

SISTEMA DE OBTENCIÓN DE DATOS PARA GENERAR ALERTAS SOBRE
DESPLAZAMIENTOS DE TIERRA.

SANTIAGO CARDONA GÓMEZ
DAVID STIVEN VALBUENA RESTREPO



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA TELEMÁTICA
MANIZALES
2016

**SISTEMA DE OBTENCIÓN DE DATOS PARA GENERAR ALERTAS SOBRE
DESPLAZAMIENTOS DE TIERRA.**

**SANTIAGO CARDONA GÓMEZ
DAVID STIVEN VALBUENA RESTREPO**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Telemático

**TUTOR UCM
Oscar Cardona Morales**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**INGENIERÍA TELEMÁTICA
MANIZALES
2016**

RESUMEN

El presente trabajo de grado, tuvo como propósito generar la implementación de un sistema de obtención de datos, el cual se encarga de realizar un seguimiento controlado de las vibraciones y desplazamientos que se presentan en el lugar donde se encuentre instalado el sistema.

Su principio de funcionamiento se basa en la utilización de sensores de aceleración y giroscopio con los cuales se realiza un monitoreo constante de las vibraciones que existan en el suelo; partiendo de esto se realiza la programación en arduino de una serie de filtros por los cuales pasan los valores que son entregados por estos sensores, se continúa con una etapa de comunicación entre un módulo GPRS y un servidor conectado a una base de datos la cual es alimentada con la información de las aceleraciones y los cambios de posición obtenidas tanto del giroscopio como del GPS.

A través de un sistema programado en PHP y JavaScript se obtiene la información de esta base de datos, se grafican las aceleraciones y se establece la posición recibida desde el GPS en un mapa; de esta forma se entregan los datos obtenidos por el sistema a personal experto que podrá analizar de manera adecuada la información y generar las alertas respectivas.

Palabras claves: *GPS, GPRS, acelerómetro, giroscopio, arduino.*

ABSTRACT

This paper grade, general purpose was to implement a data collection system, which is responsible for conducting a controlled monitoring vibes and movements that occur at the site where the system is installed.

Its principle of operation is based on the use of accelerometers and gyroscope with a constant monitoring of the vibrations that exist in the soil, this is done based on the Arduino programming is done in a series of filters which pass the values that are delivered by these sensors, is followed by a stage of communication between a GPRS module and a server connected to a database which is fed with information from the accelerations, and positional changes obtained both gyroscope as GPS. Through a system programmed in PHP and JavaScript this information database gets, the accelerations are plotted and received from the GPS position on a map it is established; thus the data obtained by the system expert staff who can properly analyze information and generate the respective alerts delivered

Keywords: GPS, GPRS, accelerometer, gyroscope, Arduino.

Tabla de Contenido

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
Tabla de Ilustraciones	7
CAPITULO I. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	9
Introducción	9
Antecedentes	10
Planteamiento del problema	13
Justificación	15
Objetivos	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos	17
Marco Teórico	18
Metodología	24
Fundamento Teórico	24
Desarrollo de firm ware	25
Desarrollo de software web	26
CAPITULO II. ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS IMU6500	27
Introducción	27
Obtención de datos	28
Integración Numérica	30
Método Trapezoidal:	31
CAPITULO III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE	33
TELEMETRÍA	33
Introducción	33
Módulo de comunicación	33
Configuración módulo SIM 900	34
Envío de datos por comandos AT	37

Envío de SMS por comandos AT	37
Envío de datos por comandos AT.....	40
Módulo de procesamiento de datos en servidor	46
Fuente de energía.....	47
Panel Solar.....	48
Regulador o Controlador de carga	49
Batería	50
Resultados y Discusión	52
Conclusiones	55
BIBLIOGRAFÍA	57

Tabla de Ilustraciones

Fig. 1 Mapa de amenazas de deslizamiento Manizales - http://idea.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/planterritorial.php	13
Fig. 2 Medidas proporcionadas por una unidad de medición inercial	18
Fig. 3 Diagrama Algoritmo de Kalman	19
Fig. 4 Módulo GPRS/GSM SIM 900 para Arduino.	19
Fig. 5 Panel Solar	20
Fig. 6 Diagrama Sistema	20
Fig. 7 Controlador de carga.	21
Fig. 8 Batería Li-Ion de 12v DC.	21
Fig. 9 Datos sin procesar IMU (de izq. a dere. Acc: x,y,z; Gyr: x,y,z)	26
Fig. 10 Gráfico de ángulos en eje X sin filtro.	28
Fig. 11 Gráfico de ángulos en eje X con filtro	28
Fig. 12 Gráfica integración método de trapecios.....	29
Fig. 13 Aceleración muestreada	30
Fig. 14 Módulo GPRS/GSM SIM 900 para Arduino.	32
Fig. 15 Antena GPRS/GSM	32
Fig. 16 Conexiones del módulo y diagrama de pines.	33
Fig. 17 Plataforma Arduino + GPRS/GSM + Antena.	34
Fig. 18 Código a cargar para usar el módulo en modo Gateway.	36
Fig. 19 Ventana de selección "Ambos NL & CR".	36
Fig. 20 Monitor Serial, envío de SMS por comandos AT.	37
Fig. 21 Ventana de selección "No hay fin de línea"	38
Fig. 22 Imagen del SMS recibido en el celular	38
Fig. 23 Configuración Jumpers en modo "Arduino".	38
Fig. 24 Código para encender módulo GPRS desde el Arduino.	39
Fig. 25 Código para imprimir los comandos AT.	40
Fig. 26 Código para envío de datos y conexión con el servidor (Parte 1).	41
Fig. 27 Código para envío de datos y conexión con el servidor (Parte 2).	42
Fig. 28 Código para limpiar el Buffer.	43
Fig. 29 Mapa para ubicación de coordenadas por cada reporte	44
Fig. 30 Tabla alertas generadas	45
Fig. 31 Vista superior panel de reportes	45
Fig. 32 Esquema de conexión.....	46

Fig. 33 Panel solar DIY 115mm x 85mm	47
Fig. 34 Controlador de carga	47
Fig. 35 Indicadores LED del regulador.	48
Fig. 36 Batería Li-ion 12v 6800mAh.	49
Fig. 37 Gráfica de descarga Batería	50
Fig. 38 Prueba de envío de datos con todos los módulos conectados	51
Fig. 39 Tabla de alertas - (encerrad en verde) Reporte recibido correctamente	52
Fig. 40 Archivo sat.txt sistema de backup de información	53

CAPITULO I. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

Introducción

El presente trabajo de grado se refiere a la implementación en base de sensores de aceleración, giroscopio y GPS de un sistemas de adquisición de datos para la toma de decisiones o sistemas de alerta temprana SAT, como desarrollo tecnológico para la minimización de pérdidas humanas y reducción de daños materiales causados por fenómenos naturales, los cuales en la mayoría de las ocasiones pueden llegar a ser estudiados con antelación a la presentación de los mismos; sin embargo, en muchas ocasiones la falta de implementación de este tipo de sistemas termina generando un costo bastante alto para la sociedad y los gobiernos.

La característica principal de este tipo de sistemas es la automatización en la toma de datos de forma remota, lo cual presenta varias ventajas, la primera radica en la reducción de las amenazas para la vida humana en cuanto al acceso hasta las zonas donde se encuentren ubicados estos sistemas, como segunda ventaja tenemos la reducción del error humano presente a la hora de tomar las medidas, y también se suma a estos la velocidad de procesamiento de datos para realizar análisis en tiempos más cortos, y por ende poder llegar a conocer en qué posible tiempo y espacio se puedan llegar a presentar amenazas de tipo natural o que pudieran ser generadas por la actividad humana

Para analizar de forma más adecuada la necesidad de implementar este tipo de sistemas es necesario mencionar algunos de los principales eventos meteorológicos que han afectado al país en los últimos años, como lo han sido las temporadas invernales en los años 2010 a 2012 las cuales afectaron grandes zonas de nuestro país con inundaciones y pérdida de vidas humanas que pudieron llegar a ser mitigadas con el análisis del incremento en el caudal de varios ríos e incluso con el monitoreo de zonas montañosas en las que se presentaron grandes desprendimientos de tierra, teniendo como resultado la declaración del estado de "emergencia económica, social y ecológica"; muchos de estos sitios donde se presentaron deslizamientos estaban previamente identificados como zonas de peligro, sin embargo la poca tecnología utilizada

Capítulo I. Descripción del trabajo de grado

para el monitoreo de estos lugares no permitió que se pudieran generar alertas antes de presentarse dichos eventos adversos.

Un acontecimiento que generó la necesidad inmediata de implementar sistemas de alerta temprana fue la erupción del volcán nevado del Ruiz en el año de 1985 que terminó con pérdida de más de 20000 habitantes de la zona de Armero en el Tolima, después de este acontecimiento se tienen ubicados en varios puntos estratégicos, alrededor del volcán y ciudades aledañas, sistemas que permiten monitorear la actividad que se presente en el cráter Arenas, lo cual hasta la fecha se ha traducido en diferentes tipos de alertas sobre el peligro y/o la actividad que se pueda estar generando dentro del volcán.

Antecedentes

Capítulo I. Descripción del trabajo de grado

- Como uno de los antecedentes más importantes y destacados en Colombia encontramos a dos empresas muy reconocidas a nivel Nacional, EPM e ISAGEN en el negocio de la Generación y la Distribución de la energía, siendo empresas hidroeléctricas que con el fin de obtener un progreso y un desarrollo sostenible en la región metropolitana y siendo para éstas muy importante la gestión ambiental, han venido siendo promotoras e impulsadoras en la creación, el desarrollo, el sostenimiento y fortalecimiento técnico, social y científico en cuanto a los sistemas de alerta temprana, principalmente en la ciudad de Medellín y sus alrededores. Adicional a esto, la Universidad Eafit; también de Medellín, hace parte de esta gran iniciativa tomando parte activa como operadora del proyecto llamado SIATA, el cual inicia en la Alcaldía de Medellín como un proyecto de tesis de pregrado; pero a partir del 2009 logró consolidarse como una malla de monitoreo y alerta temprana, con la importante firma de un convenio en el cual se asociaron el municipio de Medellín y la Universidad Eafit. Ya en el 2010 el área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) entró a hacer parte como líder y este se posiciona como un proyecto de desarrollo e investigación firmado como contrato de Ciencia y Tecnología entre las tres partes (el Municipio de Medellín, AMVA y la Universidad Eafit).

Es en dicho punto, en el que se alcanza a lograr un salto tecnológico importante con el desarrollo de herramientas de telemetría que permiten el monitoreo en tiempo real de las condiciones hidrometeorológicas y el desarrollo de herramientas para el despliegue y diseminación de la información de las redes. Se da lugar a la innovación de procesos que articulan combinaciones favoreciendo el conocimiento y aplicabilidad de mecanismos que permitan situar lo que se requiere en una región determinada, logrando desarrollar un sistema eficaz de comunicación, permitiendo una estimulación de respuestas oportunas y eficaces frente a lo que converge en los territorios.

En el 2011 se firma un nuevo convenio de mayor magnitud entre AMVA y las empresas EPM e ISAGEN. Durante toda esta ejecución del SIATA se han realizado grandes desarrollos como la integración de las estaciones de monitoreo en la superficie terrestre como redes de pluviómetros, redes de nivel, redes meteorológicas y redes de humedad en el suelo; con estos también se hace uso de la telemetría teniendo un sitio web para su monitoreo. El SIATA es ya reconocido en la comunidad y es un punto de referencia que motiva a la gestión del riesgo y demás Sistemas de Alerta y climatólogicos.

- En la Guajira existe un convenio entre la Corporación Autónoma Regional (Corpoguajira) y la Cruz Roja Colombiana, las cuales tienen como principal

Capítulo I. Descripción del trabajo de grado

objetivo el monitoreo permanente de las condiciones meteorológicas relacionadas con el principal problema que tienen allí que son las inundaciones y así mantener alertados a los habitantes del departamento.

