

Sistema de Alerta Temprana de Desborde de Lagunas en el Perú

Earle Warning Systems Overflow of Lakes in Peru

Flavio N. Carrillo Gobero, Dick Carrillo Melgarejo, Luis Rivera Ramos, Jaime Luque Quispe

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Resumen— Teniendo en cuenta el objetivo del proyecto, la de incorporar a los estudiantes universitarios en roles sociales utilizando tecnología de telecomunicaciones y electrónica con la finalidad de evitar y/o anticiparse ante accidentes fatales producidos por avalanchas originadas en las lagunas que excedan el máximo de su capacidad de almacenamiento después de intensos días de lluvia o por desprendimiento de bloque de hielo y/o rocas. Para tal fin se realizó pruebas en la laguna de Conococha, la misma que se encuentra ubicada (0°07'40"S 77°17'02"O) a 4,050 metros sobre el nivel del mar, en la provincia de Bolognesi, del departamento de Ancash; habiendo logrado probar la medición del nivel agua basado en ultrasonido; el transporte de los datos medidos hacia el Sistema de Control mediante la utilización del modem SIM900 de tecnología GSM/GPRS; la energía de alimentación de 12V basado en batería y celda solar y el servidor Base de Datos del sistema de Control basado en el sistema operativo Linux.

Abstract— Given the objective of the project to incorporate university students in social roles using telecommunications technology and electronics in order to avoid to fatal accidents caused by avalanches originated in the lakes that exceed the maximum capacity storage after days of intense rain or ice block drop and / or rocks. The end testing was conducted in Conococha Lake, that is located (0 ° 07'40 "S 77 ° 17'02" W) to 4,050 meters above sea level in Bolognesi province, Ancash department; having achieved to measurement of water level based on ultrasound; the data transport to the control system using SIM900 modem GSM / GPRS; the energy 12V power based on battery and solar cell and the Data Base Server Control system based on the Linux operating system.¹

Palabras Claves - microcontroladores, modem, GSM, GPRS, celda solar, sensor de ultrasonido.

Key Words – microcontroller, modem, GSM, GPRS, solar cell, ultrasound sensor.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día ante las variaciones del cambio climático y los desastres naturales en la Tierra, se están registrando que miles y millones de personas ver afectada su integridad física así como la economía. Los huaycos y las inundaciones son el desastre natural más común en todo el mundo dado que ocurre sin previo aviso. Destruyen casas, cultivos, vehículos, y cualquier cosa en su camino. Los animales y las personas quedan atrapados o arrastrados por la corriente de agua y lodo que fluye provocando en mucho de los casos muerte al ser atrapados por la corriente de lodo y no puede salir antes de los intentos de rescate se realizan.

Una de las consecuencias de los desastres naturales se ve reflejada en la inseguridad alimentaria la misma que es una preocupación creciente de todos los países en desarrollo, en particular para las mujeres y niños que viven en condiciones de pobreza. Según CARE, estimó que en el año 2010 hubo alrededor de 925 millones de personas desnutridas. Aunque se ha logrado avanzar en la reducción del hambre a nivel mundial, aún sigue siendo un desafío importante, y es poco probable que hacia el año 2015 se pueda alcanzar la meta del Objetivo de Desarrollo del Milenio (ODM) de reducir a la mitad el porcentaje de personas que padecen de hambre, [1].

En el ámbito peruano, como consecuencia del Fenómeno El Niño las inundaciones han afectado en su mayoría a los departamentos del norte durante los años 1997-1998. Según las estadísticas del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) durante los años 2003-2010, los vientos fuertes, las heladas y las inundaciones han constituido en conjunto los principales factores de amenaza dentro de los

¹ Flavio N. Carrillo Gobero, e-mail: fcarrillog@unmsm.edu.pe

² Dick Carrillo Melgarejo, e-mail: d.carrillo@ieee.org

³ Luis Rivera Ramos, e-mail: luismrr.fie@gmail.com

⁴ Jaime Luque Quispe, e-mail: jluqueq@gmail.com

fenómenos naturales en el país. En la Tabla I y Fig.1, está correlacionado con el índice de inundaciones. [2], se puede apreciar que el índice de lluvias intensas

TABLA I
SERIE CRONOLÓGICA DE EMERGENCIAS A NIVEL NACIONAL SEGÚN FENÓMENO 2003–2010, [2].

