

El Software de desarrollo que contiene Arduino es un Software gratis, libre y multiplataforma, ya que tiene compatibilidad con Windows, MacOS y Linux. Éste nos permite desarrollar un programa en un lenguaje basado en C/C++. En él se describe a manera de instrucciones secuenciales, que tareas y como deben realizarse en cada momento. El programa se verifica, carga o se graba dentro de la memoria ROM (Read Only Memory) del microcontrolador.

Un lenguaje de programación libre, se entiende cualquier estructura lógica secuencial de código abierto diseñado para expresar instrucciones que pueden ser llevadas a cabo por máquinas. Concretamente dentro del lenguaje Arduino, encontramos elementos similares a muchos otros lenguajes de programación existentes como son: bloques condicionales, bloques repetitivos, variables, etc. Así como también di-

ferentes comandos llamados ordenes o funciones que nos permiten especificar de una forma coherente y sin errores las instrucciones exactas que se requieran programar en el microcontrolador de la placa. Estos comandos o instrucciones los escribimos mediante el entorno de desarrollo Arduino[6].

La compatibilidad que presenta Arduino, con diversos dispositivos electrónicos, genera simplicidad en su implementación, lo cual puede facilitar la reproducción de equipos electrónicos de una manera práctica, segura, sencilla y a un bajo costo. Es bajo éste contexto que se emplea Arduino en este trabajo de tesis, para la implementación del Sistema Electrónico con Telemetría

Particularmente nuestro sistema electrónico comprende una placa Arduino UNO R-3. Empleamos este modelo de Arduino, debido a que cuenta con 14 pines entrada/salida digitales, lo que hace posible el poder conectar un mayor número de sensores, haciéndolo así a nuestro sistema electrónico con telemetría, multiparámetro. Los pines de entrada sirven para leer y adquirir datos del exterior por medio de un sensor o dispositivo electrónico, y los pines de salida se utilizan para enviar información desde la placa Arduino hacia el exterior. La placa contiene a su vez 6 pines analógicos de entrada/salida, los cuales se pueden utilizar con sensores de este tipo. La frecuencia con la que el Arduino UNO R-3 realiza sus operaciones básicas, como sumar, restar, dividir o transferir valores de un registro a otro, es de 16MHz (frecuencia de reloj).

La placa Arduino contiene un puerto de conexión USB, que nos permite grabar en el microcontrolador el programa que deberá ejecutar para la realización de las tareas específicas dadas. Este mismo cable USB se utiliza como cable de comunicación serial entre el Arduino y el ordenador.

La función específica del Arduino UNO R-3 en el sistema electrónico con telemetría desarrollado, es el manipular las diferentes variables de mediciones externas, como la comunicación entre el dispositivo de posicionamiento global y el sensor de temperatura, así como controlar el propio sistema de comunicación.

Arduino UNO R-3 es el centro de control o administrador de los servicios del sistema electrónico con telemetría, implementado.

- 1.- *Control del sistema de comunicación: por medio de instrucciones de comandos AT (Attention are the commands) enviadas desde la placa Arduino hacia el sistema de comunicación, este sistema realizará las tareas de envío de datos hacia un servidor.*
- 2.- *Control del sistema de posicionamiento global: comprende el controlar la forma de como obtener los datos del dispositivo GPS, con que frecuencia manda cada trama de información y de que tipo de trama de información corresponde.*
- 3.- *Control del sensor de temperatura: Establece los bits de resolución del sensor, ya que opera de 9 a 12 bits de resolución por ser un sensor digital. Arduino controlará en que tiempo obtiene los datos del sensor, así como la visualización de los mismos.*

En la tabla 2.1, se muestran las características principales del Arduino UNO R-3[7]:

Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (Máximo)	6-20V.
Pines Digitales I/O	14 (de los cuales 6 se utilizan para salida PWM).
Pines de entrada analógica	6.
DC corriente por pin I/O	40mA.
DC corriente para pin 3.3V	50mA.
Memoria flash	32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB utilizado por el gestor de arranque.
SRAM	2KB (ATmega328).
EEPROM	1KB (ATmega328).
Velocidad de reloj	16MHz.

Tabla 2.1: Características generales de Arduino UNO R-3.



Figura 2.2: Arduino UNO R-3

2.2.2. Sistema de comunicación

Una de las primeras aplicaciones de la tecnología eléctrica fue en el desarrollo de los sistemas de comunicación. Los sistemas de comunicación actual, presentan una vanguardia tecnológica en el ámbito de la electrónica, empleando por ejemplo fibra óptica para la televisión vía satélite y telefonía móvil.

En los sistemas electrónicos de comunicación, al mensaje se le denomina información, o señal de inteligencia. El transmisor contiene como dispositivo de entrada una fuente de información o señal inteligente, su objetivo principal, es procesar la señal eléctrica proporcionada (mensaje), para que ésta sea acoplada de manera eficiente al canal de transmisión. El canal de transmisión es por donde viaja la información en forma de ondas electromagnéticas desde el transmisor, hasta el receptor. El objetivo del receptor es captar parte de la potencia emitida por el transmisor al medio de transmisión, y procesarla para que el dispositivo de salida pueda reproducir la información enviada. Un sistema electrónico de comunicación es un sistema que tiene como objetivo primordial enviar información de un lugar a otro en forma de señales eléctricas[8].

En este trabajo de tesis, para el envío de información de los datos adquiridos se implementará una placa EFCOM, la cual contiene ensamblado un módulo de comunicación SIM900 que opera a 4 diferentes bandas de frecuencias (850/900/1800/1900MHz). Esto lo hace eficiente de modo que puede trabajar en todos los continentes, siempre y cuando exista una cobertura de telefonía, utilizando la comunicación GPRS. EFCOM puede estar conectado a ambas tecnologías GPRS y al mismo tiempo a GSM (Global System for Mobile), pero solo un servicio a la vez puede utilizarse, activándose automáticamente el tipo de tecnología a utilizar, GPRS para la transmisión de datos o GSM para servicio de voz o mensajes de texto. Para el caso particular del diseño de nuestro sistema electrónico con telemetría se implementará con la tecnología GPRS, ya que los datos serán enviados por este medio, para eliminar costos de transferencia de

datos.

La placa EFCOM inalámbrica tiene un diseño compacto y de bajo consumo de energía (1.5 mA en modo de reposo). Este dispositivo tiene compatibilidad con todas las placas que contienen el mismo factor de forma, como la placa Arduino UNO R-3 empleada para el control de EFCOM por medio de comando AT. El SIM900 está diseñado con un potente procesador de un solo chip de integración AMR926EJ-S de núcleo [9].

Algunas de las características de la placa EFCOM son:

• Totalmente compatible con Arduino/Freduino y Mega.
• Super condensador de fuente de alimentación para el RTC.
• Quad-Band 850/900/1800/1900 MHz.
• GPRS Clase 10/8 multi-slot.
• GPRS Clase de estación móvil B.
• Obediente a la fase 2/2 + GSM.
• $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ accuracy from -10°C to $+85^{\circ}\text{C}$.
• Control a través de comandos AT (GSM 07.07, 07.05 y EFCOM mejorado Comandos AT).
• Rango de tensión de alimentación: 3.1- 4.8V.
• Bajo consumo de energía: 1.5 mA (modo de reposo).
• Dimensión: 68.33x53.09mm (Igual a la dimensión de la placa principal de Arduino).

Tabla 2.2: Características de la placa de comunicación EFCOM.

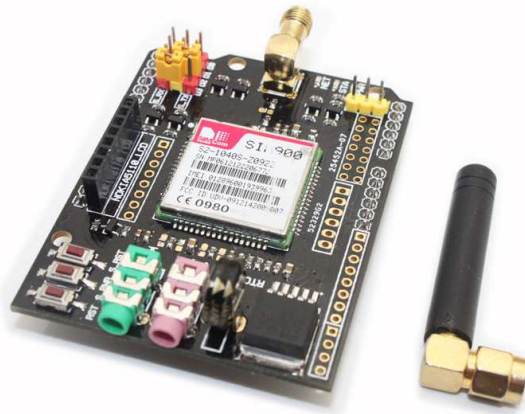


Figura 2.3: Sistema de Comunicación EFCOM.

2.2.3. Sistema satelital de navegación global (GPS)

Bajo los acrónimos de GNSS (Global Navigation Satellite System), se comprenden todos los sistemas y técnicas de posicionamiento por medio de satélites. El GNSS se describe como un sistema pasivo de navegación basado en satélites de emisores de radiofrecuencia, que proporciona un marco de referencia espacio-temporal con una cobertura global, independientemente de las condiciones atmosféricas.

Donde se puede observar la aplicación de GNSS, son en los sistemas de NAVSTAR GPS (NAVigation System Time and Ranging-Global Position System), GLO-NASS (del GLObal NAVigation Satellite System, sistema satelital de navegación global) y el reciente GALILEO.

Todos los sistemas de navegación por satélite tienen una estructura bien definida y se dividen en tres segmentos distintos: espacial (satélites de navegación, satélites de comunicación), control y usuario. Si falta uno de estos tres elementos, se entiende que no es un GNSS.

- ***Segmento espacial.***

- *Satélites de navegación.*

Este segmento espacial contiene un gran número de satélites de navegación, de modo que estos puedan garantizar una cobertura global en todo momento. Estos están colocados en distintos planos orbitales, actualmente el NAVSTAR GPS garantiza un mínimo de cinco satélites visibles en cualquier parte del mundo.

- *Satélites de comunicación.*

En el segmento espacial podemos encontrar satélites de comunicación GEO (Geostationary), que son los que conforman los llamados sistemas de aumento o de corrección. Estos satélites retransmiten la información con correcciones procedentes del segmento de control, haciendo que el sistema aumente su precisión. Algunos ejemplos de estos sistemas de aumentos son el WAAS (Wide Area Augmentation System) de EEUU, el EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) en Europa o el MFSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System) de Japón y Australia.

- ***Segmento de control.***

El segmento de control está conformado por un conjunto de estaciones en tierra que recogen los datos enviados por los satélites. Su objetivo es garantizar las prestaciones del sistema mediante el monitoreo del segmento espacial y aplicar correcciones del posicionamiento orbital y temporal a los satélites, enviando información de sincronización de relojes atómicos y correcciones de posicionamiento de órbitas a los distintos satélites.

- ***Segmento de usuario.***

El segmento de usuario está formado por los equipos GNSS que reciben las señales que proceden del segmento espacial. Estos equipos están formados por un conjunto de elementos básicos que son:

Antena receptora: Esta antena GNSS debe estar calibrada a la frecuencia del funcionamiento del sistema de cobertura hemisférica omnidireccional. Estas antenas pueden ser de diferentes materiales y formas, dependiendo de la aplicación y costo. Algunas formas en las que se pueden encontrar estas antenas son: monopolo, dipolo, dipolo curvado, cónico-espiral, helicoidal o microstrip.

Receptor de tipo heterodino: Basado en la mezcla de frecuencias permite pasar la frecuencia recibida en la antena, a una de baja frecuencia que podrá ser manejada por la electrónica del receptor.

Los receptores se encargan de realizar tres funciones principales: la primera función es la de gestionar los datos recibidos por satélite; en principio el receptor se encuentra en modo INIT donde almacena el almanaque y estado de los satélites en memoria. Enseguida de esto el receptor pasa al modo NAV en donde se almacenan los datos necesarios para los cálculos. La segunda función del receptor es encontrar los cuatro satélites con geometría óptima capaz de realizar la navegación, a partir de ciertos satélites que se encuentren visibles. Por último, la tercera función calcula la posición y velocidad de los satélites empleados en la navegación.

Gracias a la evolución tecnológica éste segmento de usuario ha estado en desarrollo constante, de modo que ahora es mayor el número de canales o señales de satélites que se logran captar. También estos receptores traen sistemas de correcciones internos como el DGPS (Differential Global Positioning System) y diferentes protocolos de comunicación dependiendo el uso que se le va a dar, como por ejemplo el protocolo NMEA 0183 (National Marine Electronics Association).

La GNSS ha ido evolucionando y se han generado diversos mecanismos para innovarlo. Éste sistema se ha dividido en GNSS-1 formado por el GPS y GLONASS (Global Orbiting Navigation Satellite System), junto con los sistemas de aumentos que han surgido como lo son: SBAS (Satellite Based Augmentation System), GBAS (Ground Based Augmentation System) y ABAS (Aircraft Based Augmentation System). Y el GNSS-2 incorporado por el nuevo sistema GALILEO, y las actualizaciones de los actuales GPS y GLONASS. A continuación en la figura (2.4), se muestra un esquema de los distintos sistemas del GNSS [10].

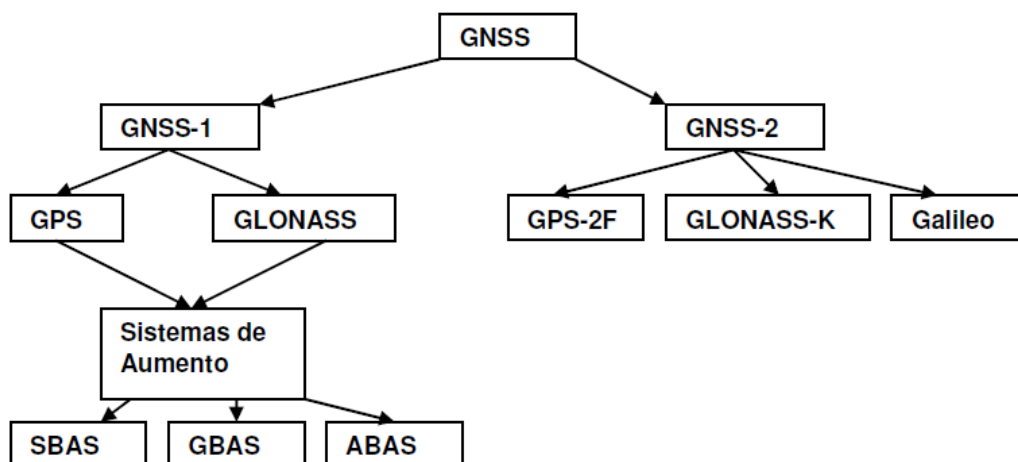


Figura 2.4: Esquema del sistema GNSS.

- *Sistema de navegación GALILEO.*

La comisión Europea, La Agencia Espacial Europea (ESA) y la Industria Europea, están desarrollando un sistema de navegación satelital bajo el nombre de GALILEO como una contribución de Europa al GNSS-2. EL sistema GALILEO esta aun en desarrollo, este sistema pretende tener 30 satélites de los cuales 27 estarán en operación y tres de respaldo [11].

- *Sistema de navegación GLONASS.*

La antigua Unión Soviética (SU) tiene desde 1970 desarrollando un sistema de navegación muy similar al diseño de GPS bajo el nombre de GLONASS. Rusia lo denomina Global'naya Navigatsionnaya Sputnikowaya Sistema. Hoy en día la Federación Rusa continúa utilizando GLONASS. El sistema fue puesto oficialmente en operación en Septiembre 24 de 1993, para la primera etapa, el sistema GLONASS contaba con una constelación de 12 satélites. Para finales de 1995 esta constelación se había expandido a 24. Debido a la falta de nuevos lanzamientos, la constelación desde entonces ha disminuido considerablemente. A finales del 2002, solo siete satélites estaban en funcionamiento [11].