Se cuenta con 4 estaciones meteorológicas satelitales, con 6 medidores de nivel en los puentes y una oficina ubicada en la sede de la Cruz Roja Colombiana, que es la encargada de la vigilancia y el monitoreo de cada medidor. De esta forma se hace un monitoreo del comportamiento hidrometeorológico en los 15 departamentos.

La comisión humanitaria de la defensoría del pueblo, de la mano con las entidades de algunos municipios, ha adoptado medidas de Sistemas de Alerta Temprana, haciendo visitas, charlas y capacitaciones sobre la Prevención de Riesgos, de esta forma se fortalecen líderes en cuanto al reconocimiento de los mecanismos de protección, frente a las herramientas para la identificación de riesgos medioambientales.

- En Popayán actualmente se cuenta con un sistema de alerta temprana para inundaciones proporcionado por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD); por su parte se entregaron 4 estaciones de alerta sonora que informan las condiciones hidrometeorológicas sobre la cuenca del río Molino, así se obtiene un monitoreo sobre este río en su travesía por la ciudad desde la cuenca alta; de esta forma se logra el mejoramiento de los procesos preventivos por eventos de inundaciones en el sector del municipio mencionado anteriormente.

- En octubre de 2014 se realizó la socialización de los sistemas de alerta temprana de la ciudad de Manizales ubicados estratégicamente en las quebradas Manizales, El Guamo, y Olivares; estos sistemas se encuentran compuestos por tres estaciones ^[1]*la meteorológica, encargada de medir y cuantificar eventos como lluvias a partir de variables relacionadas (magnitud, intensidad, duración); la hidrometeorológica, que cumple funciones para establecer el nivel del agua en ríos y quebradas; y las estaciones de alarma sonora, que advierten a la comunidad sobre el caso que se está presentado para su posterior evacuación.*

Planteamiento del problema

Dado que Colombia por su privilegiada ubicación se encuentra atravesada por tres cordilleras (Oriental, Central y Occidental) cuenta con grandes recursos naturales, sin embargo también se ve sometida a diversidad de amenazas generadas por estas cadenas montañosas.

Gran parte de la población en Colombia se encuentra ubicada directamente sobre las cordilleras como es el caso de Manizales - Caldas, la cual se ubica directamente sobre la cordillera central de los Andes, y aunque muy privilegiada por su riqueza natural, también es fuertemente golpeada por algunos grandes eventos de índole natural que han causado la pérdida de numerosos habitantes, ya que al estar ubicada sobre esta cordillera presenta condiciones climáticas que en extremo han causado el aumento inesperado de sus ríos y quebradas y el desprendimiento de grandes cantidades de tierra. En la Figura 1. Podemos observar el mapa de riesgo de deslizamiento de la ciudad de Manizales.

Convenciones Figura 1.

Amenaza alta.

Amenaza Media.

Amenaza Baja.

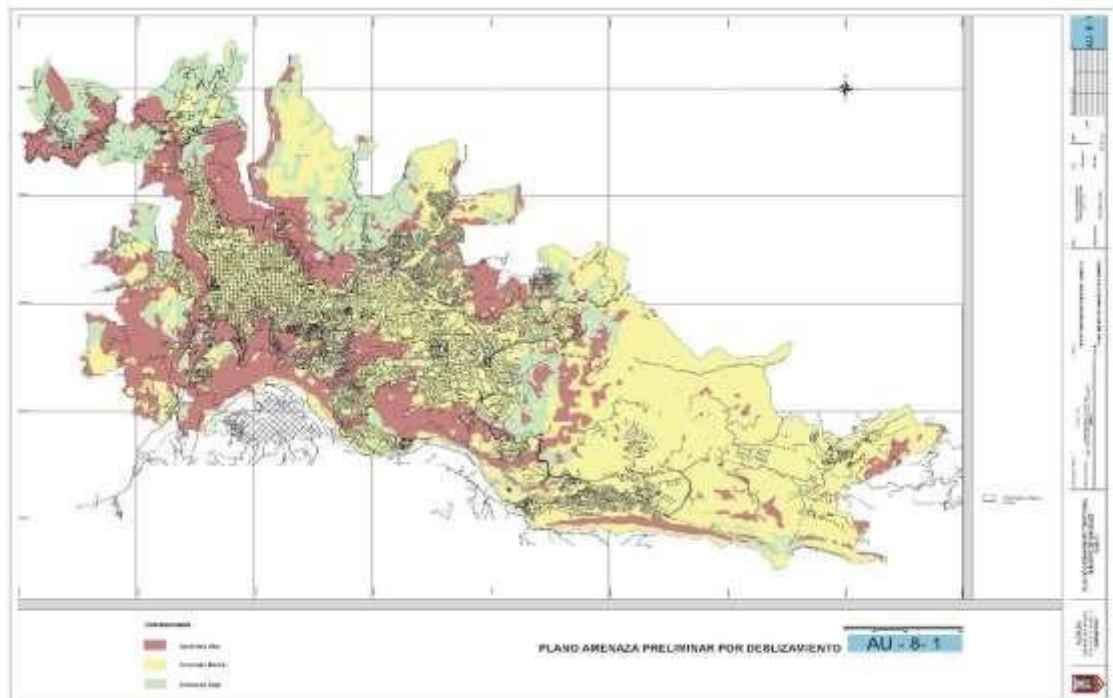


Fig. 1 Mapa de amenazas de deslizamiento Manizales -

http://idea.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/planterritorial.php

Capítulo I. Descripción del trabajo de grado

Analizando este tipo de problemas, surge la necesidad de implementar planes estratégicos que ayuden a mitigar los daños causados por estos eventos o amenazas naturales como los ya existentes planes de evacuación o de prevención y reducción de desastres, los cuales son articulados según el tipo de necesidades que presenta la ciudad para generarlos; sin embargo también se debe implementar el uso de la tecnología, que en muchos casos puede dejar de ser utilizada por factores como:

- Costos de equipos muy altos.
- Falta de mano de obra cualificada para la implementación de sistemas que permitan ayudar a mitigar desastres naturales.
- Poca o ninguna actualización de sistemas de alerta temprana implementados por la comunidad.

Sin embargo en la ciudad actualmente se cuenta con sistemas que permiten realizar seguimiento a los caudales de algunos ríos y quebradas que han sido destacadas como riesgosas en momentos que presenten crecidas súbitas, o sistemas que realizan seguimiento a la actividad del volcán Nevado del Ruiz, lo que conlleva a una buena incursión tecnológica en materia de prevención de desastres.

Pero analizando otro tipo de riesgos ambientales que se tienen en la ciudad como los desprendimientos de tierra que han generado grandes pérdidas humanas, se cuenta con poca utilización de sistemas de monitoreo de laderas, las cuales pueden estar o no identificadas dentro del mapa de riesgos de la ciudad, lo que se puede traducir en dos opciones:

1. Vigilancia de laderas por personal civil o perteneciente a grupos de atención.
2. Desconocimiento total del peligro existente.

Estas dos opciones mencionadas pueden llegar a ser minimizadas mediante la implementación de sistemas que permitan generar un monitoreo remoto y continuo de sitios con riesgo de desprendimiento de tierras, así como se pudo minimizar los riesgos al momento que se presentan crecidas súbitas en algunos ríos o quebradas de la ciudad.

Justificación

Tomando como un propósito general de la tecnología proporcionar sistemas o servicios que permitan mejorar la calidad de vida de las personas, se tiene la necesidad de generar ayudas que contribuyan a mitigar los riesgos ambientales que corresponden principalmente a deslizamientos, ya que un 25% de las formaciones rocosas colombianas son blandas y lodosas. Las variaciones tan drásticas de invierno a sequía y viceversa, como apreciamos durante este inicio de 2016, ocasionan su degradación y, debido a esto, los deslizamientos. A estos desastres naturales se ve sometida la población según los lugares en los que se encuentra ubicada, dejando a su paso pérdidas humanas, así como de recursos naturales y económicos.

Partiendo de esto, es importante tomar una seria iniciativa que nos permita desarrollar un sistema de adquisición de datos para la toma de decisiones que pueda ser ubicado en sitios estratégicos, presentando así una gran ayuda a la población ya que facilitará adquirir con mayor exactitud y en tiempos más cortos los datos que permitirán analizar el comportamiento de los lugares de alto riesgo ambiental, en donde estos sistemas estarían idealmente ubicados, midiendo diversas variables como las aceleraciones y ubicación con respecto a puntos de referencia para monitoreo de desplazamientos de tierra.

Con el propósito de indicar alertas oportunas en el futuro, ya que considerando la alta variabilidad que hay en Colombia por ser un país tropical, se vuelve de suma importancia tener un sistema de adquisición de datos para el monitoreo de zonas naturalmente riesgosas, y de esta manera minimizar los impactos negativos que puede traer una catástrofe por deslizamientos de tierra, algunos de los cuales ya han sido mencionados anteriormente.

Es por esto que se plantea el desarrollo de un Sistema de obtención de datos para generar alertas sobre desplazamientos de tierra, enfocado en las zonas naturalmente riesgosas en Colombia.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de telemetría para la adquisición de información, basado en la red GPRS/GSM para el transporte de datos hacia una base de datos de forma tal que se permita realizar monitoreo de esta información mediante una interfaz web y se pueda alertar a una persona, grupo de personas o central de monitoreo ante peligros que se puedan presentar por desprendimientos de laderas.

Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema de comunicación inalámbrica basado en el módulo GPRS/GSM SIM 900, que permita la interconexión entre el sistema de adquisición de datos y una base de datos en servidor web.
- Elaborar un firmware con la tarjeta de programación arduino, que permita realizar el procesamiento de las variables entregadas por la IMU6500 y gestione el envío de datos a través del módulo SIM 900 mediante comandos AT.
- Diseñar e implementar una interfaz gráfica en php, que permita la adquisición y correcta visualización de la información alojada en la base de datos.

Marco Teórico

El propósito del SAT (Sistemas de alerta temprana) es informar de una manera oportuna y con una alta confiabilidad, los desastres naturales que puedan ser generados por deslizamientos o movimientos de tierra y que puedan afectar a una población en su estilo y calidad de vida.

El Sistema de alerta temprana, necesariamente lo componen 5 elementos:

- El conocimiento del riesgo.
- El monitoreo de dicho riesgo.
- El estudio, la observación y el pronóstico de las amenazas.
- La notificación de las alertas generadas y/o avisos.
- La capacidad de las entidades correspondientes para responder a la alerta que se recibe.

Algunos desastres naturales suelen ocurrir por los cambios climáticos, sin embargo muchos también son consecuencia de las acciones del hombre en la naturaleza; un deslizamiento por ejemplo es un fenómeno natural que va ligado a los cambios climáticos y/o a la interacción directa del hombre en la zona afectada. Este tipo de actividades pueden ser monitoreadas mediante sensores y seguimiento de variables establecidas por entes expertos los cuales pueden llegar a establecer unos límites de medidas que servirán como referencia para predecir un posible desastre.

Los efectos de un desastre de este tipo se pueden magnificar cuando no existe un nivel de alerta oportuno; una planificación adecuada por parte de las entidades correspondientes y sistemas de alerta en zonas de alto riesgo donde no se encuentra la instrumentación y las medidas adecuadas para responder, ayudará a predecir y mitigar los posibles desastres y/o pérdidas humanas.

Un desastre de tipo antrópico se debe y se presenta por la acción del hombre sobre los elementos de la naturaleza. Es por eso que planificar los factores de riesgo se vuelve algo fundamental al igual que realizar un proceso de toma de decisiones frente a este tipo de incertidumbres. Cada día que pasa se espera un mayor compromiso por parte de la ingeniería en la búsqueda exhaustiva de mejorar la calidad de vida de las personas y de una menor influencia e impacto ambiental. Esto nos conduce a una necesidad de entender la complejidad del problema del manejo de riesgos y de esta forma tratar diversas facetas como lo son las técnicas, tecnológicas, geológicas, medioambientales, culturales, entre otras.