FENOMENO	TOTAL	AÑOS								
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
TOTAL	34,334	3,316	4,038	4,773	4,495	4,536	4,545	4,037	4,594	
ACTIVIDAD VOLCANICA	16		1		8	2	3	2		
ALUD	11	3	1		1	2		1	3	
ALUVION	49	2	6	15	4		5	5	12	
AVALANCHA	5		1	1	2				1	
COLAPSO DE CONSTRUCCION	1,401	116	153	137	202	236	265	157	135	
CONTAMINACION DE AGUA	26		5	4	1	2	1		13	
DERRAME DE SUST. NOCIVAS	20	6	5	4	2				3	
DERRUMBE DE CERRO	611	53	18	61	160	67	68	99	85	
DESIZAMIENTO	964	138	100	99	158	126	128	116	99	
EPIDEMIA	55	2	19	7	6	6	8	2	5	
EXPLOSION	40	8	7	4	8	3	5	1	4	
GRANIZADA	623	50	41	73	53	138	84	103	81	
HELADA	2,798	73	438	296	177	536	437	349	492	
HUAYCO	466	69	50	48	73	53	50	64	59	
INCENDIO FORESTAL	246	26	6	65	21	7	46	22	53	
INCENDIO URBANO	11,850	1,137	1,484	1,962	1,738	1,397	1,460	1,273	1,399	
INUNDACION	2,148	470	234	134	348	272	242	219	229	
LLUVIA INTENSA	5,314	388	426	391	738	522	899	827	1,123	
MARETAZO (MAREJADA)	34	6	2	2	12	1	1		10	
NEVADA	323	16	95	162	11	11	3	20	5	
PLAGA	16		1	1		8	1		5	
RIADA (CRECIDA DE RIO)	287	20	20	37	37	61	49	31	32	
SEQUIA	578	5	215	224	74	23	4		33	
SISMO (*)	592	35	11	261	32	200	24	8	21	
TORMENTA ELECTRICA	132	11	14	15	34	25	10	9	14	
VIENTO FUERTE	5,120	615	595	704	544	617	732	692	621	
OTRO 1/	609	67	90	66	51	221	20	37	57	

1/ : Incluye erosión ribereña, afloración agua, caída de árbol, caída meteorito, volcadura ómnibus, rotura tubería matriz, etc.
 (*) : Incluye sismos sentidos en otros distritos colindantes con los epicentros de los sismos principales.
 Fuente : Dirección Nacional de Operaciones del INDECI - SINPAD
 Elaboración : Oficina de Estadística y Telemática del INDECI

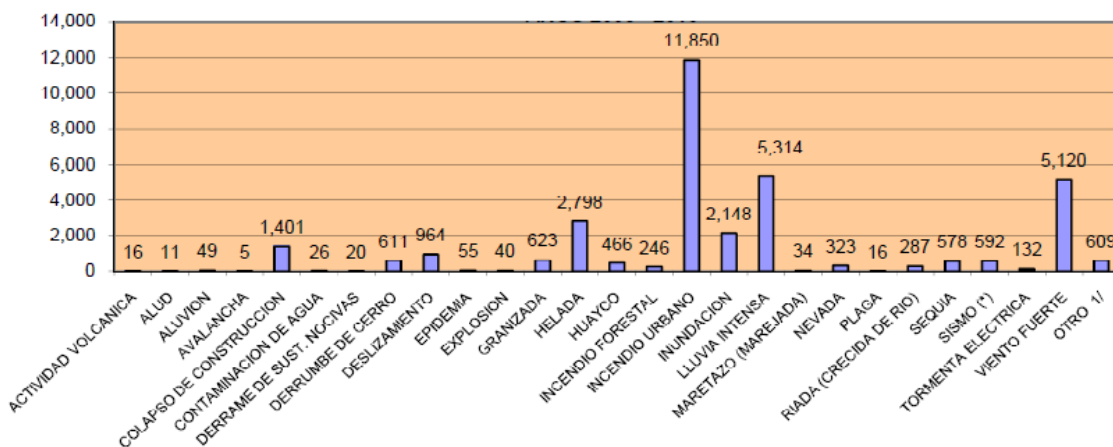


Fig. 1.- Consolidado de Emergencias a Nivel Nacional según Fenómeno, Años 2003–2010, [2].

