
Dispositivo de medición de ríos y lagunas

Naur Ávila Estrada¹
Alejandra Casanova Priego²

West R. C., *et al*, (1985) en su obra *Las Tierras bajas de Tabasco en el Sureste de México*, hace referencia de una cita de Melchor de Alfaro Santa Cruz escrita en 1579, en la que describe que Tabasco «Es una tierra muy caliente y húmeda, que abunda en ríos grandes y pequeños, en estuarios, lagunas y lagos, pantanos y tremedales»³. Esta lacónica reseña sobre las planicies de Tabasco, coincide con casi todas las crónicas hechas por los viajeros, que desde la llegada de los españoles, han hecho sobre la abundancia de agua en Tabasco.

México está dividido en tres regiones: norte, centro y sur; de ellas la zona sur es la que capta la mayor cantidad de agua de lluvia llegando a 49 % de todo el país. El estado que más capta lluvia «es Tabasco, que recibe en promedio 2 588 mm de agua cada año»⁴.

«En Tabasco existen tres complejos hidrológicos: el fluvial, el limnológico y el de litoral»⁵. El sistema fluvial incluye a los sistemas de los ríos Usamacinta, Mezcalapa, Sierra, Chilapa y Tonalá.

En cuanto a los sistemas limnológicos que incluyen lagos y lagunas, pantanos y fangales, podemos determinar los siguientes: sistemas limnológicos entre diques, lagos al margen de terrazas y los sistemas limnológicos costeros. Los complejos costeros se refieren a «las corrientes de agua de los llanos de Tabasco que desaguan en el Golfo de México; las mareas, el oleaje y las corrientes distribuyen los sedimentos arrojados por las bocas de los ríos»⁶.

«En los últimos años Tabasco ha sufrido una gran cantidad de inundaciones, siendo la más crítica la de 2007. Cifras oficiales indican que 80 % del territorio estatal se vio anegado»⁷, por lo que se considera

¹ Director de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Olmeca. Correo electrónico: naur.avila@gmail.com

² Profesor en la Dirección de Ingeniería y Tecnología de la U.O. Correo electrónico: alecasanovapriego@hotmail.com

³ Melchor Alfaro Santa Cruz, *Provincia de Tabasco*, en West R. C., *et al*, *Las Tierras bajas de Tabasco en el Sureste de México*, Gobierno del Estado de Tabasco, 1985, México. p. 45.

⁴ Centro Virtual de Información del Agua. Disponible el 8 de febrero de 2017 en: <http://www.agua.org.mx/el-agua/agua-en-mexico>

⁵ West R. C., *et al*. *Las Tierras bajas de Tabasco en el Sureste de México*, Gobierno del Estado de Tabasco, 1985, México. p. 46.

⁶ *op. cit.* p. 59

como el más grave desastre natural enfrentado por la entidad en los últimos cincuenta años. Una de las causas a las que se atribuye este acontecimiento es a las fuertes lluvias provocadas durante el otoño en el cual los niveles del río Grijalva aumentó 1 500 m³ cada segundo, además de la apertura de las presas, la marea alta y la construcción de diques.

Problema

El estado de Tabasco cuenta con una superficie de 24 mil 731 km² que representa 1.2 % del territorio nacional; una población aproximada de 2 millones de habitantes y un PIB (Producto Interno Bruto) de 3.48 % con respecto al total nacional. Esto ocurre en un territorio 60 % cubierto por cuerpos de agua que constantemente y dependiendo de la estación en la que se encuentre puede llegar a tener variaciones significativas. Tabasco tiene como actividad primaria la agricultura, que se desarrolla principalmente bajo condiciones de temporal.

Uno de los principales problemas para la agricultura y la ganadería son las precipitaciones que se presentan durante el otoño ya que pueden provocar que los niveles de los ríos aumenten y lleguen a dañar los campos de cultivo representado así pérdidas económicas notables.

Entonces se tiene el problema de alertar y actuar oportunamente cuando los niveles de los ríos aumentan para prevenir pérdidas económicas y humanas. Este problema puede resolverse si se diseña un prototipo de dispositivo de medición del nivel de los cuerpos de agua que envíe los datos en tiempo real por medio de la tecnología GSM (Global System for Mobile Communication) y/o CDMA (Code Division Multiple Access) a un sistema que almacene la información, la analice e interprete.

El objetivo de la investigación desarrollada fue diseñar y generar un prototipo funcional y de bajo costo de un dispositivo para monitorear los niveles de cuerpos de agua, que pudiera enviar información en tiempo real a una base de datos donde se analicen e interpreten para generar alertas tempranas de riesgo de inundación.