Capítulo I. Descripción del trabajo de grado

Contextualizando lo anterior, el actual proyecto de grado integra una serie de periféricos con los cuales se planea adquirir y transmitir variables que puedan ser de utilidad a la hora de prevenir un desastre.

Dichas variables se recogerán mediante la implementación de un sensor IMU o unidad de medición inercial, específicamente el IMU6500 el cual integra tecnología MEMS o sistemas microelectromecánicos en un acelerómetro y un giroscopio capaces de realizar medidas en tres ejes con diferentes resoluciones según se detalla en la hoja de datos, lo cual nos ayudara a conocer el movimiento y orientación que sufre el sistema en el cual éste se encuentre instalado; este tipo de sensores IMU actualmente tienen gran cabida en la industria, como por ejemplo en la industria aeronáutica, se instalan este tipo de sensores en aviones para ayudar a la navegación de los mismos, y también con usos en las tecnologías de captura de movimientos, entre otros.

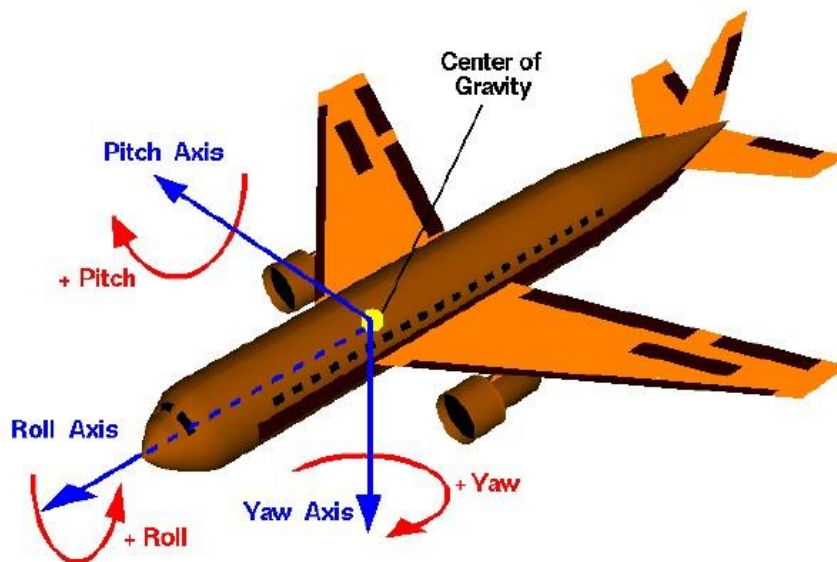


Fig. 2 Medidas proporcionadas por una unidad de medición inercial

Sin embargo a pesar de que son dispositivos que han ayudado al desarrollo de la industria, se tienen algunas desventajas en la adquisición de sus datos, ya que por ser sistemas que agregan constantemente cambios detectados introducen cierto error acumulativo, el cual debe ser tenido en cuenta a la hora de procesar la información; teniendo en cuenta lo anterior, se optó por la implementación de varios filtros que ayudan a la estabilización de las medidas. El principal filtro utilizado en nuestro sistema es el filtro de Kalman, mediante la librería `KalmanFilter` para Arduino, la cual mediante la utilización de las variables del sistema y aplicando recursividad corrige el error de una forma significativa,

Capítulo I. Descripción del trabajo de grado

llegando a obtener parámetros bastante precisos y coherentes con la posición física del sistema. Cabe aclarar que para obtener las aceleraciones

y velocidad de giro en el sistema, se debe procesar la información de forma tal que se puedan interpretar los datos.

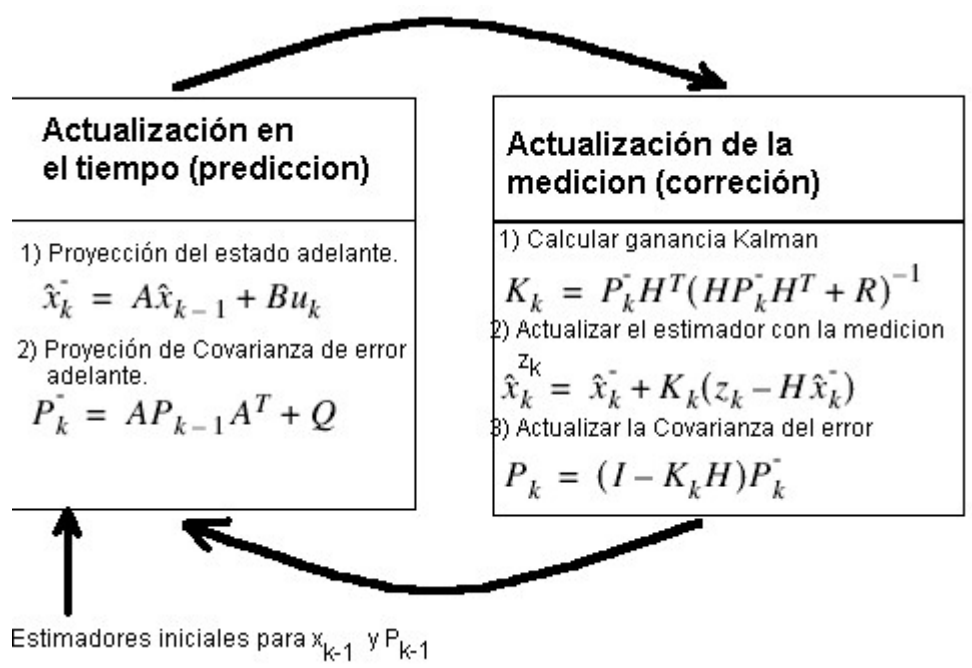


Fig. 3 Diagrama Algoritmo de Kalman

Después de realizar el filtrado y la correcta conversión de los datos, se implementa un módulo de comunicación entre el sistema y una base de datos, dicha comunicación se realiza mediante el módulo SIM 900 para arduino.



Fig. 4 Módulo GPRS/GSM SIM 900 para Arduino.

Este módulo es una tarjeta GPRS de comunicación inalámbrica, opera en las bandas de frecuencia Quad-Band 850/900/1800/1900 Mhz y un GPRS multislot clase 10/8 con estación móvil clase B, la tarjeta es controlada y configurada vía UART usando comandos AT. Esta tecnología digital proporciona velocidades de transferencia de datos superiores a las generadas por la tecnología GSM, y se encarga dentro del proyecto de la transmisión de los datos a través de internet para la sincronización con la página web.

Capítulo I. Descripción del trabajo de grado

Pensando en implementar un sistema autónomo, se deben integrar también los medios para el suministro de energía, para lo cual se realizó la integración de paneles solares; en el mercado actual existen diversos tipos de éstos como lo son termodinámicos y térmicos, sin embargo en el presente proyecto se utilizan los paneles de tipo fotovoltaico.



Fig. 5 Panel Solar

Éstos tienen un sistema que consiste en la transmisión de la energía de la radiación solar a los electrones de los materiales semiconductores de los paneles, consiguiendo así separarse del núcleo y trasladarse, creando de esta forma una corriente eléctrica, la cual será usada para alimentar el circuito como se ilustra a continuación:



Fig. 6 Diagrama Sistema

Dado que los paneles solares no poseen un sistema que interrumpa la obtención de energía en el momento que se desee, se debe realizar la implementación de

Capítulo I. Descripción del trabajo de grado

un regulador de carga, teniendo como función principal del mismo la preservación de la vida útil de las baterías, evitando las sobrecargas (gasificación) y sobre-descargas.



Fig. 7 Controlador de carga.

De esta forma se protegen las cargas y al sistema en general de cortocircuitos; dentro del proyecto, este controlador recibe directamente la energía que proviene del panel solar y genera una distribución de cargas, la cual se asigna dependiendo del nivel de carga que se tenga en la batería y la necesidad de consumo que tenga en el sistema. En nuestro caso se utiliza una batería de litio la cual posee los adaptadores para conectarla simultáneamente a sistema de carga (regulador) y al arduino.



Fig. 8 Batería Li-Ion de 12v DC.

Metodología

Con el propósito de alcanzar los objetivos anteriormente planteados para dar cumplimiento al presente trabajo de grado, se han planteado tres elementos metodológicos tal como se describen a continuación; cabe aclarar que no se tuvo una etapa exhaustiva de implementación de hardware debido a que fueron utilizados módulos adaptables a la tarjeta de desarrollo arduino, los cuales únicamente debían ser conectados a la misma y posteriormente programados.

Fundamento Teórico

Este ítem se basó en la consulta y recopilación de información disponible sobre los diferentes sistemas de alerta temprana existentes no solo en Manizales o Colombia sino también revisando algunos de los mejores casos de éxito de estos sistemas en todo el mundo; además también se centró en la búsqueda de métodos de comunicación mediante GPRS/GSM, manejo de información proveniente de sensores IMU. A continuación se detalla de manera el fundamento teórico presentado (Ilustración 1.).



Capítulo I. Descripción del trabajo de grado

Ilustración 1 Esquema de desarrollo Fundamento Teórico.

Desarrollo de firm ware

La codificación del firm ware se basó en el lenguaje de programación propio de la placa arduino. Esta placa realiza la adquisición de señales provenientes del acelerómetro y giroscopio; posterior a esto se sigue una etapa de filtrado de la información con lo cual se pretende minimizar el ruido que pueda afectar la señal que llega a la placa para darle un mejor procesamiento a los datos y que al final del proceso sean enviados mediante el módulo GPRS/GSM por comando AT.

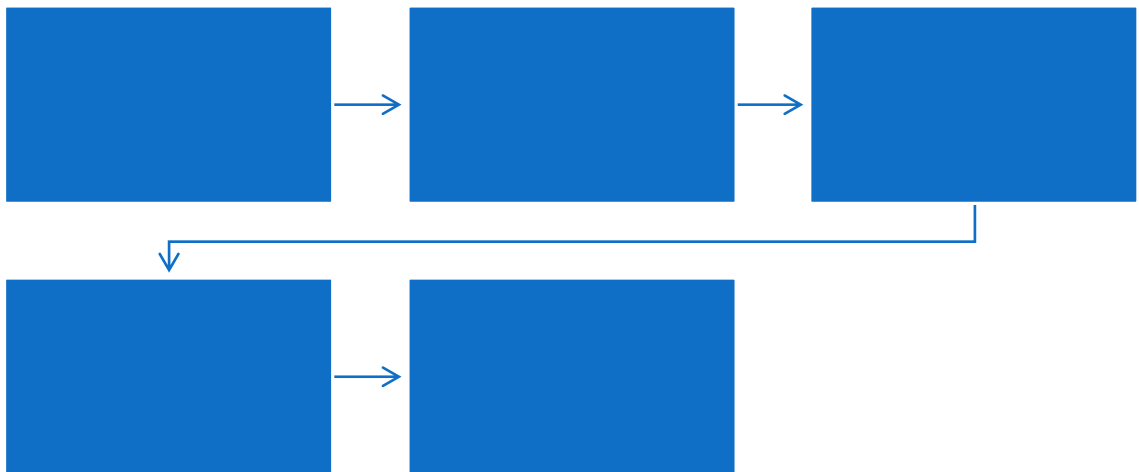


Ilustración 2 Esquema de desarrollo de firm ware.