Desde el año 2003 al 2008, se tienen registro de alrededor 1'451,251 personas afectadas por lluvias intensas e inundaciones que en conjunto, se ha convertido en el segundo tipo de desastre natural en el

Perú después de las heladas, tal como se muestra en la Tabla II,[3].

TABLA II
PERSONAS AFECTADAS POR EMERGENCIAS SEGÚN TIPO DE FENÓMENO 2003 – 2008[3]

FENOMENO	TOTAL PERSONAS AFECTADAS	AÑO					
		2003	2004	2005	2006	2007	2008
TOTAL	6.070.459	246.159	919.895	876.599	997.337	1.662.413	1.368.056
ACTIVIDAD VOLCANICA	5.679				5.279	155	245
ALUD	72	72					
ALUVION	2.348	72	941	909	9		417
COLAPSO DE CONSTRUCCION	11.747	544	715	283	3.395	5.645	1.165
CONTAMINAC. AGUA	35.431		50	35.076		305	
DERRAME SUSTANC. NOCIVAS	2.208	2	61	2.097	48		
DERRUMBE DE CERRO	31.484	234	231	6.995	9.046	12.784	2.194
DESIZAMIENTO	136.657	3.728	5.312	6.550	21.450	17.093	82.524
EPIDEMIA	5.047		729	397	809	714	2.398
EXPLOSION	4.586	4.250	2	20		307	7
GRANIZADA	319.441	15.981	7.218	31.769	25.668	184.649	54.156
HELADA	1.518.728	25.708	356.804	199.056	96.572	394.708	445.880
HUAYCO	157.931	2.107	1.538	1.609	69.335	7.236	76.106
INCENDIO FORESTAL	6.002	28		3.376	697	74	1.827
INCENDIO URBANO	18.386	2.486	4.577	2.760	2.787	2.356	3.420
INUNDACION	478.667	118.433	53.370	21.473	115.648	64.535	105.208
LLUVIA INTENSA	972.584	29.694	41.003	22.814	177.142	176.577	525.354
MAREJADA (MARETAZO)	14.439	1.144	220		13.031		44
NEVADA	195.296	3.768	104.267	51.152	3.730	28.596	3.783
PLAGA	370.822		11.305			359.517	
RIADA (CRECIDA DE RIO)	18.933	3.646	1.083	2.246	868	460	10.630
SEQUIA	1.203.300	560	281.556	418.982	436.205	54.578	11.419
SISMO (*)	268.830	5.132	126	25.241	1.616	235.783	932
TORMENTA ELECTRICA	959	66	145	82	508	132	26
VIENTO FUERTE	154.090	25.432	42.025	19.562	8.167	26.866	32.038
OTRO 1/	136.792	3.072	6.617	24.150	5.327	89.343	8.283

1/ : Incluye erosión ribereña, afloración agua, caída de árbol, caída meteorito, volcadura ómnibus, rotura tubería matriz, etc.

(*) : Incluye sismos sentidos en otros distritos colindantes con los epicentros de los sismos principales.

Fuente : Dirección Nacional de Operaciones del INDECI - SINPAD

Elaboración : Oficina de Estadística y Telemática del INDECI

El 14 de Febrero del 2012, se desbordó la laguna La Encantada, ubicada en distrito de Lapo, de la provincia de Pallasca, departamento de Ancash, debido a las constantes lluvias de esta época que trajo como consecuencia desplazamientos de lodo y piedras y haber ocasionado provocado víctimas fatales que asciende a 3 personas desaparecidas, así como daños materiales. Por consiguiente, en los países donde se producen este tipo de anomalías, ven afectado a su vez su sistema económico debido a las millonarias pérdidas en producción y bienes [4],[5].



Fig.2. Desborde de la laguna La Encantada. Puente colapsado,[4].



Fig. 3. Laguna la Encantada. Forado del dique de contención, [5].

Es por ello que el objetivo general de este estudio fue evaluar los niveles de exposición a los campos electromagnéticos en términos del SAR producido por los teléfonos móviles que operan en el mercado peruano y definir de acuerdo a la literatura mundial actualizada los posibles efectos sobre la salud de las personas.