- *Sistema de navegación NAVSTAR GPS.*

Este sistema se puede definir como un sistema global de radio-navegación por satélites, desarrollados y controlados por el departamento de defensa de Estados Unidos de América, que permite fijar a escala mundial la posición, velocidad y altura de un objeto, persona, vehículo o nave las 24 horas del día los siete días de la semana. Hasta la fecha, es el único sistema de posicionamiento global que se mantiene operativo [12].

El sistema electrónico con telemetría desarrollado en este trabajo de tesis emplea el sistema GNSS NAVSTAR GPS por medio de un Venus638-FLPx. El Venus638-FLPx es un receptor de alto rendimiento que opera a una frecuencia de 1,575.42 MHz denominada banda de frecuencia L1 (banda civil) con un código de adquisición aproximativa (C/A). Este receptor trabaja con el sistema de aumento SBAS de WAAS y EGNOS, que ayuda a tener mayor exactitud, integridad, continuidad y disponibilidad del receptor. Estos sistemas de aumento solo trabajan en determinadas áreas como se muestra en la siguiente figura (2.5):

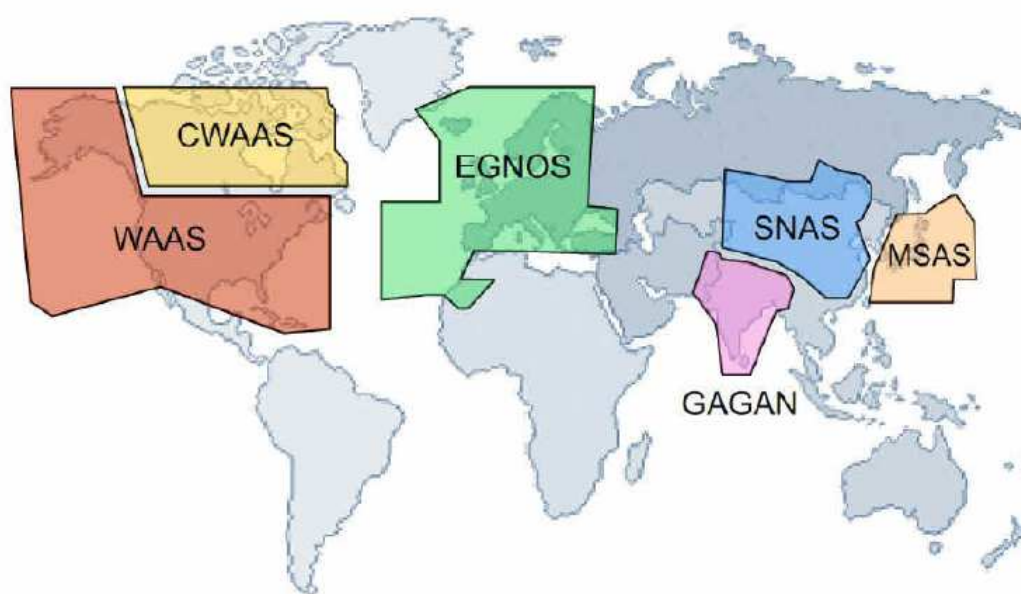


Figura 2.5: Mapa de sistemas de aumento GNSS [12].

En la figura (2.6), se muestra más a detalle la cobertura del sistema de aumento WAAS [13]. El sistema de aumento cubre perfectamente el área de estudio donde se posicionará el prototipo de sistema electrónico con telemetría, y se proyecta una ubicación con un grado de exactitud aproximadamente 2.5 m de error. La importancia de tener mayor precisión y menor margen de error con respecto a la posición del sistema electrónico implementado a una boya de deriva, hace que los resultados esperados para éste estudio sean más precisos.

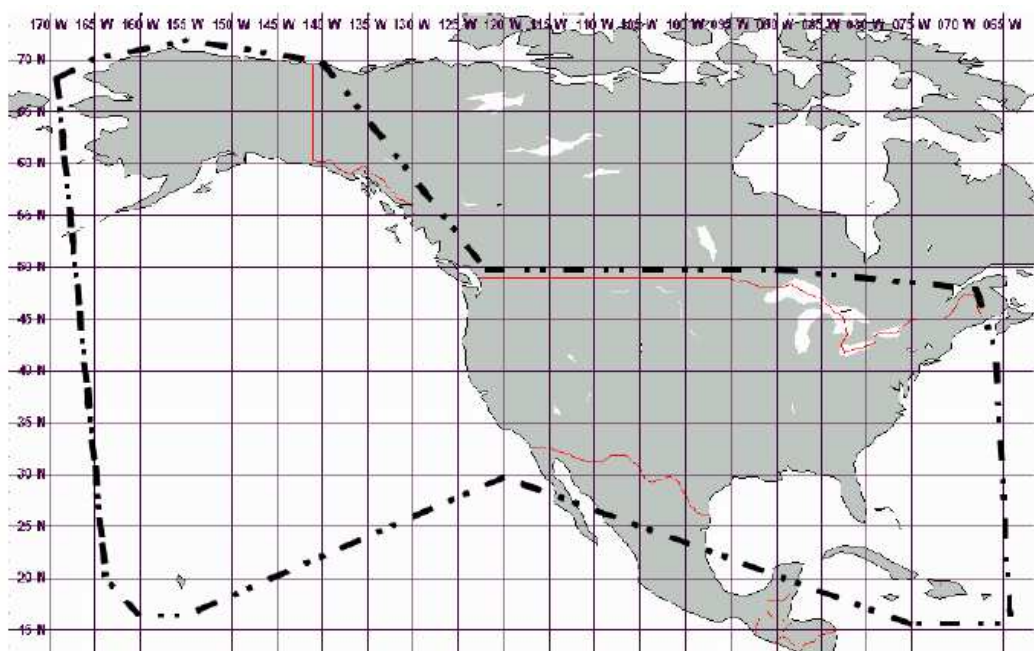


Figura 2.6: Cobertura del sistema de aumento WAAS.

El TTFF (Time to First Fix) con el que cuenta el Venus GPS es de 29 segundos en un arranque en frío, éste es el tiempo que requiere para procesar y adquirir suficientes señales y datos de satélites para proporcionar una navegación precisa y para un arranque caliente el TTFF es de 1 segundo y corresponde cuando el GPS tiene la mayoría de los datos que necesita en la memoria. EL Venus 638-FLPx es más rápido con respecto a los receptores GPS LS20031, EM-506, EM-408 SiRF III. También cuenta con una velocidad de readquisición de datos de 1s a 0.05s, dependiendo de su configuración.

El Venus GPS trabaja con el sistema mundial de coordenadas geográficas (WGS84), éste permite localizar cualquier punto de la Tierra. El WGS84 es una representación geográfica del planeta tierra [14].

Este dispositivo de posicionamiento global, transmite los datos obtenidos por medio del protocolo de comunicación NMEA-0183, generando una variedad de estructuras, como:

- *GGA - Global Positioning System Fix Data.*
- *GLL - Latitude/Longitude.*
- *GSA - GNSS DOP and Active Satellites.*
- *GSV - GNSS Satellites in View.*
- *RMC - Recommended Minimum Specific GNSS Data*
- *VTG - Course Over Ground and Ground Speed.*

El Venus GPS ofrece un bajo consumo de energía, alta sensibilidad y una buena recepción para la adquisición de señales. Éste contiene todos los componentes necesarios para ser un receptor de GPS completo. Dedicado a buscar parámetros de señales de correlaciones masivas dentro de la banda base, hace que le permita la búsqueda rápida

de todos los satélites y adquisiciones de señales muy débiles disponibles. Un avanzado motor de rastreo le permite el seguimiento de las señales débiles, permitiéndolo así determinar la posición del receptor en ambientes hostiles tales como: cañones urbanos y bajas profundidades de estos [15]. Éste sistema de posicionamiento global tiene la ventaja de ser compatible con la placa Arduino UNO R-3.

En la tabla (2.3), se muestra la ficha técnica del GPS Venus638-FLPx:

Receiver type	<ul style="list-style-type: none"> • L1 frequency • GPS C/A Code • SBAS capable • 65-channel architecture • 8 million time-frequency searches per second
Accuracy	<ul style="list-style-type: none"> • Position 2.5m CEP • Velocity 0.1m/sec • Timing 60ns
Open Sky TTFB	<ul style="list-style-type: none"> • 29 second cold start • 3.5 second with AGPS • 1 second hot start
Reacquisition	<ul style="list-style-type: none"> • < 1s
Sensitivity	<ul style="list-style-type: none"> • -165dBm tracking • -148dBm cold start
Update rate	<ul style="list-style-type: none"> • 1/2/4/5/8/10/20 Hz (default 1Hz)
Dynamics	<ul style="list-style-type: none"> • 4G
Operational limits	<ul style="list-style-type: none"> • Altitude < 18,000, velocity < 515m/s
Datum	<ul style="list-style-type: none"> • Default WGS-84
Interface	<ul style="list-style-type: none"> • UART LVTTL level
Baud rate	<ul style="list-style-type: none"> • 4800 / 9600 / 38400 / 115200
Protocol	<ul style="list-style-type: none"> • NMEA-0183 V3.01, GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, VTG (default GGA, GSA, GSV, RMC, VTG) • Skytraq Binary
Main supply voltage	<ul style="list-style-type: none"> • 2.8V 3.6V
Backup voltage	<ul style="list-style-type: none"> • 1.5V 6V
Operating temperature	<ul style="list-style-type: none"> • -40 +80 deg-C
Storage temperature	<ul style="list-style-type: none"> • -40 +125 deg-C

Tabla 2.3: Ficha técnica del GPS Venus638-FLPx.



Figura 2.7: GPS Venus638-FLPx con antena.

2.2.4. Sensor de temperatura

Se le llama sensor a un dispositivo capaz de medir algunas variables del entorno y que la traduce en una señal eléctrica medible. A menudo se utiliza la palabra transductor para hacer referencia al sensor. El transductor es el elemento del sensor que transforma la energía asociada a lo que se desea medir en otras formas de energía. Generalmente el propio sensor interactúa con el entorno emitiendo algún tipo de señal para realizar una medición [16].

La temperatura es la medida que hace referencia al promedio de energía cinética de las partículas en una unidad de masa, expresada en unidades de grados en una escala estándar. Un sensor de temperatura puede medir de diferentes maneras, que varían de acuerdo al costo del equipo y la precisión.

El principal factor que interviene en el cambio climático del planeta, es la temperatura de los océanos. Grandes cantidades de energía solar se pueden almacenar en las aguas de los océanos, generando así calor, el cual se desprende de las aguas progresivamente, sin que la temperatura oceánica varíe en forma sensible durante el proceso. Esta propiedad es la que convierte al océano en el gran regulador meteorológico y climático, y es por ello que es importante conocer las temperaturas de las corrientes marinas[17].

En este trabajo de tesis se incorporará un sensor de temperatura digital DS18B20.

Este sensor de temperatura digital ofrece una lectura programable de 9 a 12 bits de resolución, que indican la temperatura del entorno. La información se envía a través de un solo cable de interfaz, de modo que solo uno de los cables (y tierra) debe ser conectado a un microprocesador central.

Debido a que cada DS18B20 contiene un número de serie único de silicio, pue-

den existir múltiples DS18B20s en el mismo bus 1-Wire. Esto permite la colocación de varios sensores de temperatura en muchos lugares diferentes. Las aplicaciones donde estos son de gran utilidad, es en los controles ambientales HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning), temperaturas de detección dentro de los edificios, equipos o maquinaria, el seguimiento y control de procesos.

Las características principales de este sensor se describen a continuación [18]:

• Unique 1-Wire interface requires only one port pin for communication.
• Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications.
• Requires no external components.
• Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V.
• Zero standby power required.
• Measures temperatures from -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$. Fahrenheit equivalent is -67°F to $+257^{\circ}\text{F}$.
• $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ accuracy from -10°C to $+85^{\circ}\text{C}$.
• Thermometer resolution is programmable from 9 to 12 bits.
• Converts 12-bit temperature to digital word in 750 ms (max).
• User-definable, nonvolatile temperature alarm settings.
• Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition).
• Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system.

Tabla 2.4: Características del sensor de temperatura DS18B20.



Figura 2.8: Sensor de temperatura DS18B20.

2.2.5. Suministro de energía y medición del voltaje de la batería

La importancia de poder medir, el valor o el porcentaje del suministro de energía del sistema electrónico con telemetría, radica en el hecho de poder tener con certeza un estimado de cuánto tiempo aproximadamente estará en funcionamiento. Anticipando así la pérdida de datos o pérdida total del sistema electrónico. Para el suministro de energía de este prototipo, se implementó diferentes tipos y arreglos (serie/paralelo) de baterías, como son: alcalinas, plomo-ácido, polímero de litio. Es por tal motivo que se diseña un medidor de energía, a través de un divisor de tensión.

- *Divisor de Tensión.*

Un divisor de tensión, es un arreglo o configuración de un circuito que divide la tensión de una fuente de alimentación entre dos o más dispositivos de impedancia conectadas en serie.

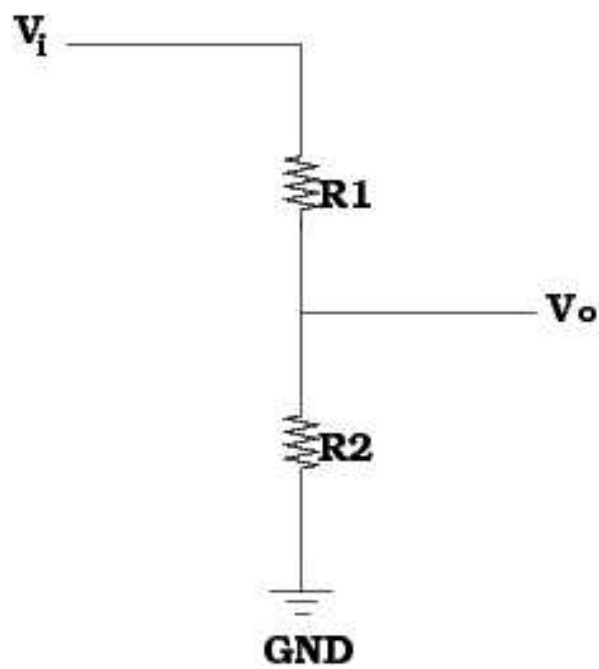


Figura 2.9: Divisor de Tensión.

En la práctica el voltaje del suministro de energía (12V) que viene dado por las baterías, es un voltaje cuyo valor nominal cambia a lo largo del tiempo, considerándose una señal analógica. Dado que el microcontrolador que viene integrado en la placa Arduino, no puede leer señales analógicas mayores de 5V, es necesario implementar un divisor de tensión, el cual dividirá el voltaje de la señal analógica del suministro de energía a un poco menos de 5V (señal analógica). Con éste diseño se desarrolla una tabla comparativa de voltaje, en donde 5V de la entrada analógica de Arduino, corresponde a 12V.