Desarrollo de software web

El desarrollo de la interfaz web se realizó con el paradigma de programación orientada a objetos en lenguaje php; dicha interfaz se integra a una base de datos la cual es alimentada con información proveniente del sistema, y posteriormente se muestra en una tabla de reportes y otra de alertas, con la posibilidad de realizar la ubicación de dicha información en un mapa integrado a la página, además de poder visualizar las aceleraciones provenientes del sistema mediante gráficos de

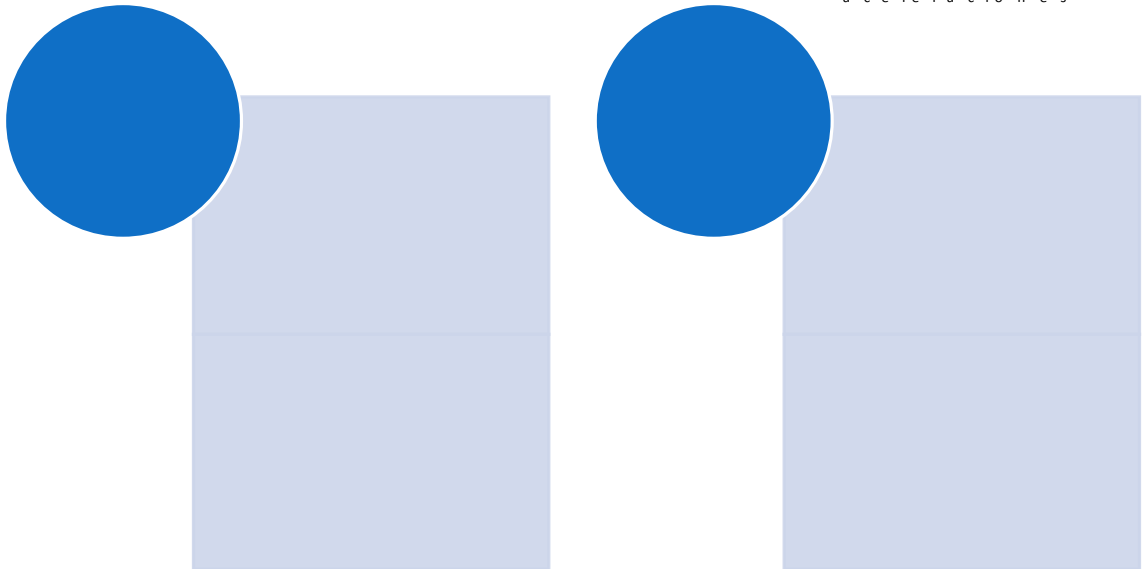


Ilustración 3 Esquema de desarrollo software web.

CAPITULO II. ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS IM U 6500

Introducción

En el presente capítulo se describe cuáles fueron los pasos a seguir para obtener la información proveniente de la IM U 6500, que tipo de datos se pueden obtener de esta y cuál debió ser la interpretación que se le dio a esta información, para finalmente poder llegar a tener medidas estandarizadas y funcionales para el objetivo del proyecto; además se explica el proceso de integración por método de trapecio llevado a cabo con la información obtenida de la IM U para calcular de forma aproximada los desplazamientos que pueda llegar a tener el sistema en el momento que se generan alertas.

Obtención de datos

La IMU 6500 se encuentra provisto de un acelerómetro de 3 ejes de libertad con un rango de datos parametrizable en $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, $\pm 16g$, además de un giroscopio con 3 ejes de libertad y un rango de datos parametrizable de ± 250 , ± 500 , ± 1000 , ± 2000 $^{\circ}/s$ (dps - degree per second). Partiendo de esto debemos realizar la obtención e interpretación de los datos obtenidos de la IMU 6500, para lo cual debemos basar nuestro código en la inclusión de las librerías "I2cdev, Wire, y MPU6050" las cuales ayudaran a la comunicación entre la placa arduino y la IMU.

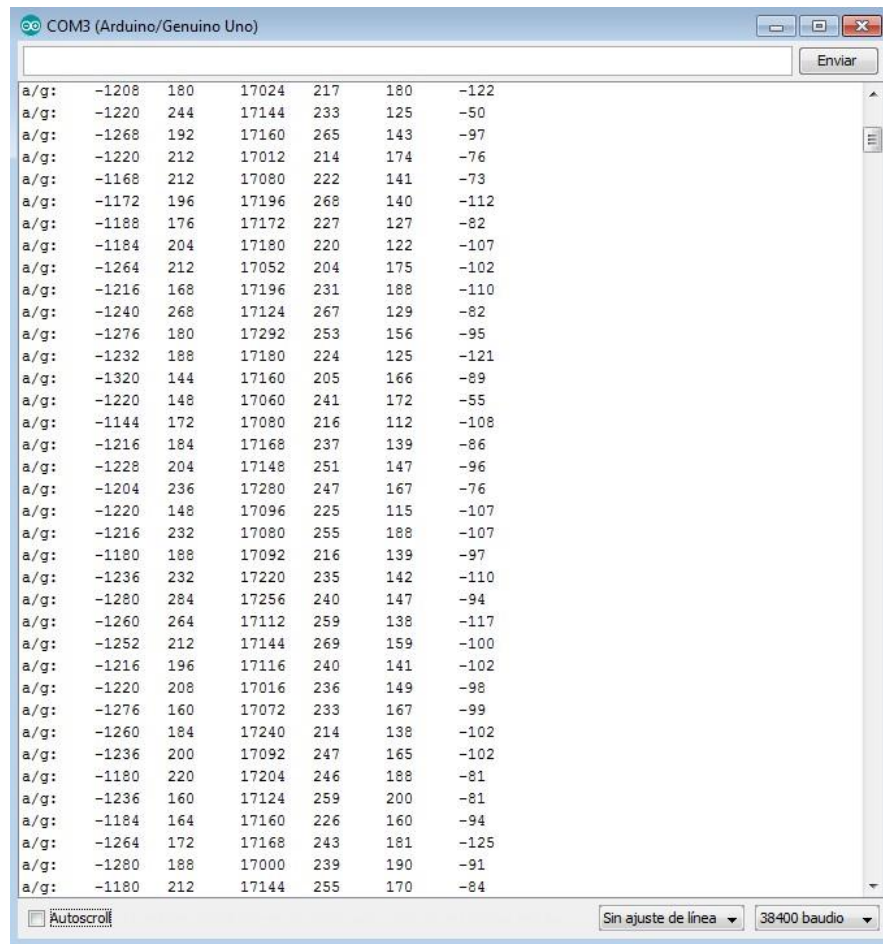


Fig. 9 Datos sin procesar IMU (de izq. a dere. Acc: x,y,z; Gyr: x,y,z)

En la imagen anterior se muestran los datos puros que entrega la IMU, para poder realizar cálculos con estos datos, debemos realizar un proceso de filtrado con el cual podremos obtener datos con menor cantidad de fluctuaciones, pero

CAPITULO II. ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

antes de realizar esto debemos tener en cuenta la resolución en la que fue configurada la IMU, para el caso de este proyecto el acelerómetro ha sido configurado en 2G, mientras que el giroscopio en 250°/s, lo que nos indica según el Datasheet del IMU que la resolución para estas medidas son las siguientes:

- ✓ Acelerómetro: 16384
- ✓ Giroscopio: 131

Ahora antes de realizar el proceso de filtrado debemos convertir la información que entrega el acelerómetro en fuerzas G y velocidad de giro con la fórmula:

$$Acc = \frac{DatoAcc}{16384}$$

$$Giro = \frac{DatoGyro}{131}$$

Dónde:

Acc: es la aceleración expresada en fuerzas G.

Giro: es la velocidad de giro expresada en °/s.

Dato Acc: Aceleración (puros) entregados por la IMU.

Dato Giro: Velocidad de giro (pura) entregada por la IMU

Después de realizar la conversión de datos procedemos a enviar los datos a través de 2 filtros programados, Explicados a continuación:

I. Filtro por Cola (Programación inserción de datos por cola):

En este filtro llenamos un vector inicial de 10 posiciones, a medida que se va realizando la recursividad o reutilización del filtro se elimina el dato de la posición n=9 y se inserta un nuevo dato en la posición n=0, y se procede al segundo filtro.

II. Filtro promedio de datos:

Sumatoria de todos los datos del vector creado, y posterior división entre 10, de forma tal que obtenemos el promedio general tanto para las aceleraciones como para las velocidades de giro.

En las siguientes dos imágenes podemos comparar los gráficos obtenidos antes de la utilización de los filtros y después de la utilización de los mismos.

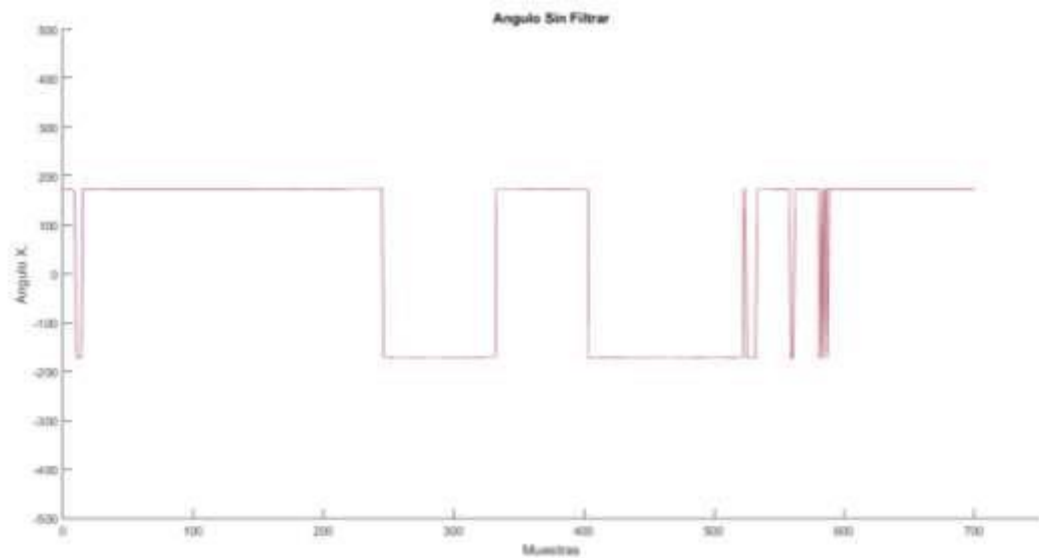


Fig. 10 Gráfico de ángulos en eje X sin filtro.

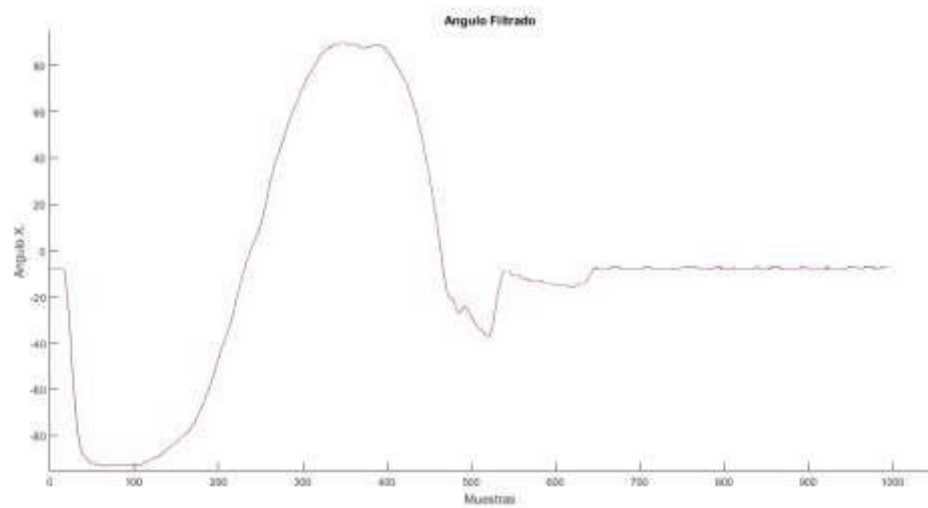


Fig. 11 Gráfico de ángulos en eje X con filtro

Integración Numérica

Uno de los propósitos principales del sistema desarrollado en este proyecto es hallar la posición del mismo a partir de los datos de acelerómetro, ^[10] "este proceso puede realizarse mediante la integración de la aceleración":

CAPITULO II. ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

$$X\Delta = \iint_0^t a(t) dt dt$$

Donde $a(t)$ es la aceleración en cada uno de los ejes.