II. OBJETIVO

Desarrollar e implementar un sistema de telemetría que utiliza la red de GSM-GPRS para la medición del

nivel de agua de una laguna utilizando sensor de ultrasonido para alerta temprana y en tiempo real a un grupo de personas y a una central de monitoreo remoto ante el inminente peligro de desborde.

Como objetivos específicos, se precisó:

a) El desarrollo de un módulo de comunicaciones utilizando la red GPRS para la comunicación entre el terminal remoto de medición del nivel de agua y la central de monitoreo.

b) Desarrollo de un módulo de procesamiento de datos utilizando el microcontrolador 18F4550 y sensores de sensores.

c) Desarrollo de la base de datos para el almacenaje de los datos de medición.

d) Desarrollo del firmware para el tratamiento de los datos, que permita comunicación entre el módulo de procesamiento de datos, el módulo de comunicaciones, y la gestión de transporte de los datos de medición por medio de la red GPRS hacia el servidor de base de datos de la central de monitoreo.

III. METODOLOGÍA

En la presente trabajo se han utilizado tres elementos metodológicos: Fundamento teórico, desarrollo del firmware, desarrollo del hardware y servidor Base de Datos como se muestra en la Fig. 4.

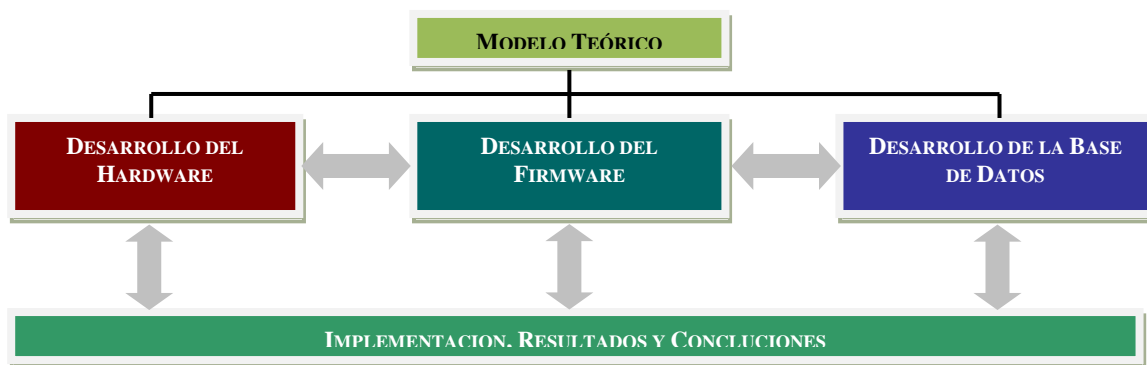


Fig. 4. Diagrama de la Metodología utilizada.

El Modelo Teórico se fundamentó en la recopilación de información de conceptos y esquemas de la organización de un sistema de telemetría, habiéndose optado por el sistema de comunicación móvil GSM-GPRS, se incluyó información actual dentro del contexto del presente proyecto, las tecnologías de GSM-GPRS alcanzadas a la fecha y así mismo los conceptos teóricos del principio de medición de distancias utilizando tecnología de ultrasonido.

Para el desarrollo del Hardware, tres son los componentes principales del sistema, un microcontrolador, módulos de GSM-GPRS y sensor de ultrasonido. El primer paso fue conocer la diversidad de periféricos que puede implementarse con el módulo de comunicaciones, por lo que se trabajó específicamente con el modelo SIM548C GSM/GPRS/GPS y el SIM 900 GSM/GPRS, de la Marca SIMCom Wireless Solution Ltd. Luego se desarrolló una tarjeta de procesamiento conteniendo el microcontrolador, 18F4550, display y sensor para la integración con el módem de comunicaciones. Finalmente, se realizó el diseño CAD y la elaboración de la tarjeta de circuito impreso por método serigráfico.

Para el desarrollo del Firmware, es decir, la codificación, se ha propuesto programación en

lenguaje C y el uso de un microcontrolador, 18F4550, el cual realizará las tareas de adquisición de señales provenientes del sensor de ultrasonido, codificando los datos de la medición del nivel de agua a fin de generar una alerta. El microcontrolador realizará la comunicación con el módem GSM-GPRS de forma serial utilizando los comandos AT.