El divisor que utilizaremos será un divisor resistivo. Entonces para poder calcular el valor de las resistencias que serán utilizadas en el arreglo, se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_{out} = \frac{R_2}{(R_1)(R_2)}(V_{in})$$

donde R_1 y R_2 pueden ser cualquier combinación de resistencias serie o paralelo [19]. Para este trabajo de investigación se calcularon los valores de las resistencias en donde $V_{out} = 12.85V$ y $V_{in} = 5V$, por lo que $R_1 = 75 \text{ Kohms}$ y $R_2 = 47 \text{ Kohms}$.

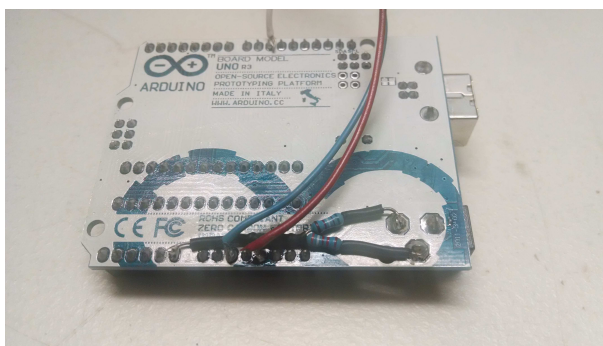


Figura 2.10: Divisor de voltaje implementado en la placa Arduino UNO R-3.

2.3. Software

Arduino trabaja mediante un lenguaje propio basado en el lenguaje de alto nivel “processing”, que es un lenguaje de programación y entorno de desarrollo integrado de código abierto basado en Java, de fácil utilización y que sirve como medio para la enseñanza y producción de proyectos multimedia e interactivos de diseño digital. Sin embargo, es posible utilizar otros lenguajes de programación y aplicaciones populares en Arduino. En el sitio web <http://arduino.cc/es/Guide/Windows> se observa de manera detallada los pasos a seguir para la instalación del software Arduino.

2.3.1. Rutina de comunicación vía telemetría GPRS

Para que el sistema de comunicación funcione correctamente con la placa Arduino UNO R-3, es necesario implementar o desarrollar un programa en el que una vez conectados entre sí, el sistema compuesto por estos dos elementos se configuren correctamente para el envío de información. A continuación se describe el programa realizado para el envío de datos.

Primeramente se incluye al inicio del programa la librería NewSoftSerial, esta es una actualización de la librería SoftwareSerial, que se utiliza para la comunicación serial de cualquier pin digital. Posteriormente en una segunda línea se describen los pines digitales de comunicación, para este caso en particular serán los pin dos y tres de la placa Arduino.

La estructura básica del programa, se divide en `setup()` y `loop()`. En la función `setup()` se incluye la declaración de variables y se trata de la primera función que se ejecuta en el programa. Esta función solamente se ejecuta una sola vez. En la función `loop()` se incluye el código que será ejecutado continuamente.

En la función `setup()`, se configura el número de unidades de señal por segundo (baud rate) que se utilizará para la comunicación entre la placa Arduino UNO R-3 y el módulo de comunicación, y a su vez se configura el “baud rate” del puerto serial del ordenador con el conjunto del sistemas. En este caso particular una vez configurado el “baud rate”, debe de existir un tiempo de espera de aproximadamente 35 segundos, para que el sistema de comunicación se inicialice detectando la señal de transmisión. Este retardo se da por medio de una instrucción llamada “delay”.

El programa de comunicación se integra por diferentes funciones, como `Internet()`, `Sapbr()`, `Servidor()`, `enviardato()` y `ShowSerialData()`. Estas están incluidas dentro de la función `loop()`.

En la función `Internet()`, por medio de comando AT, se configura el APN (Access Point Name) de la telefonía celular local, APN se refiere al punto de acceso a la red, que indica al módulo de comunicación por que camino virtual debe conectarse a internet. También dentro de esta función se detecta la calidad de señal de la antena.

`Sapbr()`, configura los ajustes para aplicaciones basadas en IP (Internet Protocol), que corresponde a asignarle una etiqueta numérica que identifica de manera lógica y jerárquica, la interfaz (elemento de comunicación/conexión) del dispositivo dentro de la red que se esté utilizando.

En la función `Servidor()`, se configura y se describe la dirección FTP (File Transfer Protocol) a donde los datos serán enviados.

Otra función es `enviardato()`, como el nombre de la función lo indica, se escriben los comandos AT para el envío de información.

`ShowSerialData()`, es una función dedicada a escuchar o leer la respuesta de los

comandos AT utilizados, estos son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación.

En la función `loop()`, se desarrolla el programa que se ejecuta constantemente operando como un ciclo infinito. Primeramente se incluye la función `Internet()`, para la conexión de una red de internet, enseguida la función `Sapbr()`, para asignarle un IP y por último `enviardato()`. Cabe mencionar que todas las instrucciones para el módulo de comunicación vienen dadas por los comandos AT.

En la figura (2.11), se muestra el diagrama de flujo del apartado de comunicación del sistema electrónico con telemetría.

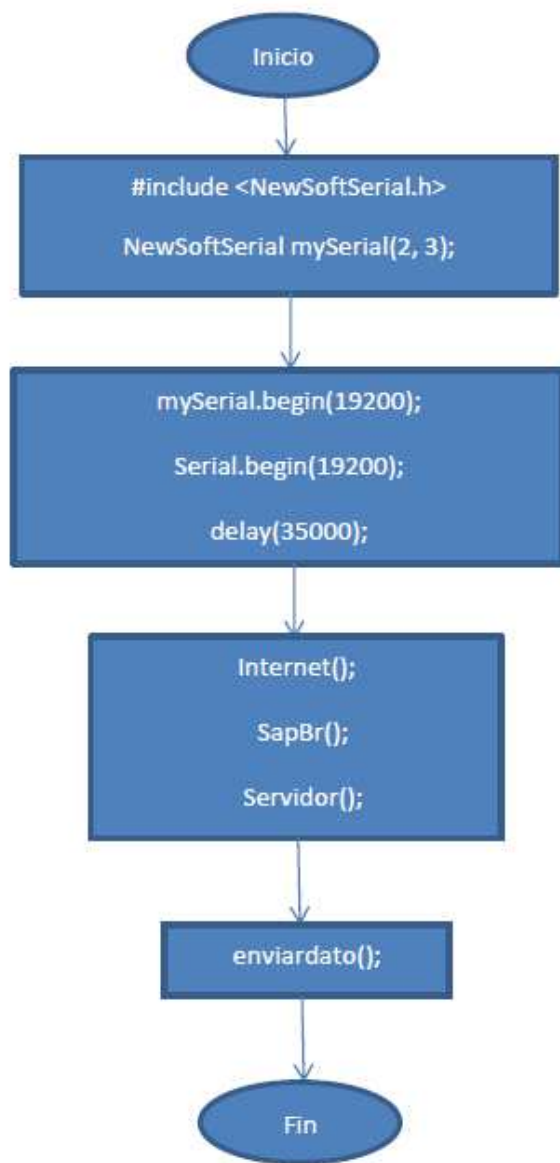


Figura 2.11: Diagrama de flujo del sistema de comunicación.

2.3.2. Rutina de lectura de la señal GPS

A continuación se describe el programa desarrollado para la obtención de los datos del sistema de posicionamiento global:

Primeramente antes de la función `setup()` se introduce la librería `NewSoftSerial`, que se utiliza para la comunicación serial de cualquier pin digital de la placa Arduino UNO R-3, se inicializan los pines (10,11) que se emplean para la comunicación entre el dispositivo Venus GPS y Arduino. Posteriormente, se declaran dos variables globales, una de tipo entero, definida como; `Const int sentenceSize = 80`, con un valor constante de 80. La otra variable es un arreglo de tipo `char` y se declara de la siguiente manera: `char sentence[sentenceSize]`, el máximo de caracteres que se podrán almacenar en este arreglo, está definido por la variable `sentenceSize`, y que corresponde a 80 caracteres, sin incluir el caracter de fin de cadena.

En la función `setup()`, se configura el “baud rate” de comunicación del puerto serial entre la placa Arduino y el host (computadora), así como también el “baud rate” entre la placa Arduino y el dispositivo Venus GPS.

En la función `loop()`, se inicializa una variable de tipo entero denominada `i` con un valor de cero. Después con la instrucción `if(gpsSerial,available())` indica si el puerto de comunicación del Venus GPS está listo para mandar información, de ser así se procede a inicializar una variable de tipo `char` llamada `ch` diseñada para almacenar un caracter de la lectura efectuada por el Venus GPS. Por otra parte si el puerto no está disponible aún, automáticamente el programa regresa al inicio de la función `loop()`, y se inicializa el programa.

Cuando el puerto está listo para mandar información y se crea la variable `ch`, el programa procede a ejecutar una instrucción que indica que si el carácter que se

encuentra almacenado en la variable **ch** es diferente de **/n** (salto de renglón) y si la variable **i** es menor a la variable “sentenceSize”, entonces se ejecuta una instrucción en donde el carácter guardado en la variable **ch** pasa a la casilla del valor determinado por **i** del arreglo de la variable sentence. Una vez alojado el valor de la variable **ch** al arreglo sentence, la variable **i** se incrementa en uno.

Una vez que el valor de la variable **i** sea ≤ 80 , y que el caracter almacenado sea diferente a un salto de renglón (**/n**), se procede a efectuar una instrucción en donde se añade un caracter de fin de cadena (**/0**) en la casilla del valor de la variable **i** en el arreglo de sentence[i], para después el valor de **i** se inicializa en cero. Bajo estas condiciones, el programa manda a llamar la función “displayGPS”, que se encarga de visualizar los datos obtenidos por el Venus GPS, dentro de esta función, se vuelve a llamar a otra función “getfield”, y su tarea es obtener exactamente el dato que se desea de la estructura del protocolo NMEA-0183.

Ya visualizados los datos, el programa vuelve al inicio de la función loop(), repitiendo todas estas instrucciones hasta cortar o eliminar el suministro de energía. A continuación en la siguiente figura (2.12) se muestra el diagrama de flujo de la rutina del posicionamiento global.

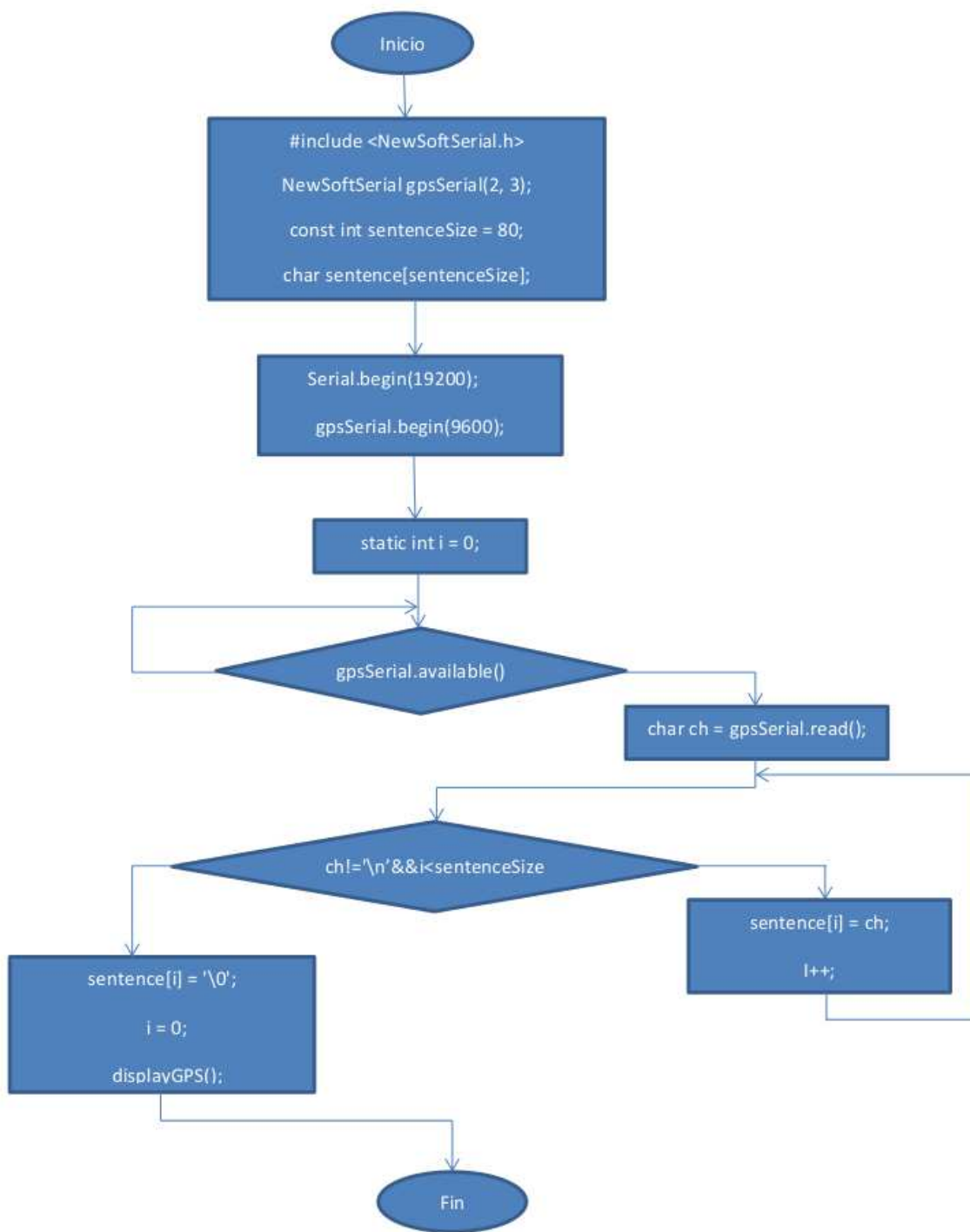


Figura 2.12: Diagrama de flujo del sistema de posicionamiento global.

2.3.3. Rutina de lectura del sensor de temperatura

Para poder utilizar el sensor de temperatura DS18B20 es necesario incluir dos librerías en la programación, estas vienen dadas por los nombres “OneWire” y “DallasTemperature”.

La librería “OneWire” se incluye para establecer la comunicación mediante el protocolo “1-wire” y la librería “DallasTemperature” se utiliza para la comunicación con el sensor. Se define el pin de la placa Arduino UNO R-3 que se usará con el protocolo 1-wire, Se crea una clase “**OneWire**” para trabajar con el pin elegido, y por último se redireccionan los datos del protocolo “1-wire” a la librería “DallasTemperature”.

En la función `setup()`, se inicializa el baud rate del puerto de comunicación y se inicia la librería para el funcionamiento del sensor de temperatura.

La función `loop()` llama al sensor para emitir el dato de la temperatura por medio de la instrucción: “`sensor.requestTemperatures()`”, para después obtener y visualizar los datos del valor de temperatura se utiliza la instrucción; “`serial.println(sensor.getTempCByIndex(0))`”.