Para estimar la posición se hace necesario el uso de métodos de integración, en nuestro caso más específicamente el método de trapecio.

Método Trapezoidal:

Es el método por el cual se pretende calcular el área debajo la curva mediante la utilización de trapecios:

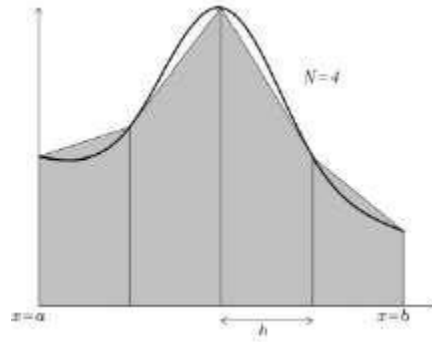


Fig. 12 Gráfica integración método de trapecios

$$\approx \frac{h}{2}[f(a) + f(x_1)] + \frac{h}{2}[f(x_1) + f(x_2)] + \dots + \frac{h}{2}[f(x_{n-1}) + f(b)]$$

$$\approx \frac{h}{2} \left[f(a) + f(b) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} f(x_i) \right] \quad h = \frac{b-a}{2}, \quad x_i = a + ih, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Fig. 14 Formula integración método de trapecios

Donde:

h : espaciamento entre puntos.

Definimos la aceleración como la variación de la velocidad respecto al tiempo y ésta a su vez, como la variación de la posición respecto del tiempo, expresado de la forma:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

CAPITULO II. ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Donde

a^{\rightarrow} : Vector Aceleración

v^{\rightarrow} : Vector velocidad

p^{\rightarrow} : Vector posición

Realizando una doble integración sobre las aceleraciones obtenidas, podemos hallar la posición (condiciones iniciales nulas):

$$v^{\rightarrow} = \int a^{\rightarrow}(t)$$

$$p^{\rightarrow} = \int v^{\rightarrow}(t)$$

Lo anterior se traduce en:

Suponemos que en la Fig.15 muestreamos la aceleración en $n=5$, ^[11] "lo cual nos proporcionará los valores instantáneos de su magnitud, con lo que realizando el cálculo del área de cada trapecio y posteriormente la sumatoria de todas encontraremos el valor de la integral".

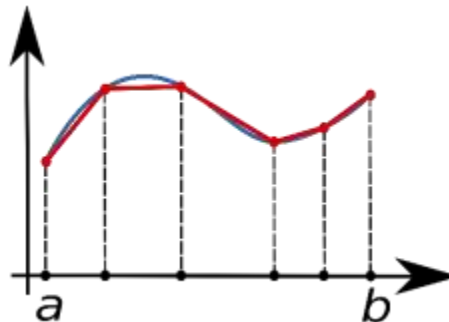


Fig. 13 Aceleración muestreada

CAPITULO III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL
SISTEMA DE
TELEMETRÍA

Introducción

En el presente capítulo se describe cuáles fueron los procedimientos realizados luego de obtener los datos procesados de la IM U6500, explicando de manera clara como se realizó el proceso de transmisión de información a través del shield SIM 900 para arduino y comandos AT. Finalmente se explica cuál es el trato que recibe a información luego de ser almacenada en el servidor.

Módulo de comunicación

CAPITULO III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE TELEMETRÍA

En esta etapa del informe, vamos a explicar una de las partes más interesantes del proyecto, la cual es la parte del sistema de comunicación GPRS/GSM que este tiene. Cabe recordar que el módulo elegido para nuestro proyecto, ha sido el Módulo GPRS/GSM SIM 900 para Arduino, el cual se muestra en la siguiente figura.



Fig. 14 Módulo GPRS/GSM SIM 900 para Arduino.

Junto con esta "shield", es necesario adquirir una antena y alimentar el módulo, preferiblemente, con una fuente de alimentación externa, ya que puede ser que los 5v del Arduino no sean suficientes para llevar la energía necesaria tanto al módulo como al resto de componentes que irán conectados a este.



Fig. 15 Antena GPRS/GSM

Configuración módulo SIM 900

En la siguiente imagen observaremos el diagrama de conexiones del módulo GPRS/GSM.

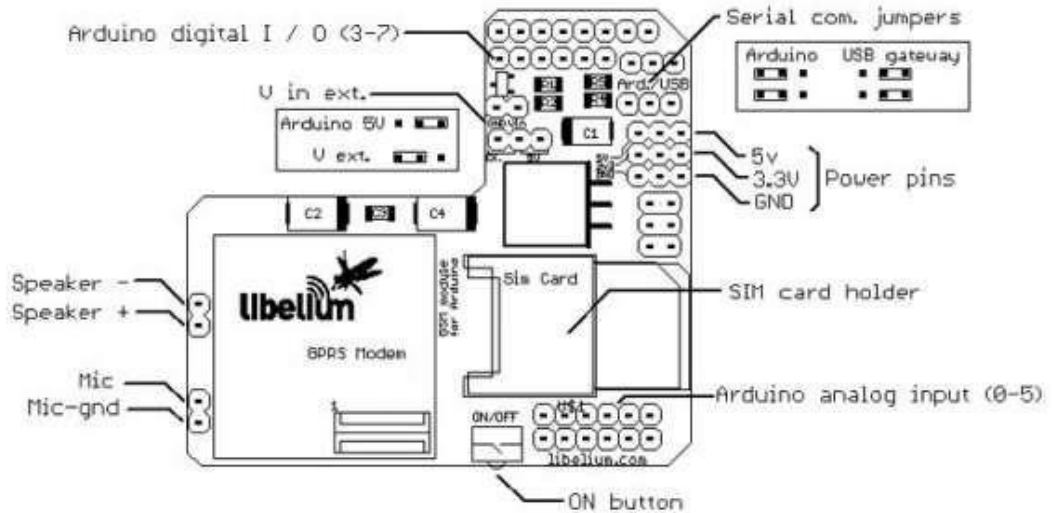
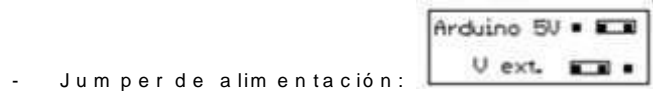


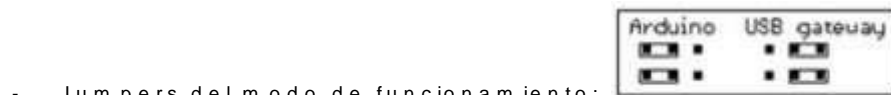
Fig. 16 Conexiones del módulo y diagrama de pines.

Como podemos observar, el módulo tiene unos jumpers, el de la parte izquierda del diagrama determina la fuente de alimentación, y los otros dos determinan el modo de funcionamiento del módulo.



Como podemos ver, es solo un jumper que admite únicamente dos posiciones, "Arduino 5v" y "V ext.". Si lo establecemos en posición de "V ext." Recibirá la alimentación que proviene externamente, a diferencia que al ser ubicado en posición "Arduino 5v", el módulo recibirá la alimentación a través del pin 5v del Arduino.

El posicionamiento del jumper de alimentación para este proyecto debe estar configurado en "Arduino 5V".



En esta imagen vemos dos Jumpers con los cuales se pueden establecer dos métodos distintos de funcionamiento para el módulo, "Arduino" y "USB gateway".

En posición "USB gateway" convierte al Arduino en un puente para la comunicación entre el módulo SIM 900 y el puerto USB. Éste método lo usamos en caso de hacer todo manual por comandos AT y para realizar pruebas por plataformas como putty o hiperterminal, de igual forma se coloca en esta posición cuando se va a cargar el código a la memoria del Arduino.

CAPITULO III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE TELEMETRÍA

En posición "Arduino" siempre usaremos un programa previamente cargado a al mismo, para ejecutar de forma autónoma nuestro módulo SIM 900, es decir, sin necesidad de digitar manualmente los comandos AT.

Finalmente después de aclarar la configuración de hardware y software del módulo SIM 900, procedemos a conectarlo con la placa arduino y a insertar su respectiva Sim card.



Fig. 17 Plataforma Arduino + GPRS/GSM + Antena.

Ahora solo hay que cambiar de posición cada uno de los jumpers, dependiendo esto de los requerimientos de la acción que queramos implementar, seleccionando así los distintos métodos correspondientes.

Envío de datos por comandos AT

Envío de SMS por comandos AT

Inicialmente, haremos una prueba que es la que recomienda el fabricante del módulo que usamos, la cual es el envío de un SMS mediante comandos AT.

Antes que nada debemos revisar la configuración de los jumpers. Como queremos comunicarnos directamente con el módulo para ingresar los comandos AT sin necesidad de cargar algún código en la memoria del Arduino, entonces movemos los jumpers al modo "USB gateway" así:

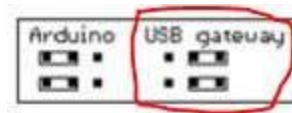


Fig19. Jumpers en modo USB Gateway.

Después de tener los jumpers correctamente ubicados montamos el módulo sobre el Arduino, lo conectamos al puerto USB del PC y abrimos el IDE de Arduino.

Para usarlo como puente, únicamente cargamos un código vacío a la memoria del Arduino, como vemos en la imagen.

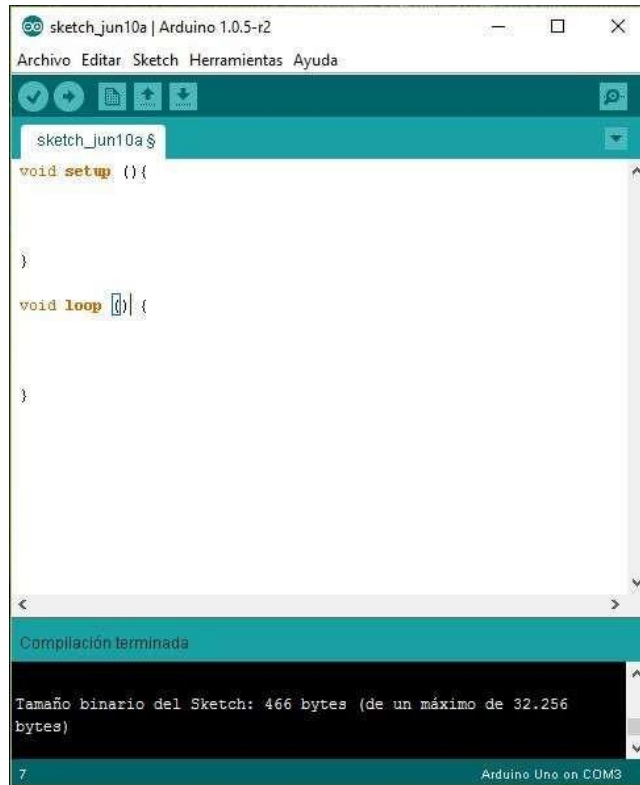


Fig. 18 Código a cargar para usar el módulo en modo Gateway.

Después de tener este código cargado en la memoria del Arduíno, abrimos el "Monitor Serial", y seleccionamos la opción "Ambos NL & CR" como se observa en la siguiente figura, de esta forma nos aseguraremos la comunicación de nueva línea (NL) y retorno de carro (CR) para las respuestas del módulo ante los comandos AT que enviaremos por pantalla.

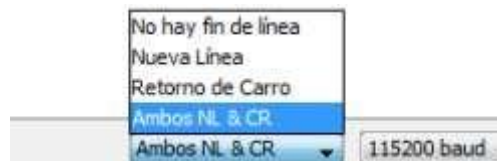


Fig. 19 Ventana de selección "Ambos NL & CR".