Para el desarrollo de la Base de Datos, se utilizó como servidor una PC con el sistema operativo Linux conectada a la red de Internet.

IV. MARCO TEÓRICO

Teniendo en cuenta que se monitorea los cambios de nivel del agua de mar utilizando imágenes de satélite y sensores en estaciones de medición en tierra, para comprender mejor la circulación de su rol en el clima mundial, el sistema de medición del nivel de agua de la National Ocean Services de la NOAA, [6], permite realizar una serie de aplicaciones en tiempo real, casi en tiempo real y de largo plazo. Sus aplicaciones en tiempo real incluyen la hidrografía, cartas náuticas, navegación marítima, y las alertas de tsunamis. En cuanto a aplicaciones en casi tiempo real son los estudios de circulación, así como la advertencia de tempestades. Aplicaciones a largo plazo incluyen la determinación de los límites marinos, la

predicción de mareas, el seguimiento a largo plazo de las tendencias del nivel del mar, la investigación oceanográfica, la investigación del clima y la vigilancia absoluta del nivel del mar.

Por otro lado, en el 2006, el trabajo de Gamini Jayasinghe, Farazy Fahmy, Nuwan Gajaweera y Dileeka Dias con el tema “A GSM Alarm device for Disaster Early Warning”, describe el desarrollo de un dispositivo de alarma que puede difundir advertencias de desastres a las comunidades más amenazadas mediante la red GSM. El dispositivo es capaz de generar señales acústicas de gran volumen, linternas y encender un modem GSM incorporado en respuesta a un mensaje de advertencia a través del servicio de mensajes cortos (SMS) o de difusión celular [7].

En marzo del 2010, Siva Kumar Subramaniam, Vigneswara Rao Gannapathy, Sivarao Subramonian y Abdul Hamid Hamidon en su trabajo: “Flood Level Indicator and Risk Warning System for Remote Location Monitoring Using Flood Observatory System” [8], describen un sistema de monitoreo de niveles de agua mediante uso de tecnología GSM. Los niveles de agua son enviados a través de SMS o algún reporte de avería.

En el artículo de Joko Windarto, el 2010, publica: “Flood Early Warning System Develop at Garang River Semarang Using Information Technology Base on SMS and Web” [9], en donde proporciona resultados obtenidos en el uso de mensajes de texto (SMS) e Internet para un sistema de alerta temprana frente a la creciente del río Kali Garang.

Finalmente, en ese mismo año, 2010, en el artículo de S.M. Kaled, Reza, Shah Ahsanuzzaman Md Tariq y S.M. Mohsin Reza, publican: “Microcontroller Based Automated Water Level Sensing and Controlling: Design and Implementation Issue”, [10], proponen un sistema de control del uso automatizado del agua utilizando tecnología móvil, esto es, vía la red de comunicaciones móviles para monitoreo eficiente del nivel de agua y así evitar desbordes. A su vez, proponen un sistema de bajo costo con el uso del microcontrolador PIC16F84A, sus resultados en laboratorio resultaron exitosos y además proponen un sistema vía web con la capacidad de control remoto desde cualquier dispositivo.

V. MODELO DESARROLLADO

El sistema de alerta temprana ante posible desborde e una laguna, propuesto posee dos funciones definidas: servir de alerta ante el inminente peligro de desborde de la laguna bajo control y almacenar y publicar los datos de medición. Para lo cual es necesario dar las condiciones necesarias al sistema. Para ello durante la elección del lugar de operación del

sistema fue necesario que la laguna a elegir para las pruebas experimentales disponga en sus cercanías el servicio de comunicación móvil por GSM-GPRS, siendo la Laguna de Conococha la que satisfizo estas condiciones. Así mismo se tuvo en cuenta el rango máximo de medición del sensor que fue de 3 metros para el módulo de ultrasonido, fijándolo en un metro y medio de tolerancia como valor permisible ante una posible creciente del nivel de la laguna, esto quiere decir que a 1 metro del sensor la señal de alerta se ejecutará efectuando envío de datos a la Central de Monitoreo vía GSM-GPRS en tiempo real. Adicionalmente, se consideró en la programación enviar a un usuario o a un grupo de usuarios un mensaje de alerta vía SMS. En la Fig.5, se muestra el diagrama del Sistema de Alerta Temprana de Desborde de una Laguna.