En la figura (2.13), el diagrama de flujo del sensor de temperatura.

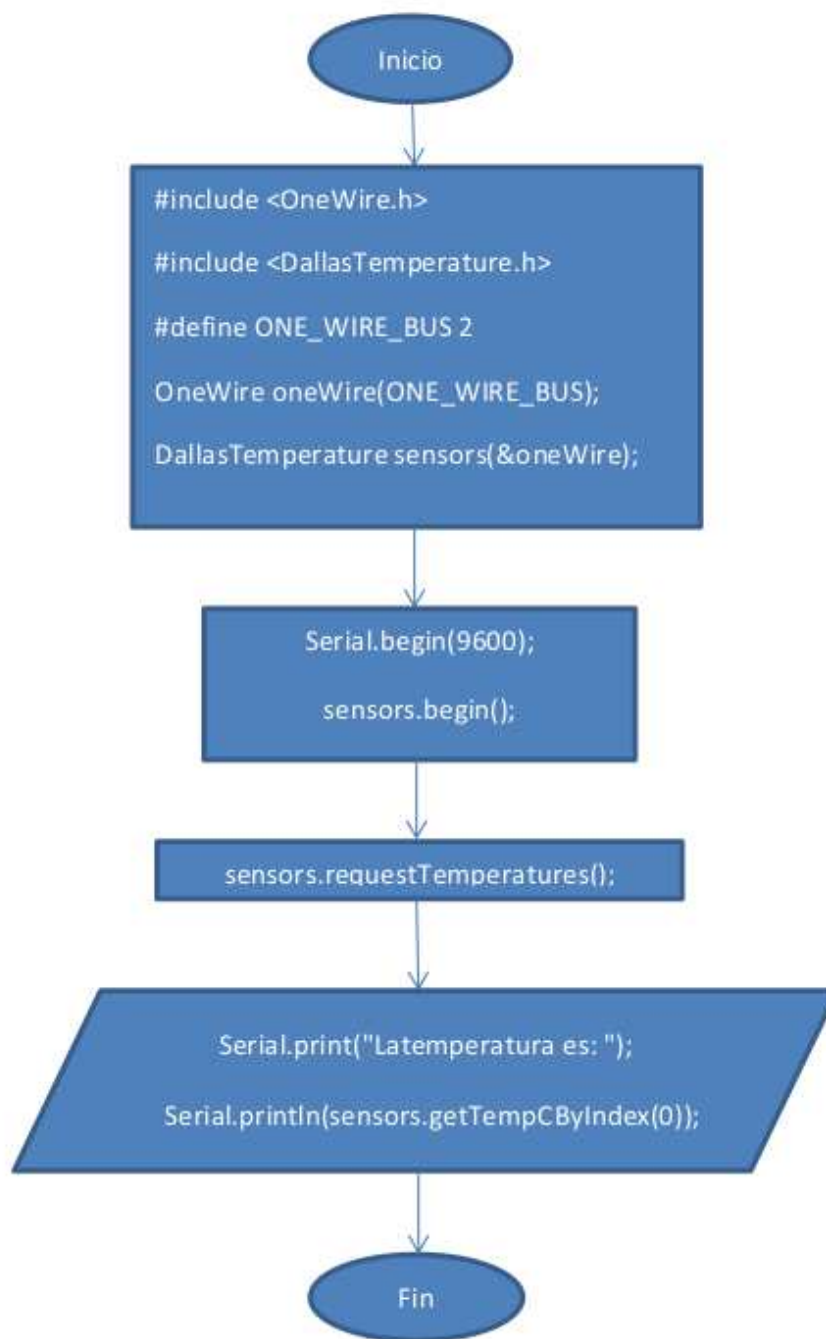


Figura 2.13: Diagrama de flujo del sensor de temperatura.

2.3.4. Rutina de lectura del voltaje de la batería

Este programa primeramente, inicializa el “baud rate” del puerto de comunicación serial dentro de la función `setup()`.

En la función `loop()` se declara la variable “sensorValue” de tipo entero, a la que se le asigna el dato obtenido del pin (0) analógico de la placa Arduino UNO R-3, se define otra variable de tipo float llamada `voltage`, en la que se puede almacenar números decimales.

La variable “voltage” guarda los valores resultantes acorde a la ecuación (1), que se emplea para convertir la señal analógica del pin (0) a una señal digital. En la figura (2.14), se muestra el diagrama de flujo del proceso de lectura del voltaje de la batería.

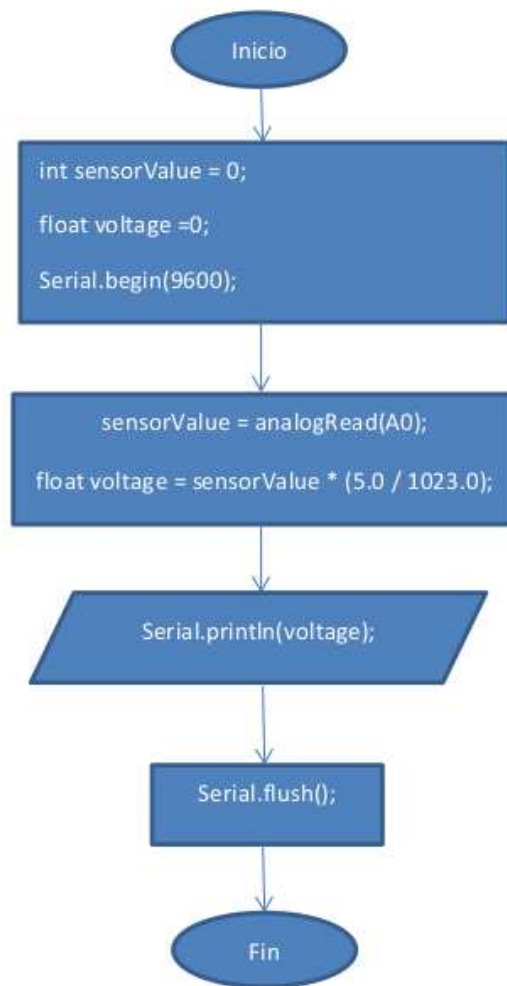


Figura 2.14: Diagrama de flujo de la lectura de voltaje.

2.3.5. Programa general: Integración de las rutinas

A partir de las rutinas descritas previamente, se lleva a cabo una integración para conformar el programa final que controla el dispositivo electrónico desarrollado en este trabajo de tesis. La integración se lleva a cabo, en el orden en cómo fueron descritas dentro de éste capítulo. Se integra primeramente la rutina de comunicación junto con la rutina de posicionamiento global. Las pruebas que se llevan a cabo en esta etapa corresponden al envío de datos hacia el servidor donde se almacenan los datos. Posteriormente se incluye la rutina del sensor de temperatura y la del divisor de voltaje.

2.4. Pruebas experimentales

En esta sección se describen las pruebas que se llevaron a cabo con la finalidad de validar el buen funcionamiento de cada dispositivo que integra al sistema electrónico con telemetría desarrollado en este trabajo. Los dispositivos integrados son: el sistema de comunicación, sistemas de posicionamiento global, el sensor de temperatura, el circuito divisor de voltaje y el suministro de energía. Las pruebas que se llevaron a cabo fueron dentro y fuera del laboratorio de Oceanografía física del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO), entre las pruebas de campo están: el funcionamiento del GPS a nivel del mar, cobertura de red para el envío de datos dentro de la Bahía de Todos Santos y determinar los prototipos de boyas de deriva con su respectivo Sistema Electrónico con Telemetría desarrollado en este trabajo de tesis.

2.4.1. Prueba de Laboratorio

Las pruebas llevadas a cabo en el laboratorio de Oceanografía física del IIO, en un ambiente controlado nos brinda información preliminar valiosa que nos permite hacer los ajustes necesarios en Hardware y Software para que el sistema electrónico implementado en una boya de deriva cumpla las expectativas deseadas. A continuación se describen las pruebas llevadas a cabo en el laboratorio.

- *Prueba del sistema de comunicación.*

Esta prueba consiste en verificar y validar que el módulo EFCOM del sistema de comunicación funcione correctamente. El módulo se encarga de enviar los datos adquiridos por el sistema electrónico hacia una base de datos. Esta operación se lleva a cabo con diferentes instrucciones y parámetros, como son: velocidad de comunicación, frecuencia de operación, inicializar el sistema en modo de texto y obtener una señal de recepción de buena calidad. Las instrucciones vienen dadas por medio de comandos tipo AT y son visualizadas en la terminal de comunicación de Arduino.

En la figura (2.15) se observa una impresión de pantalla de la terminal Arduino en donde se visualizan los comandos AT con su respectiva respuesta.

```

COM11
Starting SMS100B Communication...
yyyyyyyyyyAT
OK
AT+IPR=?
+IPR: (0), (0,1200,2400,4800,9600,19200,38400,57600,115200)

OK
AT+CSQ
+CSQ: 18,0

OK
AT+CMGF=?
+CMGF: (0,1)

OK
AT+CBAND=?
+CBAND: (EGSM_MODE,PGSM_MODE,DCS_MODE,GSM850_MODE,PCS_MODE,EGSM_DCS_MODE,GSM850_PCS_MODE,EGSM_PCS_MODE,ALL_BAND)

OK
AT+CBAND?
+CBAND: PCS_MODE,ALL_BAND

OK
AAAT+CMGF?
+CMGF: 0

OK
AT+CGATT=?
+CGATT: (0,1)

OK
AT+CGATT?
+CGATT: 1

OK
y

```

Figura 2.15: Prueba de comandos AT.

Cabe mencionar que fue necesario implementar un programa adicional de lectura y escritura en el Software Arduino para poder utilizar estos comandos.

Una vez comprobado que el módulo de comunicación funciona correctamente por medio de comandos AT, se desarrolló un programa que pudiese mandar un mensaje de texto a un teléfono celular por medio de estos comandos, tal y como se muestra en la figura (2.16).

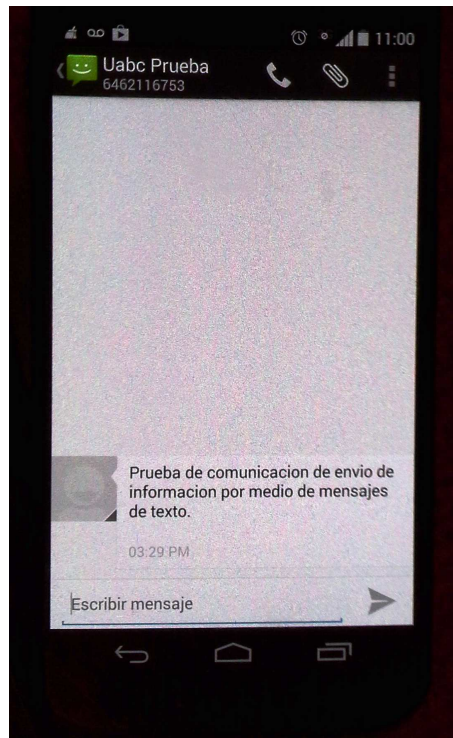


Figura 2.16: Prueba de envío de datos a teléfono celular.

- *Prueba de funcionamiento del sistema de posicionamiento global.*

En ésta etapa, se desarrolla un programa para la obtención y visualización de datos del sistema de posicionamiento global Venus GPS. En la figura (2.17) se muestra el dispositivo Venus GPS con su antena receptora, conectado a la placa Arduino UNO R-3. El sistema esta conectado al un puerto de comunicación de un ordenador, lo que perminte visualizar los datos correspondientes del Venus GPS.

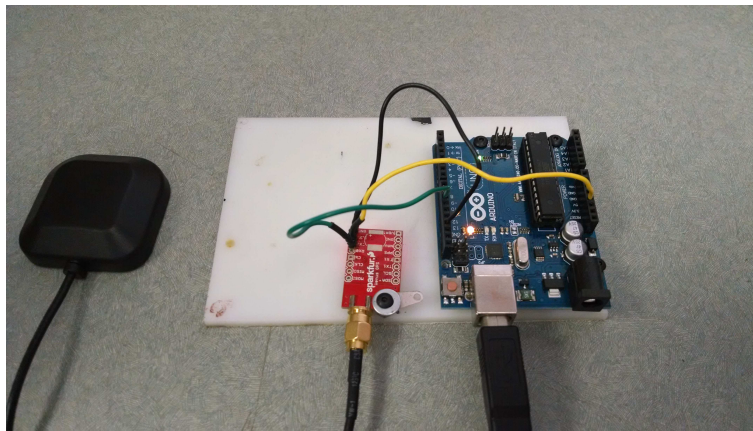


Figura 2.17: Prueba de GPS marca Venus

- *Prueba del sensor de temperatura.*

La prueba de validación de la operación del sensor de temperatura DS18B20 de la compañía Dallas Semiconductor se observa en la figura (2.18). Con la finalidad de evaluar su funcionamiento, ya que uno de los objetivos de la boya de deriva es medir la temperatura del mar, esta prueba consiste en introducir el sensor en un recipiente de agua en donde se determina simplemente su temperatura, pero llevando acabo una comparación con los datos obtenidos por un termometro universal.

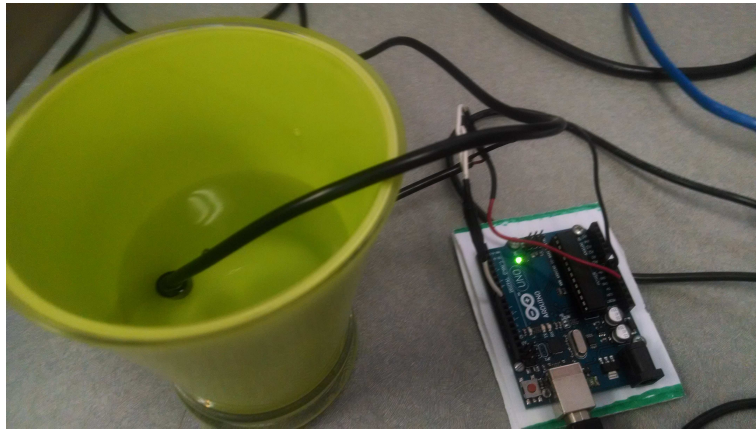


Figura 2.18: Prueba del sensor de temperatura Dallas DS18B20

- *Prueba del sistema de comunicación con el sistema de posicionamiento global.*

En esta prueba se adquieren los datos del Venus GPS y se envían por medio del sistema de comunicación, a un teléfono celular cada 32 segundos aproximadamente por un tiempo de cinco horas. El envío de la información a un teléfono celular fue una experimentación inicial de validación y funcionamiento de la integración del sistema de comunicación con el de posicionamiento global y sensor de temperatura.