Ahora solo nos queda encender el módulo e ingresar los comandos AT por el "Monitor Serial". Para encender el módulo, presionamos el botón de encendido durante 3 segundos e inmediatamente comenzaremos el intercambio de comandos AT para hacer el respectivo envío del SMS, de la siguiente forma:

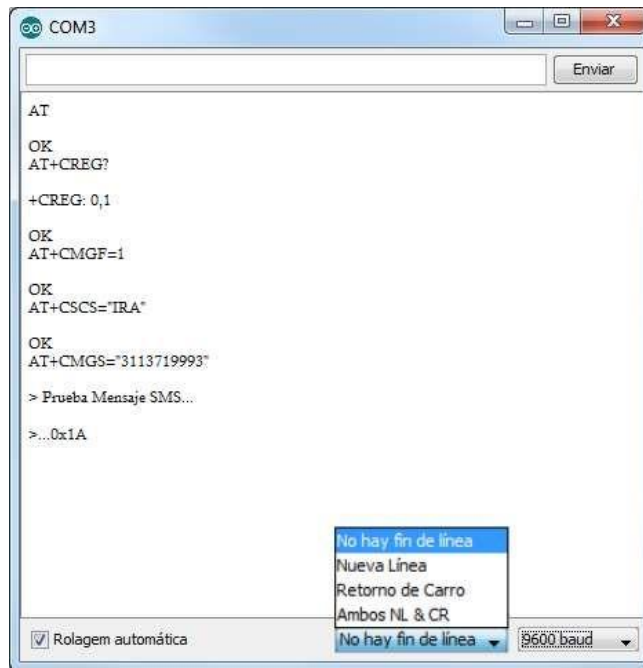


Fig. 20 Monitor Serial, envío de SMS por comandos AT.

Como podemos ver en la Fig22, se comienza enviando el comando "AT", de esta forma comprobamos que el módulo esté encendido y esté respondiendo correctamente a las instrucciones que enviamos, si esto es correcto, responderá con un "OK" al igual que en la imagen.

A continuación, se digita el comando "AT+CREG?", el cual sirve para saber el estado de enganche del módulo, en este caso, la respuesta por parte de este fue "+CREG: 0,1", lo cual quiere decir que el módulo está enganchado y listo para usarse.

Tras esto, seleccionamos el modo para el envío de SMS. Esto lo hacemos enviando los comandos "AT+CMGF=1" y "AT+CSCS='IRA'".

Y una vez se reciban los "OK" de respuesta, continuaremos a introducir el número al cual será enviado el SMS y el texto que enviaremos. Para escribir el número, digitamos el comando "AT+CMGS='311xxxxxx'", en introducimos el texto a continuación de este, sin embargo, en este punto cambiamos nuevamente el método de líneas, pasando de "Ambos NL & CR" a "No hay fin de línea".



Fig. 21 Ventana de selección “No hay fin de línea”

Para terminar, enviamos el carácter en Hexadecimal “0x1A”, de esta forma indicamos el fin del texto que queremos enviar. Una vez hecho esto, el módulo hará el envío del SMS, y unos segundos después llegará al móvil al cual se envió, con el texto “Prueba Mensaje SMS...”.

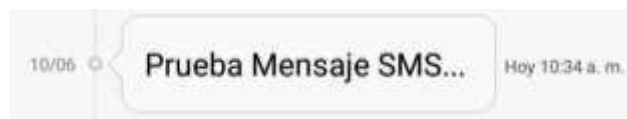


Fig. 22 Imagen del SMS recibido en el celular

Envío de datos por comandos AT

En este apartado vamos a ver cómo se hace el envío de los datos por GPRS pero desde el Arduino (en el punto anterior hicimos un envío de SMS por comandos AT, con el Módulo GPRS en modo Gateway ‘Fig20.’).

Primero que todo debemos verificar que el módulo SIM 900 esté correctamente configurado, con sus Jumpers en modo “Arduino”.

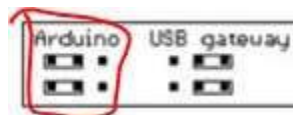


Fig. 23

Configuración Jumpers en modo “Arduino”.

Ahora nos ocuparemos del código que se cargará en la memoria del Arduino, el cual hará el proceso de introducir los comandos AT automáticamente para el envío de los datos a la página Web <http://hubdigital.info/david/SAT/>.

Inicialmente, necesitamos encender el módulo GPRS desde el código, ya que nuestro proyecto está ubicado en zonas de difícil acceso, el encendido debe ser automático.


```

void encenderModem()
{
  pinMode(2,OUTPUT);
  digitalWrite(2,LOW);
  delay(1000);
  digitalWrite(2,HIGH);
  delay(2000);
  digitalWrite(2,LOW);
  delay(1000);

  /*for(int i = 0; i < 10 ; i++)
  {
    delay(6000);
  }*/

  Serial.println("ATE0");
}

```

Fig. 24 Código para encender módulo GPRS desde el Arduino.

Como podemos ver en la imagen, lo que hacemos es enviar unos impulsos a través del Pin 2 del Arduino para excitar el módulo SIM 900, de esta forma se hace el respectivo encendido del GPRS. El último comando que se envía, que es "ATE0", es para desactivar el echo que produce el módulo SIM 900 al recibir comandos AT.

Tenemos una pestaña encargada de imprimir las respuestas que produce el módulo correctamente, esto para identificar los errores o fallas en la conexión.

```

boolean ImprimirAT(String ATcommand){
  Serial.println(ATcommand);
  delay(5000);
  String respuesta="";

  if(Serial.available() > 0){
    while(Serial.available() > 0) {
      respuesta += (char)Serial.read();
    }
    //Serial.println(respuesta);
    String Recortada="";

    respuesta.trim();
    //reemplaza espacios y saltos de linea por
    respuesta.replace(" ", "?");
    respuesta.replace("\n", "?");

    int n=respuesta.length();
    Recortada=respuesta.substring(n-2,n);

    if(!Recortada.equalsIgnoreCase("ok")){
      Recortada=respuesta.substring(respuesta.indexOf("+"), (respuesta.lastIndexOf(",")+1));
    }
    if(Recortada.equalsIgnoreCase("ok") || Recortada.equalsIgnoreCase("+HTTPACTION:0,200,")){
      return true;
    }else{
      return false;
    }
  }
  return false;
}

```

Fig. 25 Código para imprimir los comandos AT.

Posteriormente, continuamos con la parte más importante, la cual es el envío de los comandos AT y el contenido de la información del GPS, del Acelerómetro, y demás datos que serán enviados para la graficación e información.

En esta primera parte del código, nos encontramos con la concatenación de la URL, ya que los datos desde la página web los recibiremos por POST, en esta parte, por medio de los sensores y análisis de datos, se habrá detectado la alerta, así que se activa el GPRS y se agregan los datos respectivos a la URL para el envío posterior de estos, como podemos ver en la siguiente imagen.

```

void Conecserver(){
    String URLservidor = "";
    URLservidor = "AT+HTTTPARA=\URL\", \"www.hubdigital.info/david/SAT/guardar.php";

    URLservidor += "?lat=";
    URLservidor += lat;

    URLservidor += "&long=";
    URLservidor += lon;

    URLservidor += "&alerta=";
    URLservidor += alerta;

    URLservidor += "&acc=";
    URLservidor += cad;

    URLservidor += "&tiempo=";
    URLservidor += tiempo;

    URLservidor += "\";

    boolean controlok = false;
    int errores = 0;

Inicio:

    if(errores >= 5){
        if(!ImprimirAT("AT")){
            }
            goto Fin;
        }
    }

    //limpiarBuffer();
    //configuracion socket GPRS
    if(!ImprimirAT("AT+SAPBR=3,1,\"Contype\", \"GPRS\"")){
        errores++;
        goto Inicio;
    }
    if(!ImprimirAT("AT+SAPBR=3,1,\"APN\", \"internet.comcel.com.co\"")){
        errores++;
        goto Inicio;
    }
    if(!ImprimirAT("AT+SAPBR=3,1,\"USER\", \"COMCELWEB\"")){
        errores++;
        goto Inicio;
    }
    if(!ImprimirAT("AT+SAPBR=3,1,\"PWD\", \"COMCELWEB\"")){
        errores++;
        goto Inicio;
    }
}

```

Fig. 26 Código para envío de datos y conexión con el servidor (Parte 1).

En la segunda parte de la Fig27 y la primera parte de la Fig28 Podemos ver la conexión del Módulo SIM 900 con la red de Comcel, que es la que usamos en nuestro proyecto.

```

//Conexion socket GPRS
if(!ImprimirAT("AT+SAPBR=1,1")){
    errores++;
    goto CerrarGPRS;
}
//Inicia HTTP
if(!ImprimirAT("AT+HTTPIPINIT")){
    errores++;
    goto CerrarHttp;
}
//CONFIGURO HTTP
if(!ImprimirAT("AT+HTTTPARA=\\"CID\\" ,1")){
    errores++;
    goto CerrarHttp;
}
if(!ImprimirAT(URLservidor)){
    goto CerrarHttp;
}
if(!ImprimirAT("AT+HTTTPACTION=0")){
    errores++;
    goto CerrarHttp;
}

delay(200);
//leerHTTP("AT+HTTTPREAD=0,200");
controlok = true;

CerrarHttp:
if(!ImprimirAT("AT+HTTTPTERM")){
    goto Inicio;
}

CerrarGPRS:
if((!ImprimirAT("AT+SAPBR=0,1")) || (!controlok)){
    if(!errores <= 3){
        goto Inicio;
    }
    else{
        if(!ImprimirAT("AT")){
            //switchModule();
        }
        goto Fin;
    }
}

delay(2000);

Fin:
limpiarBuffer();
}

```

Fig. 27 Código para envío de datos y conexión con el servidor (Parte 2).

Por último hacemos la limpieza del Buffer para que no se desborde la memoria del Arduino, de esta manera, evitamos inconvenientes con el envío de datos.

```
void limpiarBuffer(){  
    while(Serial.available() > 0){  
        Serial.read();  
    }  
}
```

Fig. 28 Código para limpiar el Buffer.

Módulo de procesamiento de datos en servidor

En este módulo realizamos el procesamiento final de la información, para ellos se cuenta con el respaldo de una base de datos mysql la cual consta de 3 tablas que alojan la información histórica de los reportes que genera el sistema; Este servidor se encuentra totalmente programado y diseñado con el paradigma de programación orientada a objetos en php (POO PHP), lo cual nos permite poder realizar una manipulación más fácil de la información explicada en el siguiente proceso:

1. Ubicación de coordenadas en mapa: Mediante la utilización del API de mapas proporcionada por Google se realiza la ubicación de cada una de las coordenadas recibidas del sistema en un mapa mediante un "marcador" que es posicionados en el mapa según el reporte que se quiera visualizar, tal como lo muestra la figura



Fig. 29 Mapa para ubicación de coordenadas por cada reporte

2. Tabla de alertas generadas: Obteniendo la información de la base de datos se realiza la publicación de la tabla de alertas generadas, la cual contendrá información importante como fecha del reporte, desplazamiento generado en el mismo y coordenadas; esto con el fin de que poder entregar al usuario la mayor cantidad de información posible.

Tabla de Alertas para visualizar en mapa -

dd/mm/aaaa

Fecha	Latitud-Longitud	Distancia Desplazada (m)
2016-06-01 05:55:44	5.0486135 -75.531561	2874.39
2016-03-14 17:27:59	5.067324 -75.513653	0.09
2016-03-14 17:25:56	5.067324 -75.513653	0.09

Fig. 30 Tabla alertas generadas

3. Información estadística de interés: en la parte superior del panel de reportes se podrá encontrar dos pestañas las cuales se actualizan automática y constantemente con la información recopilada de a base de datos, mostrando parámetros de interés como cantidad de alertas y distancia máxima desplazada en los últimos 5 días.



Fig. 31 Vista superior panel de reportes

F u e n t e d e e n e r g í a .

En la siguiente imagen (Fig34) podemos ver el esquema de conexión de nuestra instalación solar, la cual será la fuente de alimentación para nuestro sistema controlado por Arduino, en nuestro caso, contamos con un panel solar, un controlador de carga y una batería, los cuales se conectarán entre sí para ser la fuente de energía del Arduino y por ende, de los demás módulos.