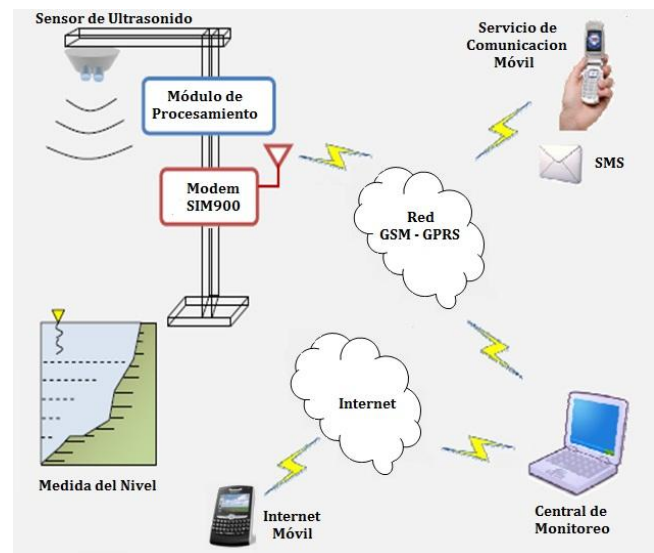


Fig. 5. Modelo de Sistema de Alerta Temprana del Desborde de una Laguna.

VI RESULTADOS

En el esquema de la Fig.6, se describe en forma detalla el diagrama de bloques del sistema desarrollado.

En la Fig.7 se muestra la disposición de conexión de las diferentes partes del módulo de transmisión, todos ellos contenidos dentro de un solo bloque metálico de 30x30x15 cm. La fuente de alimentación constituida por una celda solar de 10 Watts, una batería recargable de 12 VDC, y un regulador de tensión continua para alimentar al sensor, módulo de procesamiento y modem de transmisión de datos. Ello implica que este equipo está diseñado para operar las 24 horas alimentado con energía solar. En la Fig. 8 se muestra la disposición del módulo en el borde del

muro de contención de la laguna en donde se muestra la disposición mecánica de la celda solar, la antena del modem, el sensor de ultrasonido y el módulo de transmisión

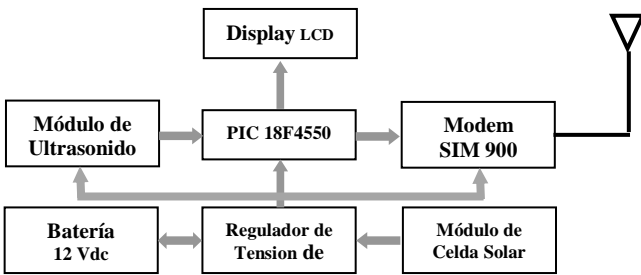


Fig.6. Modelo en diagrama de bloque del Sistema propuesto.

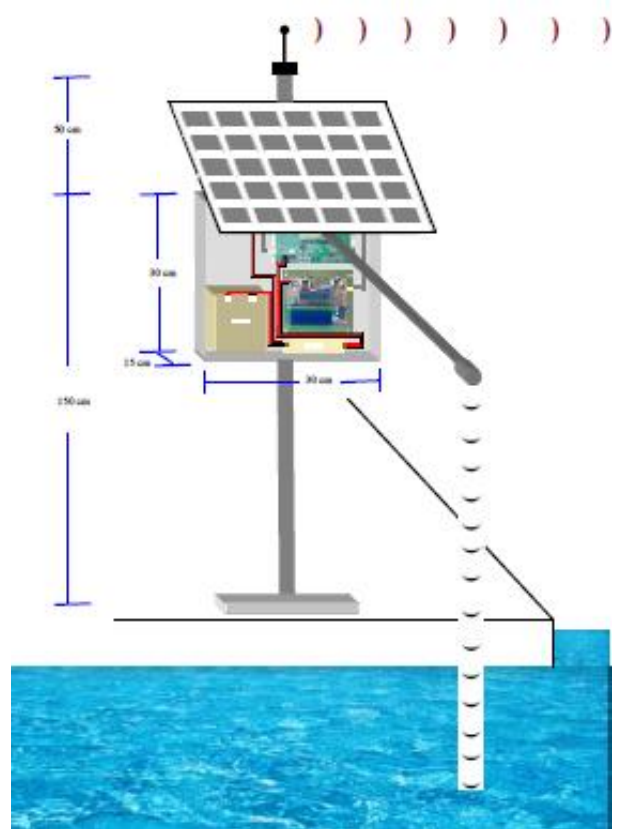


Fig.8. Disposición de todos los componentes del sistema de medición y transmisión.