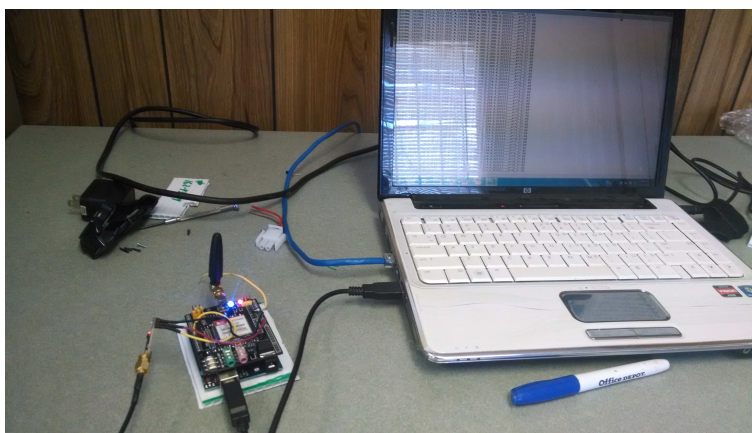


Figura 2.19: Sistema de comunicación, GPS, sensor de temperatura y Arduino para envío de datos.

- *Prueba de consumo de energía y medidor de voltaje.*

Para poder determinar qué tipo de batería es el más idóneo para el sistema electrónico con telemetría, primeramente determinamos con la ayuda de un amperímetro y un osciloscopio, el consumo de corriente que demanda el sistema electrónico, en su máxima etapa de operación. Montamos un arreglo experimental como el que se muestra en la figura (2.20), afin de determinar el valor nominal del consumo de corriente, arrojandonos un valor de 310 mA como picos máximos.

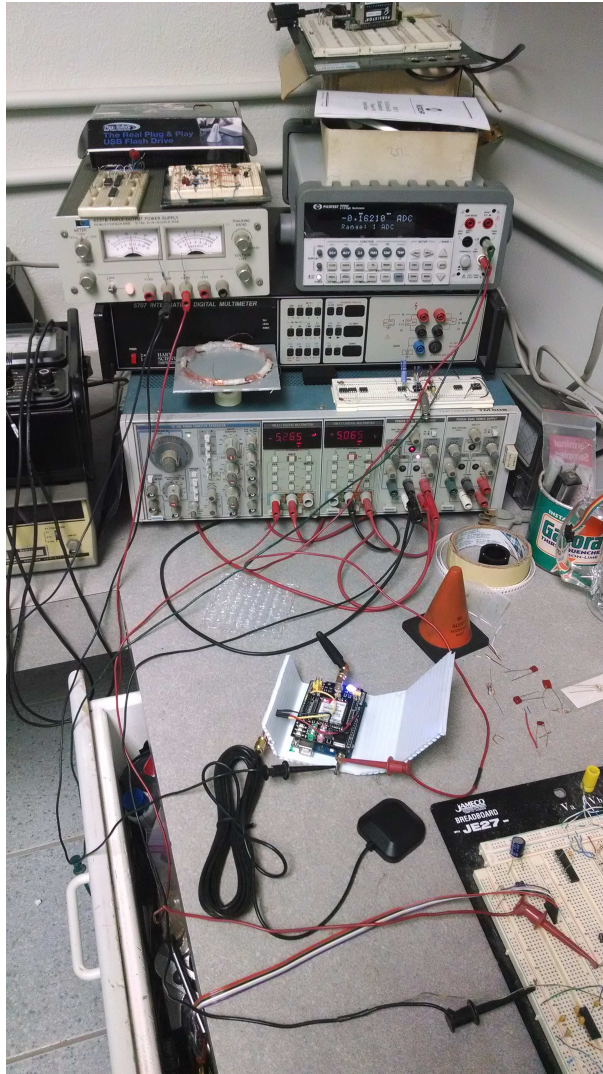


Figura 2.20: Medición de corriente del instrumento.

Bajo este contexto se da a la tarea de seleccionar una batería o un arreglo de ellas que que satisfagan la demanda del sistema. Se toman en cuenta entre otros requerimientos para seleccionar la batería: consumo de corriente que demanda el sistema en su máxima operación, las dimensiones propias de la batería, su tiempo de vida y el impacto ambiental que puedan generar cuando lleguen a su ciclo de vida.

Bajo este contexto se elige poner a prueba tres tipos de baterías: Alcalinas clase C, Ácido plomo y polímero de iones de litio.

Tipo de batería (arreglo de baterías)	Voltaje	Amperio Hora
Alcalina clase C	12V	15 AH
Plomo Acido	12V	10 AH
Polimero de litio	11.1V	12 AH

Tabla 2.5: Características de prototipos de batería.

Cada una de las baterías seleccionadas se ponen a prueba en la operación del sistema electrónico, hasta que se agote su energía. El sistema electrónico en esta prueba simula una operación continua de trabajo, tal y como se espera que funcione integrado a una boya de deriva. El sistema envía información del posicionamiento global y particularmente se presta atención objetiva de esta prueba, al estado que guarda el voltaje del suministro del sistema con forme pasa el tiempo.

A partir de estos datos con una tasa de muestro de aproximadamente dos minutos, se generan unas gráficas de voltaje contra tiempo para cada tipo de batería bajo análisis, a fin de poder de manera visual analizar su comportamiento. El dato del voltaje bajo análisis se obtiene del arreglo del divisor de voltaje presentado en la sección (2.2.5).

En la figura (2.21) presentamos una fotografía de una de las baterías bajo prueba conectadas con nuestro sistema electrónico.



Figura 2.21: Prueba de efectividad de suministros de energía.

- *Prueba de flotabilidad de la boya de deriva.*

El sistema electrónico desarrollado, tiene como objetivo implementarse en una boya de deriva. Bajo este contexto, se lleva a cabo una serie de pruebas entre ellas la de flotabilidad e impermeabilidad, con el sistema electrónico y su batería de suministro de energía integrados a la boya, afin de garantizar la óptima operación de nuestro sistema en campo. se desarrollo un diseño de una boya de deriva que consiste en: Placa Arduino UNO R-3, módulo de comunicación EFCOM, sensor de temperatura DS18B20, medidor de voltaje y suministro de energía y que se muestra en la figura (2.22).

En la parte superior de la boya de deriva se aloja el sistema el sistema de telemetría y en la parte inferior, el suministro de energía del sistema y el contra peso.

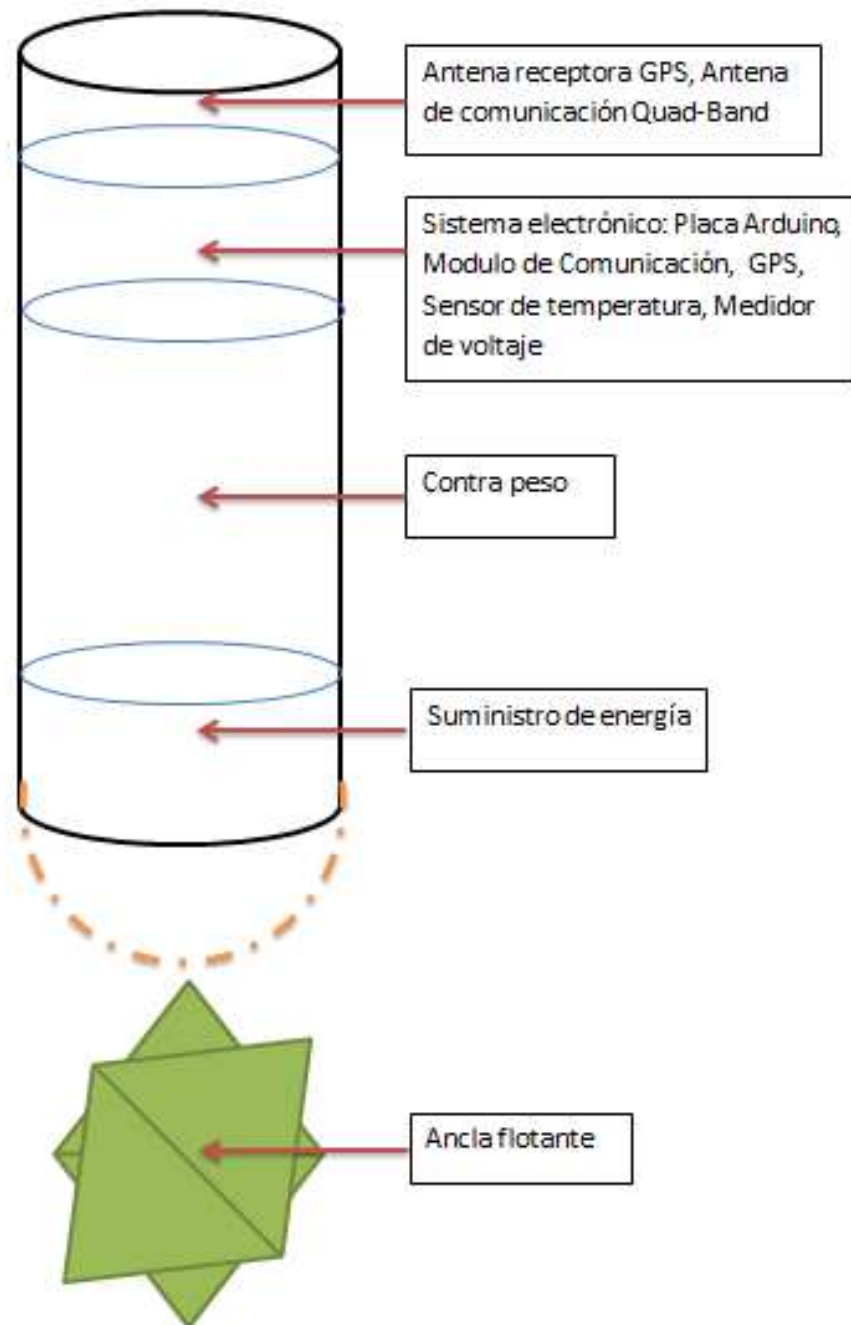


Figura 2.22: Diagrama de la boya de deriva implementada.

En las figuras (2.23) y (2.24) se muestra una fotografía de las boyas de deriva desarrolladas e integradas con el sistema electrónico desarrollado.



Figura 2.23: Prueba de flotabilidad 1.



Figura 2.24: Prueba de flotabilidad 2.

2.4.2. Pruebas de Campo

A partir de los resultados satisfactorios obtenidos de las diferentes pruebas de laboratorio a los que sometimos nuestros sistemas, se fabricaron varios prototipos, que fueron evaluados fuera del laboratorio.

- *Prueba de campo 1 (Sistema electrónico en movimiento)*

Una de las primeras pruebas llevadas a cabo, fue validar la transmisión y recepción del posicionamiento global que guarda el sistema electrónico en movimiento. Para tal efecto acondicionamos un prototipo por nombre DORIS 1, como en el que se muestra en la figura (2.25), el cual contiene el sistema de comunicación EFCom, sensor de temperatura y el sistema GPS Venus 638-FLPx acoplados en la placa Arduino UNO R-3. Los datos correspondientes del posicionamiento global son recibidos por un servidor ubicado en el departamento de Oceanografía Física del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) de la UABC.

La prueba consistió en captar los datos que arroja el sistema alojado en un automóvil en movimiento. La tasa de envío de información es de aproximadamente dos minutos. Los datos recibidos en el servidor OCOMEX se procesan y construye una gráfica en 2D para su análisis.



Figura 2.25: DORIS 1

- *Prueba de campo 2 (Sistema electrónico en una boya de anclaje).*

A fin de validar la calidad de la transmisión y recepción de los datos del posicionamiento global de nuestro sistema electrónico en condiciones más cercanas para las que fue diseñado el sistema, se aloja el dispositivo en una boya de anclaje para mediciones de oleaje. En la figura (2.26) se muestra una fotografía del prototipo electrónico en la etapa de preparación para ser alojado en la boya de anclaje. La boya se ubica aproximadamente a dos KM de la Isla de Todos Santos, en Ensenada B.C, México.

En la figura (2.27) se muestra una fotografía de la boya de anclaje con el dispositivo electrónico de telemetría alojada. Los datos arrojados por el sistema son recibidos en el servidor OCOMEX con los cuales construimos una gráfica en 2D para análisis de los datos. Esta prueba se desarrolló por un intervalo de tiempo de aproximadamente 10 minutos. Los datos que obtuvimos fueron: posicionamiento global de la boya de anclaje y la cobertura de red celular local.

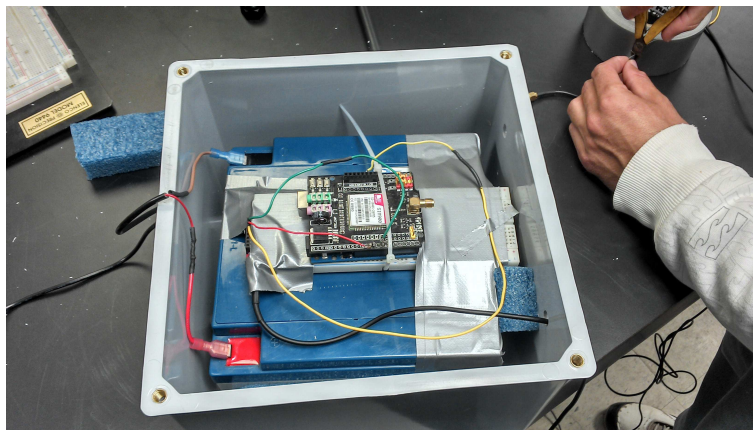


Figura 2.26: DORIS 2.

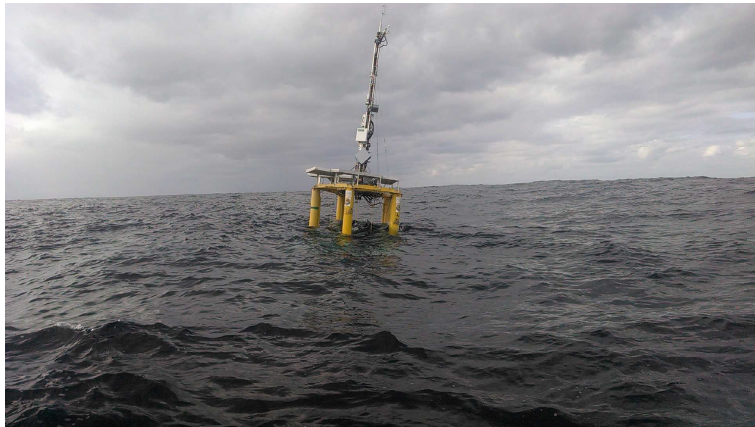


Figura 2.27: Dispositivo instalado en un anclaje para medir oleaje.

- *Prueba de campo 3 (Sistema electrónico en una boya de deriva).*

Finalmente de los resultados positivos obtenidos de las pruebas de campo, montamos el sistema electrónico en la boya de deriva bajo el diseño descrito en la sección (2.4.1). Las pruebas se llevan a cabo en la Bahía de Todos Santos, en Ensenada B.C, México, con tres sistemas electrónicos alojados en sus respectivas boyas de deriva. Las tres boyas con sus sistemas electrónicos con telemetría fueron puestos en operación simultáneamente y cuyo datos fueron clasificados, a fin de poder ser analizados. Las mediciones arrojados pro cada sistema, fueron monitoreados durante un día.