Fig. 32 Esquema de conexión.

Panel Solar.

El panel solar que implementamos es uno de 12v y 1.5w, fabricado de silicio policristalino, con unas medidas de 115mm x 85mm. Este panel tiene una alta tasa de conversión con una salida de alta eficiencia y un buen efecto de luz débil (Especificaciones del fabricante).



Fig. 33 Panel solar DIY 115mm x 85mm.

CAPITULO III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE TELEMETRÍA

Es el encargado de recibir la energía solar y transformarla en eléctrica, en este caso, una corriente continua de 12v.

Regulador o Controlador de carga.

Este dispositivo es básicamente el “cerebro” del circuito fuente de energía, decide cuando cargar la batería y cuando permitir el consumo, además de prevenir la sobrecarga y la descarga excesiva de la batería. También es el que evita que se produzcan alimentaciones inversas, que es cuando fluye corriente desde la batería hacia el panel, esto ocurre generalmente en la noche.



Fig. 34 Controlador de carga.

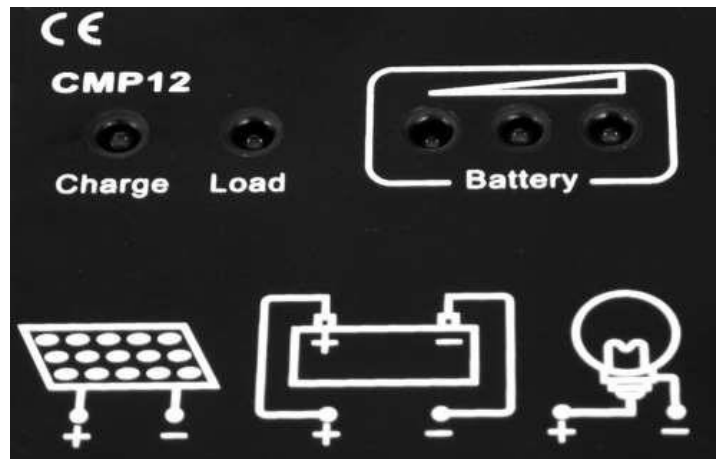


Fig. 35 Indicadores LED del regulador.

- ✓ **Nivel de carga:** Cuenta con 3 LEDs rojos con 2 niveles de intensidad cada uno, de esta manera se informa el nivel de carga de la batería en 6 etapas. ✓
- Carga de la batería:** Un LED verde nos dice si se encuentra cargando o no, y si lo hace de forma “fuerte” (LED 100% encendido) o “débil” (LED con intensidad baja).

✓ **Permiso de consumo:** Si este LED se encuentra encendido, significa que el consumo es permitido, sino, es que no hay energía almacenada y el suministro de corriente se encuentra cerrado para proteger la batería de descargas excesivas.

Batería.

En nuestro proyecto, usamos una batería de iones de litio, también denominada como batería Li-Ion, las baterías han sido diseñadas para almacenar energía eléctrica. Estas baterías de Li-Ion sufren muy poco efecto de memoria, de esta forma nos garantiza una capacidad de funcionar con un elevado número de ciclos de regeneración.



Fig. 36 Batería Li-ion 12v 6800m Ah.

Las características técnicas de esta batería son:

- Voltaje de entrada: 12.6v.
- Capacidad de la batería: 68000 mAh.
- Voltaje de salida: 12.6 – 10.8v.
- Dimensiones: 11.5 x 6 x 2cm. - Peso: 210g.

De esta forma, al conectar este circuito como se muestra en la Fig32, obtenemos una instalación fotovoltaica que provee de alimentación al Arduino teniendo como fuente principal el sol, a continuación se muestra la gráfica de descarga que se obtuvo de ésta batería generando un consumo promedio de 1Amp

CAPITULO III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE TELEMETRÍA

G r á f i c a d e d e s c a r g a 12 v 6800 m A h (a 1 A) v . t

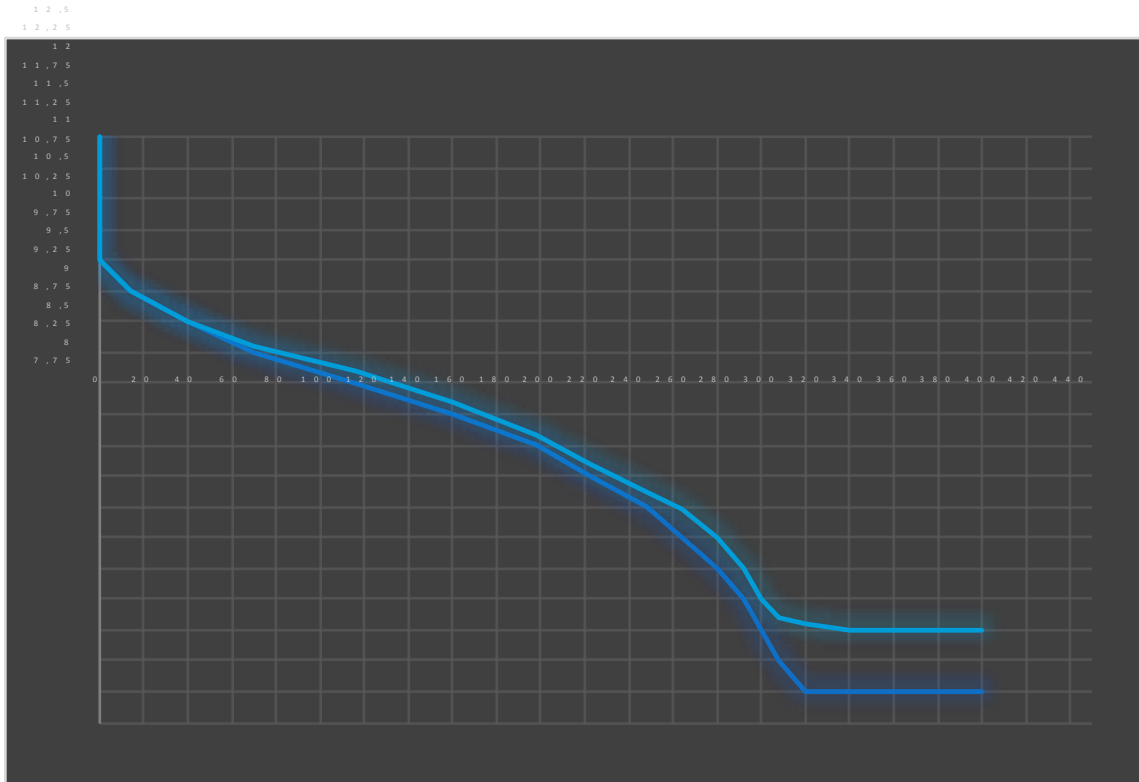


Fig. 37 Gráfica de descarga Bateria

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados y Discusión

Dado la dificultad que se tiene para realizar las pruebas en ambientes reales a este tipo de sistemas se tuvo la necesidad de realizar las mismas en un laboratorio simulando algunos de los movimientos que podría sufrir el sistema en su ambiente real.

1. Prueba de envío de datos con todos los módulos y sistema de backup:

En esta prueba se realizó la conexión de los módulos GPRS, GPS, IMU6500, y uSD (como sistema de backup); el sistema se encuentra totalmente quieto y en posición horizontal.

En figura 38 se puede verificar el funcionamiento correcto del módulo GPRS al realizar la conexión y transmisión de datos al sistema.

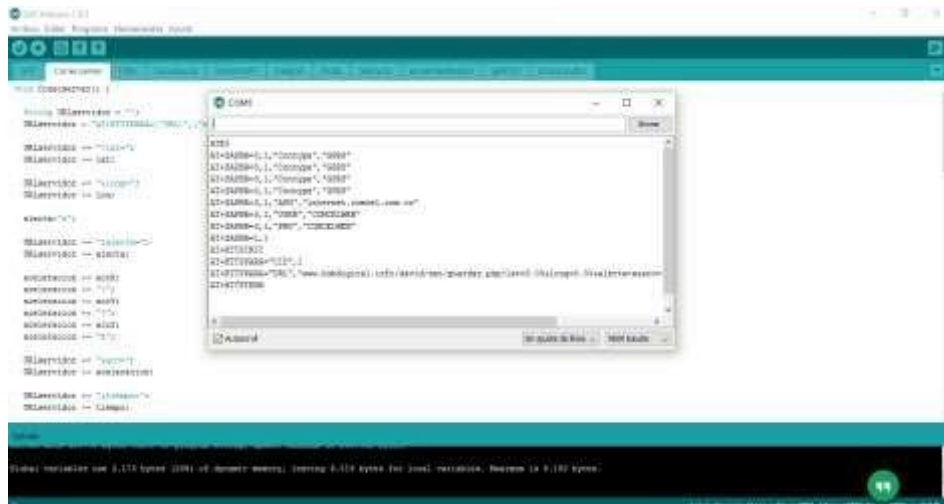


Fig. 38 Prueba de envío de datos con todos los módulos conectados

Tabla de Alertas para visualizar en mapa 

dd/mm/aaaa

Fecha	Latitud-Longitud	Distancia Desplazada (m)
2016-06-14 20:06:18	5.0486135 -75.531561	00
2016-06-14 20:05:48	00	8402763.34
2016-06-14 20:04:52	00	8402763.34
2016-06-01 05:55:44	5.0486135 -75.531561	2874.39
2016-03-14 17:27:59	5.067324 -75.513653	0.09
2016-03-14 17:25:56	5.067324 -75.513653	0.09

Fig. 39 Tabla de alertas - (encerrad en verde) Reporte recibido correctamente

2. Prueba de posicionamiento (módulo GPS):

Evaluando la hoja de datos del módulo GPS (Quectel L70-BEE) nos entrega un rango de exactitud de aproximadamente 2,5m; sin embargo este posicionamiento puede variar según las condiciones en las que se encuentre ubicado el sistema y su respectiva antena, para efectos de la prueba se realizó dentro de un edificio de 3 pisos (ubicado en el segundo piso) los siguientes fueron los resultados:

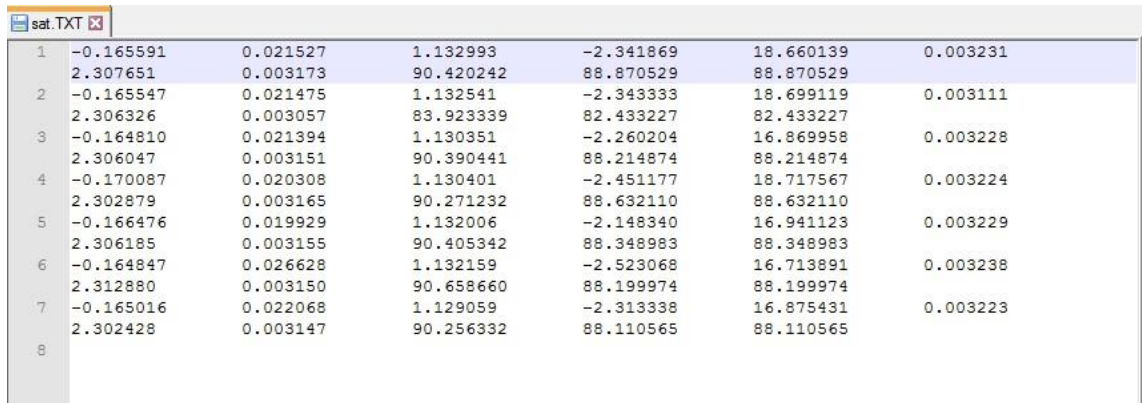
Latitud real: 5.0486131 Latitud GPS: -75.531561
 Longitud real: -75.531577 Longitud GPS: -75.531561

Distancia de diferencia: menor a 0.01 Kilometros -> menos de 10m

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. Sistema de backup:

Previendo posibles fallos del sistema de envío de información se realizó la implementación de un sistema de backup mediante el modulo uSd para arduino; a continuación se muestra el formato y distribución del archivo .txt generado:



1	-0.165591	0.021527	1.132993	-2.341869	18.660139	0.003231
	2.307651	0.003173	90.420242	88.870529	88.870529	
2	-0.165547	0.021475	1.132541	-2.343333	18.699119	0.003111
	2.306326	0.003057	83.923339	82.433227	82.433227	
3	-0.164810	0.021394	1.130351	-2.260204	16.869958	0.003228
	2.306047	0.003151	90.390441	88.214874	88.214874	
4	-0.170087	0.020308	1.130401	-2.451177	18.717567	0.003224
	2.302879	0.003165	90.271232	88.632110	88.632110	
5	-0.166476	0.019929	1.132006	-2.148340	16.941123	0.003229
	2.306185	0.003155	90.405342	88.348983	88.348983	
6	-0.164847	0.026628	1.132159	-2.523068	16.713891	0.003238
	2.312880	0.003150	90.658660	88.199974	88.199974	
7	-0.165016	0.022068	1.129059	-2.313338	16.875431	0.003223
	2.302428	0.003147	90.256332	88.110565	88.110565	
8						

Fig. 40 Archivo sat.txt sistema de backup de información

CONCLUSIONES

Conclusiones

Finalizado la etapa de pruebas y evaluados los resultados del diseño, implementación, control y monitoreo del sistema de obtención de datos para generar alertas sobre desplazamientos de tierra, se obtienen las siguientes conclusiones:

A causa del impacto que ha generado el hombre en la naturaleza se han venido incrementando diversidad de catástrofes naturales, y debido a la tardanza de las alertas que realiza la comunidad a los organismos de socorro se pierden muchas vidas, sin embargo con la implementación de este tipo de sistemas puede marcar una gran diferencia en la toma de decisiones, pues puede ser la diferencia entre permanecer vivo o no. Se propone una solución económica, segura, simple, y escalable, la cual intenta brindar tiempo a la comunidad (decenas de segundos) para la toma de una mejor decisión en una situación de emergencia.

Esta solución corresponde a una arquitectura de sistema de tiempo real crítico que satisface los objetivos establecidos para los sistema de alerta temprana en términos de tiempo, seguridad y adaptabilidad, aprovechado el uso de dispositivos de tecnologías confiables y existentes, como dispositivos multisensor, multi-red, multi-tarea con capacidades suficientes y escalables para la implementación de este tipo de sistemas.

- ✓ Los objetivos propuestos inicialmente fueron alcanzados, debido a la concepción del sistema de obtención de datos para generar alertas sobre desplazamientos de tierra.
- ✓ Se logra diseñar el sistema de obtención de datos con comunicación inalámbrica para obtener toda la información necesaria de este, soportado en GSM/GPRS, el cual hace el respectivo envío de datos a través de la red móvil de Comcel.
- ✓ Se integran las áreas fundamentales de la Ingeniería Telemática, como lo son, la parte de los sistemas informáticos con la programación, el manejo del servidor y diseño web, y la implementación de un sistema de telemetría, el cual transmite todos los datos que se obtienen en el lugar de los hechos hacia un observador lejano por medio de la tecnología móvil celular.

CONCLUSIONES

Podemos decir después de todo que los métodos, dispositivos y toda la tecnología que hace parte de este proyecto, presenta una solución realmente viable a desastres de tipo ambiental, no solamente para los deslizamientos o movimientos de tierra, sino que también impulsa otras investigaciones, desarrollos y soluciones para otro tipo de desastres naturales.

De esta forma se disminuiría notablemente el número de víctimas mortales a causa de los fenómenos naturales ya mencionados, teniendo también, gracias a las alertas tempranas, los organismos de emergencia listos para intervenir en caso de que sean requeridos.

Aunque es el primer prototipo, como lo mencionamos antes, es un proyecto escalable, el cual podemos pasar por un proceso de re-ingeniería para integrarle muchas más características, las cuales puedan ser útiles en la adaptación al medio ambiente del país.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Fin/FLPV/MLA/nh. (2014). U.N. SOCIALIZA SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE CALDAS. 2014, de Universidad Nacional Sede Manizales Sitio web: <http://www.manizales.unal.edu.co/index.php/noticias/36-ano-2014/4293-un-socializa-sistema-de-alerta-temprana-de-caldas>
- [2] <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/cambios-climaticosprincipal-causa-de-deslizamientos.html>
- [3] <http://www.bdigital.unal.edu.co/4205/1/andreaoneliarodriguezroa.2011.pdf>
- [4] Vizueté, A. Z., Llopis, I. P., Salvador, C. P., & Domingo, M. E. (2015). Sistema Distribuido de Detección de Sismos Usando una Red de Sensores Inalámbrica para Alerta Temprana. Revista Iberoamericana De Automática E Informática Industrial, 12260-269. doi:10.1016/j.riai.2015.06.002
- [5] Vizueté, A., Llopis, I., Salvador, C., & Domingo, M. (2015). Quake Detection System Using Smartphone-based Wireless Sensor Network for Early Warning. RIAI - Revista Iberoamericana De Automatica E Informatica Industrial, 12(3), 260-269. doi:10.1016/j.riai.2015.06.002
- [6] Yusmeny J, C. B., & Rosa A, C. M. (2014). Sistemas de Alerta Temprana Escolar en caso de inundaciones en la parroquia Panaquire, estado Miranda: Una propuesta educativa ambiental en gestión de riesgo / School and Early Warning Systems for floods in Panaquire parish, Miranda state: An educational environmental risk management proposal. Revista De Investigación, (82), 143.
- [7] Maray, G. M., Modesto R., G. C., & Alcides, L. M. (2013). Sistema automatizado de alerta temprana ante el peligro de inundaciones / Automated system for early warning of potential flooding. Ingeniería Hidráulica Y Ambiental, (3), 30.
- [8] Efraín, D., & Sergio, L. (2014). Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia / State of the art of the early warning system in Colombia. Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales, (148), 321.

CONCLUSIONES

- [9] Cordero Carballo, D. A., & Espinoza Carazo, R. (2012). Sistemas de alerta temprana para monitoreo de deslizamientos.
- [10] Germán A. Prieto, "Integración numérica". Universidad de los Andes.
- [11] Kurt Seifert, Oscar Camacho, "Implementing positioning algorithms using accelerometers", 2007.
- [12] WELCH, BISHOP, "An Introduction to the Kalman Filter". EEUU: Department of Computer Science University of North Carolina, July 2006.
- [13] "Moving average filter" *Web en línea+. Mathworks, 2014. Disponible en: http://www.mathworks.es/es/help/matlab/data_analysis/filtering-data.html
- [14] <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/gprs-gsm-quadband-module-arduino-raspberry-pi-tutorial-sim-900>
- [15] Grupo de Procesamiento Digital de Señales y Procesadores - GDSPROC. (2014). SISTEMA TELEMÉTRICO DE VARIABLES CLIMATOLÓGICAS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESLIZAMIENTO. 2016, de UNIVERSIDAD DEL QUINDIO Sitio web: http://repositorio.uniquindio.edu.co/bitstream/123456789/488/5/info_final_inve_568.pdf
- [16] Thiebes, B. (2012). *Landslide Analysis and Early Warning Systems: Local and Regional Case Study in the Swabian Alb, Germany*. Heidelberg: Springer.
- [17] Barla, M., & Antolini, F. (2016). An integrated methodology for landslides' early warning systems. *Landslides*, (2), 215. doi:10.1007/s10346-015-0563-8
- [18] Macciotta, R., Hendry, M., & Martin, C. D. (2016). Developing an early warning system for a very slow landslide based on displacement monitoring. *Natural Hazards*, (1), 887. doi:10.1007/s11069-015-2110-2
- [19] Ju, N., Huang, J., Huang, R., He, C., & Li, Y. (2015). A Real-time monitoring and early warning system for landslides in Southwest China. *Journal Of Mountain Science*, (5), 1219. doi:10.1007/s11629-014-3307-7
- [20] Huang, H.), Ni, J.), Qian, T.), Shen, D.), Wang, J.), & Zhang, Y.). (2016). Web3D GIS-based system for reservoir landslide monitoring and early warning. *Applied Sciences*, 6(2), doi:10.3390/app6020044 [21] Segoni, S., Battistini, A., Rossi, G., Rosi, A., Lagomarsino, D., Catani, F.,

CONCLUSIONES

& ... Casagli, N. (2014). Technical Note: An operational landslide early warning system at regional scale based on space-time variable rainfall thresholds.

[22] Jian Xu ; Sch. of Inf. Eng., Hubei Univ. for Nat., Enshi, China ; Yuanhong Wang ; Yu Zhang ; Shushan Yang. (2013). Intelligent Early-Warning System for Landslides Based on the ZigBee Network. 2016, de IEEE Sitio web:

10.1109/DASC.2013.60

[23] Zhangang Huo ; School of mechanics & civil engineering, China University of Mining & Technology Beijing, CUMTB, Beijing, China ; Peng Zhang ; Zhigang Tao ; Yang Gui. (2011). Landslides Remote Monitoring System and its shortages appeared in applications. 2016, de IEEE Sitio web:

10.1109/ICECENG.2011.6058150

[24] L. Zan ; Aquater SpA, Italy ; G. Latini ; E. Piscina ; G. Polloni . (2002).

Landslides early warning monitoring system. 2016, de IEEE Sitio web:

10.1109/IGARSS.2002.1024983

[25] Majid A. Al-Taei; Omar B. Khader; Nabeel A. Al-Saber. (2007). Remote Monitoring of Vehicle Diagnostics and Location Using a Smart Box with Global Positioning System and General Packet Radio Service. IEEE Conference Publications, 1, 385 - 388. 2016, De IEEE Conference Publications Base de datos.

[26] Whitley, K. G., Warfel, K. W., & Shand, A. G. (2009). Wireless telemetry methods and systems for communicating with or controlling intelligent devices.

[27] Summer, W. M. (1998). *New Jersey Tide Telemetry System [electronic resource] / William M. Summer ; partners in project, National Oceanic and Atmospheric Administration, New Jersey Department of Transportation.*

[Reston, Va. : U.S. Geological Survey, 1998?].

[28] *Review of response to ISRP comments on summer spill study proposal [electronic resource] : estimating the survival of sub-yearling Chinook salmon through Bonneville Dam during two spill operation scenarios using Radio Telemetry, 2004 ; Review of summer spill study proposal : estimating the survival of sub-yearling Chinook salmon through Bonneville Dam during two spill operation scenarios using Radio-Telemetry.* (2004). [Portland, Or. :

Independent Scientific Review Panel, Northwest Power and Conservation Council,

2004].

[29] Lindholm, J. (2005). *Movement of yellowtail snapper (Ocyurus chrysurus Block 1790) and black grouper (Mycteroperca bonaci Poey 1860) in the northern Florida Keys National Marine Sanctuary as determined by*

CONCLUSIONES

acoustic telemetry [electronic resource] / James Lindholm ... [et al.]. Silver Spring, Md. : U.S. Dept. of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Office of Ocean and Coastal Resource Management, Marine Sanctuaries Division, [2005].

[30] SANTOS, F. d. (2010). TSADA - SISTEMA DE TELEMETRIA REDUNDANTE E TOLERANTE A FALHAS UTILIZANDO TECNOLOGIA GSM /GPRS E ZIGBEE.

[31] Edinson Ballesteros, C., Carlos Rodrigo Correa, C., Lisa Saavedra, M., & Osear M. Reyes, T. (2007). DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA INALÁMBRICO PARA AUTOMATIZAR LA LECTURA DE CONSUMOS EN LOS MEDIDORES DE AGUA.

[32] Martins, B. 1. (2010). A low-cost GPS-GPRS telemetry system for otters: field tests and preliminary data on wild otters.