Para la realización de estas pruebas de campo se contó con la participación de los estudiantes de la E.A.P. de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la UNMSM, disponiendo de los equipos necesarios para las pruebas, tal como se presenta en las imágenes registradas en la Fig. 10.

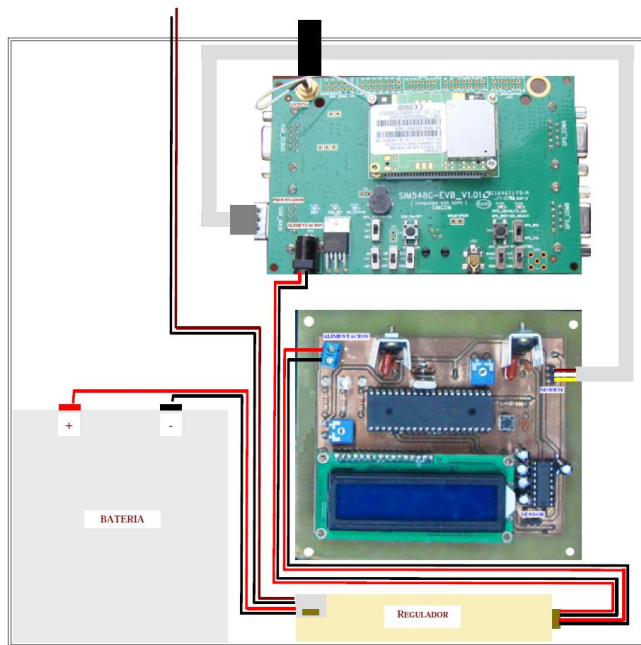


Fig.7. Hardware desarrollado mostrando las partes.

La parte experimental se llevó a cabo en la compuerta de control de salida de la Laguna de Conococha, que da origen al rio Santa por disponer de facilidades de acceso y así mismo de un sistema de medición de nivel tradicional, como se muestra en la Fig.9 (a). Este lugar dispone del servicio de GSM/GPRS de Telefónica, tal como se muestra en la Fig.9 (b) para la ejecución de las pruebas y transporte de datos.

Para la realización de estas pruebas de campo se contó con la participación de los estudiantes de la facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, disponiendo de los equipos necesarios para las pruebas, tal como se presenta en las imágenes registradas en la Fig. 10.



(a)



(b)

Fig.9. Laguna de Conococha. (a) Tradicional forma de medir el nivel. (b) Muro de contención y control de descarga.



Fig.10. Estudiantes de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica realizando pruebas de campo en la Laguna de Conococha (Noviembre, 2011).

Finalmente, como registro de las mediciones obtenidas durante 30 minutos de operación autónoma del Sistema instalado, en la Tabla 3 se presenta las mediciones de nivel registradas en el Servidor de Datos operando en el Laboratorio de Señales de la

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la UNMSM.

TABLA 3

DATOS DE MEDIDAS OBTENIDAS EXPERIMENTALMENTE.
LA VARIABLE MEDIDA DEL NIVEL ESTÁ EN CENTÍMETROS

ID	MEDIDA	FECHA	HORA
166	17.889	2011-11-19	00:03:51
167	17.472	2011-11-19	00:04:35
168	17.486	2011-11-19	00:05:18
169	133.375	2011-11-19	00:26:39
170	133.361	2011-11-19	00:27:17

VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en el presente proyecto, cabe precisar que se ha logrado el desarrollo de un prototipo de Sistema de Alerta Temprana de Desbordamientos de una Laguna, utilizando la red de comunicaciones móviles GSM/GPRS en el Perú.