A partir de los datos recibidos en el servidor OCOMEX construimos una gráfica en 2D, para validar que la boya de deriva con el diseño propuesto, e implementada con el sistema electrónico de telemetría desarrollado, cumple con el objetivo planteado en el desarrollo de este trabajo de tesis.

Los datos completos que arroja el sistema son: posicionamiento global, temperatura, voltaje del suministro de energía y se presentan en un formato TXT.

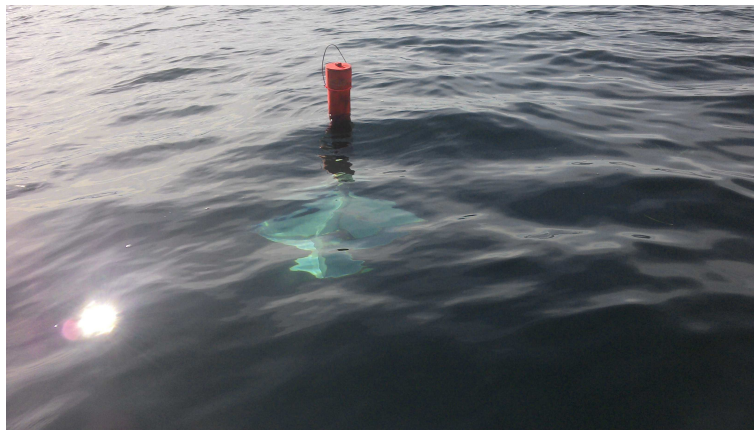


Figura 2.28: Boya de deriva prototipo final: DORIS.

Capítulo 3

Resultados experimentales

3.1. Resultados de laboratorio

- *Resultados de: sistema de comunicación.*

En base a esta prueba se obtuvieron los comandos AT necesarios para determinar la configuración del sistema, como son: AT+IPR, AT+CSQ, AT+CMGF, AT+CBAND, AT+FTPPUT, AT+FTPPUTNAME, AT+SAPBR, AT+CSTT, AT+FTPUN, AT+FTPPW, AT+FTPCID, AT+FTPSERV y AT+FTPPUTPATH, de manera que se estableció un estándar de comandos AT que se utilizará. En lo que respecta a la comunicación con la placa Arduino UNO R-3 y el módulo EFcom, se establece un parámetro de “baud rate” de 19200 que se utilizará para la comunicación entre estos dos dispositivos. El motivo por el que se emplea este valor es porque existe un protocolo que establece que a valores más altos de “baud rate” los dispositivos involucrados deben localizarse juntos, para no perder datos de comunicación y a valores pequeños los dispositivos pueden estar alejados manteniendo una comunicación lenta y segura. El número que se establezca como baud rate hace referencia al número de bits por segundo.

Para establecer la frecuencia de operación del servicio de comunicación GPRS, se investigó acerca de las frecuencias utilizadas en el país, al obtener una serie de infor-

mación se llegó a la conclusión de que deberá programarse para trabajar a las cuatro frecuencias (850, 900, 1800 y 1900 MHz) de operación con las que cuenta la tecnología GPRS.

- *Resultado de: sistema de comunicación con el sistema de posicionamiento global.*

En el laboratorio se procedió a evaluar el componente Venus GPS. Se desarrolló un programa para la obtención y visualización de los datos generados por el sistema, los cuales se despliegan en la terminal de comunicación de Arduino. La manera en que se visualizan estos resultados vienen dados por la estructura RMC (Recommended Minimum Specific GNSS Data) que viene dada por el protocolo NMEA-0183. Esta estructura de datos que se muestra en la figura (3.1), y en la figura (3.2) se describe a detalle el contenido de la estructura obtenida en esta prueba.

```

-$GPRMC_134840.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*79
-$GPRMC_134843.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7A
-$GPRMC_134846.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7F
-$GPRMC_134849.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*70
-$GPRMC_134852.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7A
-$GPRMC_134855.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7D
-$GPRMC_134858.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*70
-$GPRMC_134901.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7D
-$GPRMC_134904.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*78
-$GPRMC_134907.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7B
-$GPRMC_134910.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7D
-$GPRMC_134913.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7E
-$GPRMC_134916.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7B
-$GPRMC_134919.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*74
-$GPRMC_134922.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7C
-$GPRMC_134925.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7B
-$GPRMC_134928.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*76
-$GPRMC_134931.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7E
-$GPRMC_134934.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7B
-$GPRMC_134937.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*78
-$GPRMC_134940.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*78
-$GPRMC_134943.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7B
-$GPRMC_134946.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7E
-$GPRMC_134949.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*71
-$GPRMC_134952.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7B
-$GPRMC_134955.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7C
-$GPRMC_134958.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*71
-$GPRMC_135001.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*75
-$GPRMC_135004.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*70
-$GPRMC_135007.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*73
-$GPRMC_135010.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*75
-$GPRMC_135013.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*76
-$GPRMC_135016.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*73
-$GPRMC_135019.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7C
-$GPRMC_135022.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*74
-$GPRMC_135025.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*73
-$GPRMC_135028.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*7E
-$GPRMC_135031.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*76
-$GPRMC_135034.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*73
-$GPRMC_135037.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*70
-$GPRMC_135040.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*70
-$GPRMC_135043.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*73
-$GPRMC_135046.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*76
-$GPRMC_135049.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*79
-$GPRMC_135052.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*73
-$GPRMC_135055.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*74
-$GPRMC_135058.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*79
-$GPRMC_135101.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*74
-$GPRMC_135104.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*71
-$GPRMC_135107.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*72
-$GPRMC_135110.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*74
-$GPRMC_135113.429_A_3153.2048_N_11636.8807_W_000.0_257.8_041113_._A*77

```

Figura 3.1: Datos enviados por el sistema Venus GPS.

Field	Name	Example	Description
1	UTC time	0111636.932	UTC time in hhmmss.sss format (000000.00 ~ 235959.999)
2	Status	A	Status 'V' = Navigation receiver warning 'A' = Data Valid
3	Latitude	2447.0949	Latitude in dddmm.mmmm format Leading zeros transmitted
4	N/S indicator	N	Latitude hemisphere indicator 'N' = North 'S' = South
5	Longitude	12100.5223	Longitude in dddmm.mmmm format Leading zeros transmitted
6	E/W Indicator	E	Longitude hemisphere indicator 'E' = East 'W' = West
7	Speed over ground	000.0	Speed over ground in knots (000.0 ~ 999.9)
8	Course over ground	000.0	Course over ground in degrees (000.0 ~ 359.9)
9	UTC Date	030407	UTC date of position fix, ddmmyy format
10	Mode indicator	A	Mode indicator 'N' = Data not valid 'A' = Autonomous mode 'D' = Differential mode 'E' = Estimated (dead reckoning) mode 'M' = Manual input mode 'S' = Simulator mode
11	checksum	61	

Figura 3.2: Descripción de datos de la estructura RMC.

- *Resultado de: sensor de temperatura.*

Para probar el funcionamiento del sensor de temperatura se generó un programa en la plataforma Arduino, el cual tenía como objetivo determinar el funcionamiento del sensor de temperatura, una vez que se realizaron diferentes pruebas y comparando los resultados con un termómetro universal de laboratorio, se llegó a la conclusión de que el funcionamiento tanto del programa diseñado para esta prueba como del sensor de temperatura son adecuados.

- *Resultado de: sistema de comunicación con el sistema de posicionamiento global y sensor de temperatura.*

Una vez que se evalúa el funcionamiento del sistema comunicación, el sistema de posicionamiento global y el sensor de temperatura, se procede a ensamblar estos tres dispositivos para evaluar su funcionamiento en conjunto, de manera que se diseña un programa que envíe los datos obtenidos del GPS y del sensor de temperatura a un teléfono celular, como se muestra en la figura (3.3) mediante un mensaje de texto.

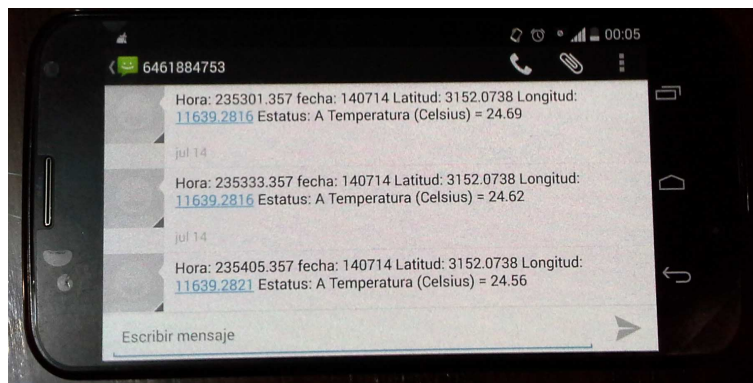


Figura 3.3: Prueba teléfono celular con mensaje de datos GPS y temperatura.

- *Resultado de: consumo de energía y medidor de voltaje.*

La finalidad de esta prueba, es conocer la corriente consumida por el dispositivo, conformado por el sistema de comunicación, el sistema de posicionamiento global y la placa Arduino UNO R-3. Este proceso se llevó a cabo realizando mediciones por medio de un osciloscopio y amperímetro, obteniéndose los resultados que se presentan en la tabla (3.1).

Elementos electrónicos	Corriente medida (mA) Aprox.
Arduino UNO R-3	53 a 57 mA
Arduino UNO R-3 y sistema de comunicación en modo de registro de red	82 a 200 mA
Arduino UNO R-3 y sistema de comunicación en modo registrado	73 a 76 mA
Arduino UNO R-3, sistema de comunicación (apagado) y sistema de posicionamiento global	140 mA
Arduino UNO R-3, sistema de comunicación y sistema de posicionamiento global	163 mA
Arduino UNO R-3, sistema de comunicación y sistema de posicionamiento global. (transmitiendo información)	310 mA

Tabla 3.1: Tabla de consumo de corriente.

Para la evaluación del consumo de energía de la batería, utilizamos un divisor de voltaje de aproximadamente 12.95V a 4.98V, con la finalidad de monitorear el voltaje. La lectura de voltaje se determinara por medio de una entrada analógica de la placa Arduino UNO R-3, la cual requiere un voltaje de entrada máxima de 5v. En la tabla (3.2), se muestra la relación experimental entre el voltaje de suministro y el de entrada a la placa Arduino.

Fuente de poder	Divisor de voltaje (multímetro)	Arduino (lectura pin analógico) aprox.
12.95V	4.88 a 4.92V	4.85 a 4.90V
12.09V	4.20V	4.53 a 4.57V
11.2V	3.82V	4.13 a 4.16V
10.1V	3.461V	3.75 a 3.79V
9.04V	3.461V	3.38 a 3.43V
8.00V	3.062V	2.99 a 3.03V
7.00	2.683V	2.61 a 2.65V
6.04V	2.314V	2.24 a 2.30V
5.00V	1.915V	1.84 a 1.90V

Tabla 3.2: Tabla de relación de voltaje.

En la prueba que se llevó acabo para determinar la descarga ocasionado por el sistema electrónico a la batería, nos proporciona una serie de graficas donde se compara el voltaje de caída de la batería con respecto al tiempo, como se puede apreciar en las siguientes figuras.

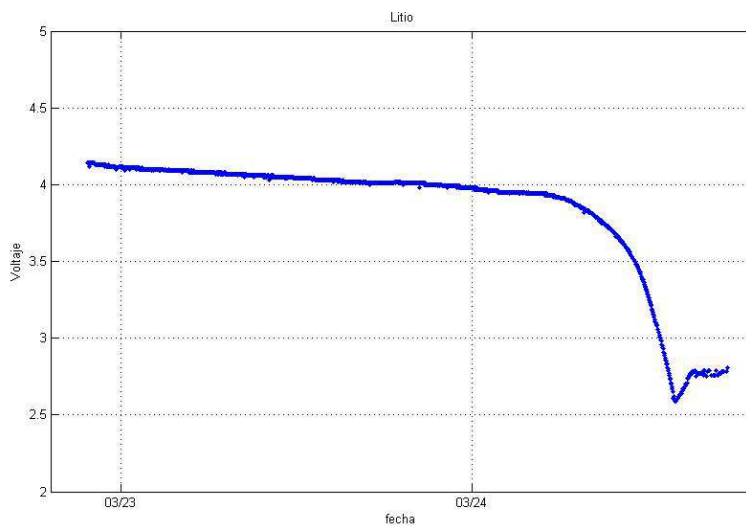


Figura 3.4: Gráfica de batería de litio de voltaje contra tiempo.

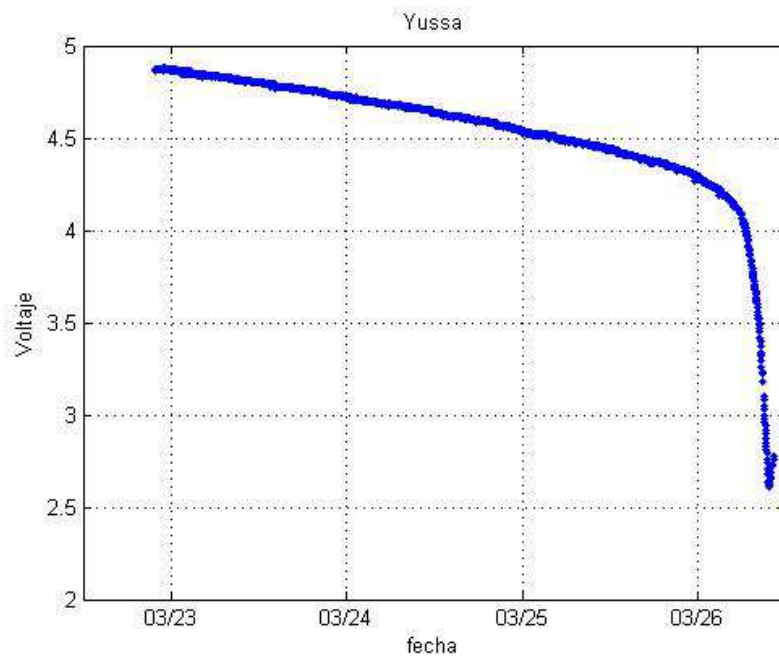


Figura 3.5: Gráfica de batería de ácido-plomo de voltaje contra tiempo.