Así mismo, se ha desarrollado un módulo electrónico de telemetría para medir en forma no invasiva el nivel del agua de la laguna, basado en el sensor de ultrasonido HFK-TS1601, el microcontrolador PIC18F4550 y el Modem GSM/GPRS SIM900 para sensoramiento remoto del nivel de agua de una laguna.

Otro logro, es haber realizado el estudio, diseño y construcción de un servidor Base de Datos para el sistema de monitoreo, basado en el sistema operativo Linux, utilizando tecnología de red GSM/GPRS e Internet.

Desde el punto de vista práctico, la aplicación de este trabajo servirá para motivar el diseño de mejoras en el plan de desarrollo nacional a través del gobierno central, gobiernos regionales y/o gobiernos locales para la instalación de una red de alerta temprana en todo lugar donde sea necesario para alertar en forma temprana, posibles desbordamientos de lagunas.

Otra aplicación práctica, es para la UNMSM al haber desarrollado habilidades técnicas de los miembros participantes en Telecomunicaciones y Electrónica al dominar las herramientas de hardware y software disponibles de la tecnología actual, resolviendo un problema nacional identificado y dando forma en la formación de los estudiantes de la nueva E.A.P. de Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la UNMSM.

Finalmente, como consecuencia de este proyecto, nos ha motivado a continuar con el estudio y desarrollo de este sistema pero utilizando otros servicios de telecomunicaciones, como por ejemplo por satélite dado que se ha identificado que hay lagunas donde el servicio de GSM/GPRS no está disponible.

REFERENCIAS

- [1] Care. “Adaptación y Seguridad Alimentaria”. Documento de CARE International sobre cambio climático. *Climate Change Information Centre*. Febrero, 2012.
http://www.careclimatechange.org/files/CARE_docs/CARE_Food_Security_Brief_2011_Spanish.pdf
- [2] Compendio estadístico de prevención y atención de desastres 2010. *Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)*.
http://www.indeci.gob.pe/estadisticas/serie_2003-2010/serie_03_10_2_eme_fen.pdf
- [3] Compendio estadístico de prevención y atención de desastres 2008. *Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)*. , pp. 581.
<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1428/doc1428-4.pdf>
- [4] Andina. “Falla técnica en obra ejecutada en laguna originó aluvión en Pallasca”. *Agencia peruana de noticias*. 16 de febrero. 2012.
<http://www.andina.com.pe/Espanol/noticia-falla-tecnica-obra-ejecutada-laguna-origino-aluvion-pallasca-400216.aspx>
- [5] RPP. “Estado de muro de contención amenaza con nuevo aluvión en Pallasca”. *RPP Noticias*. Jueves, 16 de Febrero 2012.
http://www.rpp.com.pe/2012-02-16-estado-de-muro-de-contencion-amenaza-con-nuevo-aluvion-en-pallasca-foto_452068_1.html#swfplayer
- [6] NOAA. “About Water Levels, Tides and Currents”. *Center for Operational Oceanographic Products and Services*. 2012.
<http://co-ops.nos.noaa.gov/levelwhy.html>
- [7] Gamini J., Farazy F., Nuwan G. y Dileeka D. “A GSM alarm device for disaster early warning”. *University of Moratuwa*, Sri Lanka. 1-4244-0322-7/06/\$20.00 ©2006 *IEEE*. 2006.
- [8] S. Kumar S., V. Rao G., S. Subramonian y A. Hamid H. “Flood level indicator and risk warning system for remote location monitoring using Flood Observatory System” *Universiti Teknikal Malaysia Melaka*. *Wseas Transactions on Systems and Control*. Marzo de 2010. ISSN: 1991-8763, pp. 160. 2010
- [9] Windarto Joko. “Flood Early Warning System Develop at Garang River Semarang using Information Technology base on SMS and Web”. *Diponegoro University Semarang – Indonesia*. *INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMATICS AND GEOSCIENCES*. ISSN 0976 – 4380, pp. 27. 2010.
- [10] S.M. Khaled R., S. Ahsanuzzaman M. T., S.M. Mohsin R. “Microcontroller based Automated water level Sensing and Controlling: Design and Implementation Issue”. *WCECS 2010. World Congress in Engineering and Computer Science 2010. Volumen I*. San Francisco, USA 2010. *IAENG*, ISBN: 978-988-17012-0-6, ISSN: 2078-0958, pp. 220-224. 2010.