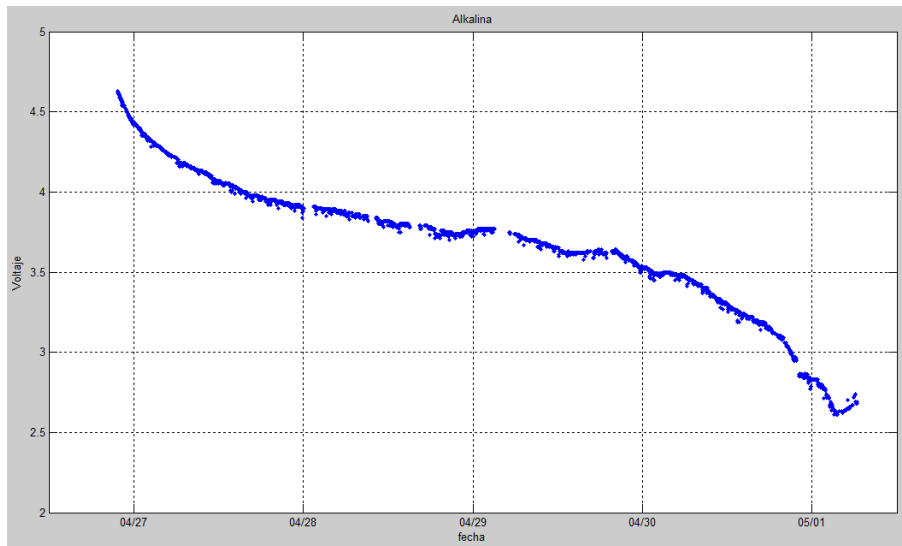


Figura 3.6: Gráfica de batería alcalina de voltaje contra tiempo.

En la gráfica de la figura (3.4) se aprecia el rendimiento de la batería de litio, en donde se refleja a diferencia de las otras baterías (alcalinas y ácido-plomo), que la caída de voltaje es estable pero de poca duración. Mientras que la durabilidad entre las baterías alcalinas y ácido-plomo es de aproximadamente un día, se puede observar que la batería alcalina no tiene una caída de voltaje estable comparado con la batería de litio y ácido-plomo, y la batería de ácido-plomo tiene una estabilidad de caída de voltaje mayor que la alcalina pero menos que la de litio.

3.2. Resultados de campo

- *Resultado de campo 1 (Sistema Electrónico en movimiento).*

El prototipo construido para esta prueba de campo, contiene: Arduino UNO R-3, el sistema de comunicación EFCOM, sistema de posicionamiento global Venus 638-FLPx, antena receptora GPS, antena de comunicación de cuatro bandas, pantalla LCD y el suministro de energía de 12V 15AH. El prototipo se alojó dentro de un automóvil para monitorear su desplazamiento, durante el tiempo de vida del suministro de energía. Los datos adquiridos del desplazamiento del automóvil fueron enviados a una base de datos por medio del sistema de comunicación EFCOM, el cual utiliza la tecnología GPRS. Los datos fueron graficados para determinar el curso del automóvil a través de su latitud y longitud, como se puede apreciar en la figura (3.7). En la gráfica se aprecian diferentes puntos, algunos prácticamente encima de cada punto, mientras que otros se observan distanciados, esto se debe a que el vehículo se desplazaba con una velocidad variante dentro de la ciudad de Ensenada B.C, México. Por lo tanto el tráfico de la ciudad, semáforos, altos, entre otras adversidades, son algunas de las causas por lo que el vehículo no se desplace de manera constante, por lo que el GPS genera datos prácticamente en un mismo punto.

■ *Resultado de campo 2 (Sistema electrónico en una boya de anclaje)*

Esta prueba se diseñó para que el prototipo trabajará en simbiosis con una boya de anclaje. Bajo este contexto se implementó un nuevo prototipo, el cual se conforma por: Arduino UNO R-3, sistema de comunicación EFCOM, sistema de posicionamiento global Venus 638-FLPx, antena receptora GPS, antena de comunicación de cuatro bandas y un suministro de energía de 12V. El dispositivo en operación junto con la boya de anclaje generó datos crudos de la posición global, a una frecuencia de transmisión de una hora. Con la información arrojada por medio del sistema electrónico, que corresponde alrededor de 400 datos y con un procesamiento de información, en el cual se filtra el dato de latitud y longitud de una trama de datos otorgada por todo el Venus GPS, se obtuvo la gráfica que se muestra en la figura (3.8), que corresponde al movimiento de traslación de la boya de anclaje por aproximadamente 11 días. Este prototipo a diferencia del pasado, es que este está diseñado para soportar salpicaduras de agua (WaterProof) y contiene una fuente de alimentación de 12V a 26AH.

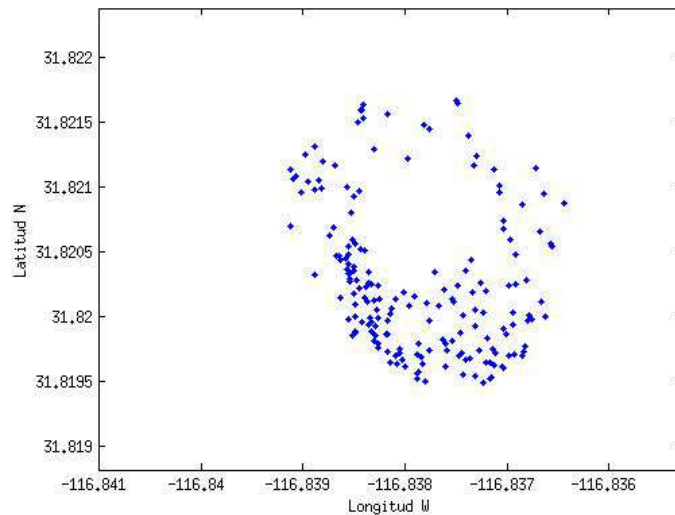


Figura 3.8: Desplazamiento registrado por el dispositivo instalado en un anclaje.

- *Resultado de campo 3 (Sistema electrónico en una boya de deriva).*

Esta prueba contempla la integración del sistema electrónico con todos los elementos de Hardware y Software considerando así como nuestro prototipo final, mismo que es implementado en una boya de deriva.

Nuestro sistema electrónico con telemetría queda formado por: Arduino UNO R-3, el sistema de comunicación EFCOM, sistema de posicionamiento global Venus 638-FLPX, antena receptora GPS, antena de comunicación de cuatro bandas y un suministro de energía de 12V con la batería de ácido-plomo. La estructura de la boya de deriva es de forma tubular, de manera que el suministro de energía está alojado en la parte inferior y tanto la antena GPS y la de comunicación están ubicadas en la parte superior, dejando así una mayor posibilidad para obtener una buena calidad de recepción de la antena GPS para recibir los datos de los sistemas satelitales. Por otra parte la antena de comunicación de cuatro bandas genera una mejor calidad de señal para el envío de información.

Se construyeron tres prototipos con las características de nuestro prototipo final. Los cuales fueron puestos en la Bahía de Todos Santos, generando así datos crudos para determinar el flujo de corrientes que se encuentren dentro de esta zona. En la figura (3.9) se muestra el desplazamiento de las boyas de deriva generado por las corrientes marinas de la Bahía.



Figura 3.9: Desplazamiento registrado por el dispositivo instalado en boyas de deriva liberadas en océanos semi-abiertos.

Capítulo 4

Discusiones y conclusiones

Para la elección final del suministro de energía se tomaron en cuenta primordialmente el tiempo de vida, precio, impacto ambiental (en base al reciclaje de la batería) y tamaño. Tomando en cuenta la utilización de los tres diferentes tipos de suministros de energías, se desarrolló la siguiente tabla:

Suministro de energía	Recargable	Tamaño	Tiempo de vida	Precio	Impacto ambiental	Ciclos de vida
Ácido-plomo	Si	97.5x151x50mm	3.5 días	30.00 dls	Regular	1000
Polímero de Litio	Si	419x49x28mm	1.6 días	305.00 dls	Regular	150
Alcalina	No	100x45x100mm	4.3 días	10.00 dls	Negativo	1

Tabla 4.1: Comparación de baterías.

Se le dió un orden de importancia a las variables y conforme a este orden se fue catalogando cual era el suministro de energía óptimo para el sistema electrónico con telemetría. En primer instancia se inició el análisis de tiempo de vida y ciclos de vida, por lo que se puede apreciar a ese punto, que la batería sobresaliente en este punto fue la de ácido-plomo, una vez que se procede al segundo punto de orden de importancia, el cual se le atribuye el tamaño y precio, en comparación a estas dos variables, la batería que se destacó fue la de tipo alcalina, pero considerando el último punto de importancia que es, el impacto ambiental, la batería de tipo alcalina fue la que obtuvo un impacto negativo mayor a los otros tipos de batería. En base a lo anterior se puede concluir que la batería de polímero de litio queda descartada, y que por orden de importancia la batería de ácido-plomo es la mejor en base a este estudio.

Considerando que la batería que se tomó como suministro de energía final está basada en los análisis realizados, se hace una comparación entre la importancia de estos puntos. Por lo que a pesar de que la batería alcalina cuenta con dos puntos a favor, que tienen una importancia considerable, también a su vez un provee un punto negativo muy importante. El cual hace referencia al precio y ciclo de vida de la batería. Debido a que solo presenta un ciclo de vida y es cierto que presenta un costo bajo, este tipo de batería a largo plazo consumirá un mayor costo al tener que reemplazarlas, ya que solo presentan un ciclo de vida.

En cambio en lo que respecta a la batería de ácido-plomo el precio es 3 veces mayor al precio de las de tipo alcalina, pero dado que la de tipo de ácido-plomo contienen 1000 ciclos de vidas, el costo por batería sería conforme a los ciclos de 0.03 dls, esto se acredita al hecho de que la batería es recargable y mientras se realicen las recargas de manera adecuada pueden permanecer con un desempeño óptimo durante 1000 ciclos.

Tomando en cuenta todo lo anterior, se concluye que la mejor batería para el desarrollo de este sistema electrónico, es la batería de ácido-plomo, añadiendo que el impacto ambiental que presentara no es tan grande como el que presenta la batería alcalina.

En trabajos realizados con boyas de deriva, la mayoría utilizan comunicación vía satélite para la transmisión de información o datos recabados. El costo por el servicio de comunicación vía satelital, viene dado por el trabajo de investigación realizado por Michael Prior-Jones, en donde hace un análisis de costos de los diferentes servicios de comunicación de este tipo. La tabla (4.2), que se muestra a continuación, contiene los precios por la renta del servicio de datos al mes.

Sistema	1MB (Renta mensual dlls)	10MB (Renta mensual dlls)	100MB (Renta mensual dlls)	1000MB (Renta mensual dlls)
Iridium dialup	72.00	594.00	5814.00	58014.00
Iridium RUDICS	51.00	384.00	3714.00	37014.00
Iridium OpenPort	52.00	126.00 (32 kbits/s)	700.00 (32 kbits/s) 805.00 (64 kbits/s)	5600.00 (32 kbits/s) 6300.00 (64 kbits/s) 7470.00 (128 kbits/s)
Fleet MPDS	34.00	340.00	3400.00	34000.00
Fleet 33 dialup	43.00	430.00	4300.00	43000.00
Fleet 55/77 ISDN	15.00	150.00	1500.00	15000.00
Fleet 77 ISDN2	14.00	130.00	1300.00	1300.00
BGAN	57.00	120.00	750.00	7050.00
FleetBroadband	30.00	120.00	1200.00	12000.00
Thuraya dialup	50.00	185.00	1535.00	15030.00
Thuraya GmPRS	55.00	82.50	578.00	5528.00
ThurayaIP	550.00	550.00	550.00	5528.00
Globalstar dialup	55.00	190.00	1540.00	15040.00

Tabla 4.2: Comparación de servicios satelitales.

Por otra parte se tiene la tecnología GPRS, que comparte el rango de frecuencias de la red GSM utilizando una transmisión de datos por medio de "paquetes". Esto hace más adecuado y rápido el procedimiento para transmitir datos. En la siguiente tabla (4.3), se muestra el costo mensual por el servicio de la compañía telefonica celular local que se utilizó.

Tipo de comunicación	500MB (Renta mensual)	1GB (Renta mensual)	3GB (Renta mensual)	5GB (Renta mensual)
Telefonía celular	199.00 (pesos)	249.00 (pesos)	299.00 (pesos)	449.00 (pesos)

Tabla 4.3: Costo de servicio de telefonía celular local.

Dado que como se muestra en las tablas (4.2 y 4.3) es más económico utilizar la tecnología GPRS para el envío de información que el servicio satelital, cabe resaltar que se utilizó la tecnología GPRS por el área de estudio que empleará este sistema electrónico, ya que en dicha zona aún cuenta con la cobertura de telefonía local.

Es importante señalar que esta boya de deriva se utilizará en zonas costeras, siempre y cuando exista una red de cobertura. Por lo tanto descrito lo anterior se tiene que, al utilizar módulos de comunicación GPRS resulta ser más económico, pero tiene la limitante que solo se podrá utilizar en área donde exista una cobertura con esta tecnología de comunicación GPRS. Por otro parte los módulos de comunicación satelital son más costosos, pero tienen la ventaja de que pueden operar en casi cualquier parte del mundo.

En lo que concierne a como se determinó que tipo de modelos de Arduino se utilizarían para ser el eje central del sistema electrónico con telemetría, se tuvieron que analizar diferentes puntos como los son:

- *Tipo de microcontrolador*
- *Que fuese compatible con un módulo de comunicación.*
- *Que contase con un número apropiado de entradas y salidas digitales, así como analógicas.*
- *Que fuese fácil y práctico de utilizar.*
- *Que fuese confiable y seguro.*
- *Que tuviese la opción de añadirle otros aditamentos para trabajos futuros.*
- *Que fuese compacto en su diseño.*
- *Que fuese fácil de adquirir.*

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, se pretendió utilizar Arduino Mega2560, Arduino UNO R-3 y Arduino Mega ADK. Dado que Arduino Mega2560 y Arduino Mega ADK contiene un gran número de pines de entradas y salidas digitales como analógicas, estos los hacen menos compactos, aunque para el gran número de pines, espacios de memoria que contenían, resultaban ser interesantes para la utilización de trabajos futuros. Por otro lado Arduino UNO R-3 resultó ser ideal, ya que contiene un ensamble casi perfecto con el módulo de comunicación EFCOM, a su vez es compacto y contiene un número de pines apropiados para este trabajo de investigación.

4.1. Trabajos futuros

En lo que respecta a los trabajos futuros, se puede considerar el hecho de añadir paneles solares, de modo que estos paneles recarguen el suministro de energía y así permitir su funcionalidad por un periodo mayor. Así como también el hecho de incorporar sensores como; pH, salinidad, oxígeno, etc.

Por otro parte, se podría implementar en boyas de deriva con un tamaño menor al prototipo desarrollado, utilizando este mismo sistema electrónico con telemetría, de manera que los nuevos diseños de boyas de deriva puedan ser incorporados al mar por medio de drones, ahorrando así el viaje el cual con lleva el costo de gasolina, personal de operación y tiempo. Estos drones podrán ser manipulados a control remoto desde una base central.

ÁPENDICE

4.2. Programa: Sistema de comunicación

```
#include <NewSoftSerial.h>
NewSoftSerial mySerial(2, 3);
```

```
void setup()
{
  mySerial.begin(19200);
  Serial.begin(19200);
  delay(35000);
}
```

```
void loop()
{
  Internet();
  SapBr();
  Servidor();
  enviardato();
}
```

```
void enviardato()
{
    mySerial.print("AT+FTPPUTNAME= archivo1");
    ShowSerialData();
    delay(2000);
    mySerial.println("AT+FTPPUT=1");
    ShowSerialData();
    delay(25000);
    ShowSerialData();
    mySerial.println("AT+FTPPUT=2,38");
    delay(1000);
    ShowSerialData();
    mySerial.print("Enviar dato: Gomez liera juan alberto");
    mySerial.println((char)26);
    delay(1000);
    ShowSerialData();
}

void ShowSerialData()
{
    while(mySerial.available() != 0)
        Serial.write(mySerial.read());
}

void SapBr()
{
    mySerial.println("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\",\"GPRS\"");
    delay(5000);
}
```

```
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\", \"internet.itelcel.com\");
delay(5000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+SAPBR=3,1,\"USER\", \"webgprs\");
delay(5000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+SAPBR=3,1,\"PWD\", \"webgprs2003\");
delay(6000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+SAPBR=1,1");
delay(8000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+SAPBR=2,1");
delay(3000);
ShowSerialData();
}

void Servidor()
{
  mySerial.println("AT+FTPCID=1");
  delay(1000);
  ShowSerialData();
  mySerial.println("AT+FTPSERV=\"ocomex.ens.uabc.mx\");
  delay(2000);
  ShowSerialData();
  mySerial.println("AT+FTPUN=\"usuario\");
  delay(2000);
  ShowSerialData();
}
```

```
mySerial.println("AT+FTPPW=\"password\"");
delay(2000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+FTPPUTPATH=\"/boyas_iio_temp/id_1629354_yussa\"");
delay(2000);
ShowSerialData();
}

void Internet()
{
mySerial.println("AT+CSQ");
delay(3000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+CSTT=\"internet.itelcel.com\", \"webgprs\", \"webgprs2003\"");
delay(1000);
ShowSerialData();
}
```

4.3. Programa: Sistema de posicionamiento global

```
#include <NewSoftSerial.h>
NewSoftSerial gpsSerial(10, 11);
const int sentenceSize = 80;
char sentence[sentenceSize];

void setup()
{

    Serial.begin(19200);                /
    gpsSerial.begin(9600);
    delay(35000);
}

void loop()
{
    static int i = 0;
    if (gpsSerial.available())
    {
        char ch = gpsSerial.read();
        if (ch != '\n' && i < sentenceSize)
        {
            sentence[i] = ch;
            i++;
        }
        else
        {
            sentence[i] = '\0';
        }
    }
}
```

```
        i = 0;
        displayGPS();

    }
}
}

void displayGPS()
{

    char field[20];
    getField(field, 0);

    if (strcmp(field, "$GPRMC") == 0)
    {
        Serial.println("AT+FTPPUT=2,80");
        delay(1000);
        getField(field, 0);
        Serial.print(field);
        Serial.print("_");
        getField(field, 1);
        Serial.print(field);
        Serial.print("_");
        getField(field, 2);
        Serial.print(field);
        Serial.print("_");
        getField(field, 3);
        Serial.print(field);
    }
}
```

```
    Serial.print("_");
    getField(field, 4);
    Serial.print(field);
    Serial.print("_");
    getField(field, 5);
    Serial.print(field);
    Serial.print("_");
    getField(field, 6);
    Serial.print(field);
    Serial.print("_");
    getField(field, 7);
    Serial.print(field);
    Serial.print("_");
    getField(field, 8);
    Serial.print(field);
    Serial.print("_");
    getField(field, 9);
    Serial.print(field);
    Serial.print("_");
    getField(field, 10);
    Serial.print(field);
    Serial.print("_");
    getField(field, 11);
    Serial.print(field);
    Serial.println((char)26);
    delay(1000);
}
}
void getField(char* buffer, int index)
```

```
{
    int sentencePos = 0;
    int fieldPos = 0;
    int commaCount = 0;
    while (sentencePos < sentenceSize)
    {
        if (sentence[sentencePos] == ',')
        {
            commaCount ++;
            sentencePos ++;
        }
        if (commaCount == index)
        {
            buffer[fieldPos] = sentence[sentencePos];
            fieldPos ++;
        }
        sentencePos ++;
    }
    buffer[fieldPos] = '\0';
}
```

4.4. Programa: Adquisición de temperatura

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("UABC Sensor de temperatura");
  sensors.begin();
}

void loop(void)
{
  sensors.requestTemperatures(); // Send the command to get temperatures
  Serial.print("La temperatura es: ");
  Serial.println(sensors.getTempCByIndex(0));
}
```

4.5. Programa: Medidor de batería

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
}  
void loop() {  
  int sensorValue = analogRead(A0);  
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0);  
  Serial.println(voltage);  
  Serial.flush();  
}
```

4.6. Programa: Boya de deriva

```
#include <NewSoftSerial.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
NewSoftSerial mySerial(2, 3);
NewSoftSerial gpsSerial(10, 11); // RX, TX (TX not used)
const int sentenceSize = 80;
int long l=1;
int long m=1;
char sentence[sentenceSize];
#define ONE_WIRE_BUS 8
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
int sensorValue = analogRead(A0);
float Voltage=0;
void setup()
{
  mySerial.begin(19200);
  Serial.begin(19200);
  gpsSerial.begin(9600);
  delay(35000);
}

void loop()
{
  if(m==1)
  {
    static int i = 0;
```

```
if (gpsSerial.available())
{
  char ch = gpsSerial.read();
  if (ch != '\n' && i < sentenceSize)
  {
    sentence[i] = ch;
    i++;
  }
  else
  {
    sentence[i] = '\0';
    i = 0;
    displayGPS();
  }
}

}

else
{
  mySerial.println("AT+FTPPUT=2,0");
  delay(35000);
  ShowSerialData();
  Serial.println("listo cerrar sesion");
  l=1;
  m=1;
  delay(10000);
  Serial.println("listoooooooooooo!!");
}
```

```
    }  
}  
  
void displayGPS()  
{  
  
    char field[20];  
    getField(field, 0);  
  
    if (strcmp(field, "$GPRMC") == 0)  
    {  
        if(l==1)  
        {  
            Internet();  
            SapBr();  
            Servidor();  
            getField(field,9);  
            mySerial.print("AT+FTPPUTNAME=");mySerial.print((char)34);mySerial.print(field);  
            ShowSerialData();  
            delay(2000);  
            mySerial.println("AT+FTPPUT=1");  
            ShowSerialData();  
            delay(25000);  
            ShowSerialData();  
            l=0;  
            m=1;  
        }  
        mySerial.println("AT+FTPPUT=2,80");  
        delay(1000);  
    }  
}
```

```
ShowSerialData();
getField(field, 0);
mySerial.print(field);
mySerial.print("_");
getField(field, 1);
mySerial.print(field);
mySerial.print("_");
getField(field, 2);
mySerial.print(field);
mySerial.print("_");
getField(field, 3);
mySerial.print(field);
mySerial.print("_");
getField(field, 4);
mySerial.print(field);
mySerial.print("_");
getField(field, 5);
mySerial.print(field);
mySerial.print("_");
getField(field, 6);
mySerial.print(field);
mySerial.print("_");
getField(field, 7);
mySerial.print(field);
mySerial.print("_");
getField(field, 8);
mySerial.print(field);
mySerial.print("_");
getField(field, 9);
```

```
    mySerial.print(field);
    mySerial.print("_");
    getField(field, 10);
    mySerial.print(field);
    mySerial.print("_");
    getField(field, 11);
    mySerial.print(field);
    mySerial.print("_V");
    int sensorValue = analogRead(A0);
    float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0);
    mySerial.print(voltage);
    mySerial.println((char)26);
    delay(1000);
    ShowSerialData();
    l++;
    m++;
}
}
```

```
void getField(char* buffer, int index)
{
    int sentencePos = 0;
    int fieldPos = 0;
    int commaCount = 0;
    while (sentencePos < sentenceSize)
    {
        if (sentence[sentencePos] == ',')
        {
            commaCount ++;

```

```
        sentencePos ++;
    }
    if (commaCount == index)
    {
        buffer[fieldPos] = sentence[sentencePos];
        fieldPos ++;
    }
    sentencePos ++;
}
buffer[fieldPos] = '\0';
}
void ShowSerialData()
{
    while(mySerial.available()!=0)
        Serial.write(mySerial.read());
}

void SapBr()
{
    mySerial.println("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\", \"GPRS\");
    delay(5000);
    ShowSerialData();
    mySerial.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\", \"internet.itelcel.com\");
    delay(5000);
    ShowSerialData();
    mySerial.println("AT+SAPBR=3,1,\"USER\", \"webgprs\");
    delay(5000);
    ShowSerialData();
    mySerial.println("AT+SAPBR=3,1,\"PWD\", \"webgprs2003\");
```

```
    delay(6000);
    ShowSerialData();
    mySerial.println("AT+SAPBR=1,1");
    delay(8000);
    ShowSerialData();
    mySerial.println("AT+SAPBR=2,1");
    delay(3000);
    ShowSerialData();
}

void Servidor()
{
    mySerial.println("AT+FTPCID=1");
    delay(1000);
    ShowSerialData();
    mySerial.println("AT+FTPSERV=\"ocomex.ens.uabc.mx\"");
    delay(2000);
    ShowSerialData();
    mySerial.println("AT+FTPUN=\"usuario\"");
    delay(2000);
    ShowSerialData();
    mySerial.println("AT+FTPPW=\"password\"");
    delay(2000);
    ShowSerialData();
    mySerial.println("AT+FTPPUTPATH=\"/boyas_iio_temp/id_1629354_yussa/\"");
    delay(2000);
    ShowSerialData();
}
```

```
void Internet()
{
  mySerial.println("AT+CSQ");
  delay(3000);
  ShowSerialData();
  mySerial.println("AT+CSTT=\"internet.itelcel.com\", \"webgprs\", \"webgprs2003\");
  delay(1000);
  ShowSerialData();
}
```

4.7. Programa: Calibración

```
#include <NewSoftSerial.h>

char incoming_char=0;
NewSoftSerial cell(2,3);
void setup()
{

  Serial.begin(19200);
  cell.begin(19200);
  Serial.println("Programa para configurar el Modulo SIM900, por medio de comandos AT")
}
void loop()
{

  if(cell.available() >0)
  {
    incoming_char=cell.read();
    Serial.print(incoming_char);
  }
  if(Serial.available() >0)
  {
    incoming_char=Serial.read();
    cell.print(incoming_char);
  }
}
```

4.8. Programa: Mensaje de texto

```
#include <NewSoftSerial.h>

NewSoftSerial cell(2,3); // Puerto serie para comunicacion con el modulo GSM

char telefonoMovil[] = "6461174795"; //Numero de telefono

void setup(){

    cell.begin(9600);           // Iniciamos modulo SIM900
    delay(35000);              // Delay de 35 segundos para inicializacion
    cell.println("AT+CMGF=1");} // Preparamos el modulo GSM para envio de SMS

void loop(){

    cell.print("AT+CMGS=\""6461174795"); // Numero de telefono entre comillas AT+CMGS=
    cell.print(34,BYTE);        // ASCII equivalente a las "
    cell.print(telefonoMovil); // Numero de telefono al que enviamos el SMS
    cell.println(34,BYTE);     // ASCII equivalente a las "
    delay(500);                // Tiempo de espera.
    cell.print("Prueba de comunicacion de envio de informacion por medio de mensajes de t
    cell.println(26,BYTE);     // ASCII equivalente al Ctrl-Z
    delay(15000);              // Tiempo de "descanso" del modulo
    while(true) delay(1); }    // Bucle para no enviar infinitos SMS.
```

Capítulo 5

Bibliografía

[1] Soreide, Nancy N. Woody, Catherine E. Holt, Stephen M. “*Overview of Ocean Based Buoys and Drifters: Present Applications and Future Needs*”. OCEANS, MTS/IEEE Conference and Exhibition (2001), p. 2470-2472.

[2] Comisión Oceanográfica Intergubernamental y Organización Meteorológica Mundial (1988). “*GUIA DE UTILIZACIÓN DE BOYAS A LA DERIVA PARA ACOPIO E INTERCAMBIO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS*”, p. 72.

[3] Thomas C, Wilson. “*Advances in Autonomous GPS Lagrangian Buoys*”. Current Measurement, Proceedings of the IEEE Fifth Working Conference (1995), p 157-162.

[4] Fernando E. Valdés Pérez, Ramón Pallás Areny. “*Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC*”. Vol. 1149. Alfaomega. Marcombo, (2007), p. 340.

[5] Alberto Eduardo Ariel Rocha Díaz. “*Electrónica e Informática Aplicada*”. Vol. 1, Buenos Aires: Librería y Editorial Alsina (2014).

[6] Torrente, O. “*ARDUINO. Curso práctico de información*”. Madrid: RC libros, (2013), p. 565.

[7] Arduino [línea]. <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. [Consulta: 12 de agosto 2013]

[8] Halonen, Timo. Romero, Javier. Melero, Juan. “*GMS, GPRS and EDGE Performance*”. 2nd ed. EE.UU: John Wiley and Sons, Ltd., 2003, p. 650.

[9] Elecfreaks [línea]. <http://www.elecfreaks.com/wiki/index.php?title=EFComGPRS/GSMshield>. [Consulta: 13 febrero 2014].

[10] Alvarez, D. (2008). “*Sistemas GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM)*”. Tesis, Ingeniería Informática, Universidad Autónoma de Madrid Escuela Politécnica Superior, p. 124.

[11] Dr. Bernhard Hofmann-Wellenhof, Dr. Herbert Lichtenegger, Dr. Elmar Wasle. “*GNSS -Global Navigation Satellite Systems, GPS, GLONASS, Galileo and more*”. GmbH, Mörlenbach, Germany: SpringerWienNewYork, (2008), p. 515.

[12] Seeber, Günter. “*Satellite Geodesy*”. 2nd ed. Berlin, New York: Walter de Gruyter (2003), p. 586.

[13] The U.S. government [en línea]. “*GLOBAL POSITIONING SYSTEM WIDE AREA AUGMENTATION SYSTEM (WAAS) PERFORMANCE STANDARD*” [Consulta: 17 Febrero 2014]. Disponible en: <http://www.gps.gov/technical/ps/2008-WAAS-performance-standard.pdf>, p. 60.

[14] Betke, K. “*The NMEA-0183 Protocol*”. (2000), p 128.

[15] Sparkfun [línea]. [http : //dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/GPS/Venus](http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/GPS/Venus)
[Consulta: 7 marzo 2013].

[16] Marcelo Antonio Sobrevila, Alejandro Marcelo Sobrevila. “*Sensores electrónicos aplicables en informática, mediciones, regulación y control automático*”. Buenos Aires: Librería y Editorial Alsina, (2011), p. 47.

[17] Juan Luis Cifuentes Lemus. “*El océano y sus recursos, III. Las ciencias del mar: oceanografía física, matemáticas e ingeniería*”. EE.UU: Fondo De Cultura Economica USA, vol 3, p. 162.

[18] maximintegrated [línea]. [http : //datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf](http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf).
[Consulta: 10 de diciembre 2013].

[19] Adolf Senner. “*Principios de electrónica*”. Barcelona: Editorial Reverte, S.A. (1994), p. 449.

Bibliografía