Cumplir con el objetivo planteado exige la ejecución de los siguientes objetivos particulares:

- Identificar los sensores, celdas solares y dispositivos electrónicos más adecuados para el desarrollo de la herramienta.
- Diseñar y construir la tarjeta de circuitos de control para la integración del sistema, así como el protocolo de comunicación.
- Diseñar el contenedor o carcasa del dispositivo de emisión de la información.
- Diseñar la base de datos para el almacenamiento de la información y los sistemas de análisis e interpretación de datos.
- Realizar las pruebas de laboratorio y campo para calibrar y evaluar el desempeño del prototipo.

Justificación

Se justifica el desarrollo de un dispositivo que mida la profundidad del agua, la temperatura, la humedad, y que transmita esta información en tiempo real a fin de mejorar el monitoreo de los cuerpos de agua. Si dicho aparato es de bajo costo se podrá ampliar la red existente, en especial en los puntos en donde no se posee información, por ejemplo en ríos de menor envergadura que el Grijalva y el Usumacinta. Las autoridades del estado de Tabasco estarán en mejores condiciones de alertar a la población y evitar así la pérdida de vidas y de bienes materiales entre la población tabasqueña.

⁷ Senado de la República. Comisión de Asuntos Hidráulicos. «Informe de las Inundaciones de 2007 en el Estado de Tabasco». Consultado el 9 de enero de 2017 en: <http://www.imta.gob.mx/gaceta/anteriores/g12-04-2008/informe-tabasco.pdf>

Métodos y materiales

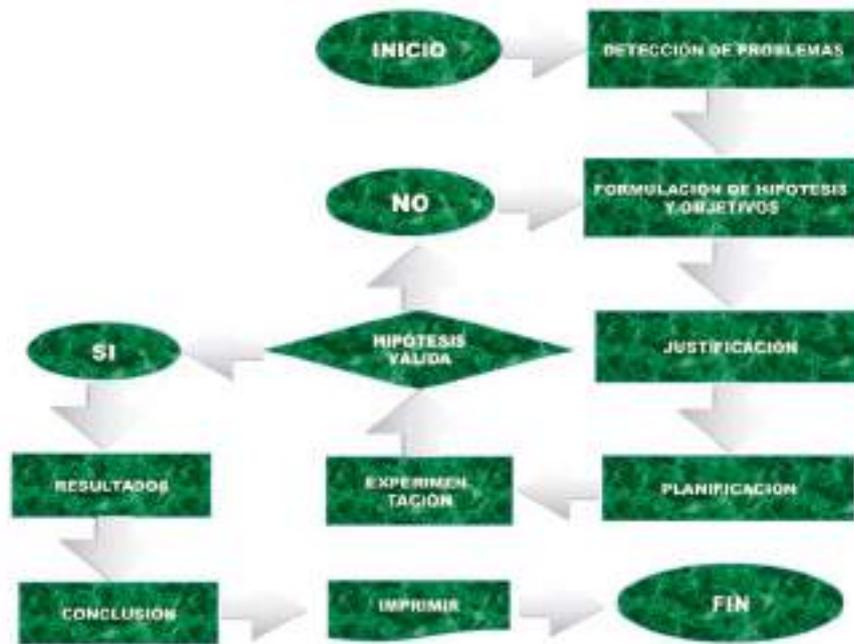


Figura 1

En la figura 1 se explica el proceso metodológico seguido en la elaboración y desarrollo del proyecto. Es importante señalar que los proyectos de este tipo involucran una gran cantidad de pruebas de hardware, de software e inclusive metodológicos. Cuando

se ha detectado el problema pasamos a la formación de hipótesis y objetivos, hasta llegar a interacciones que permitan experimentar y confirmar la validez de la hipótesis y objetivos. A continuación desarrollamos el diagrama (figura 2):



Figura 2

1. Se elabora un diagnóstico preliminar apoyado en el informe de las inundaciones de 2007 en el estado de Tabasco.
2. Se investiga cuáles son los sensores de distancia por ultrasonido y de presión barométrica para adquirirlos y probarlos.
3. Se establecen las redes celulares disponibles (GSM, GPRS [General Packet Radio Service]).
4. Se planifica la manera en que se elaborará el prototipo.
5. Se experimenta con los siguientes materiales:
Controlador Atmega328p, Módulo GSM Sim900, sensores: HC-SR08 (ultrasonido), Mpx5050dp (presión), LM35 (Temperatura), DHT11 (humedad), Tarjeta Sim, Panel solar, Baterías Li-ion, Re-

- gulador de voltaje, Interruptor de voltaje.
6. Se obtienen resultados haciendo una evaluación cuantitativa y cualitativa de los datos obtenidos durante la experimentación.
7. Se formulan las conclusiones a partir de la hipótesis y los resultados obtenidos.
8. Se realiza el prototipo.

Resultados

Se obtuvieron los resultados esperados para el dispositivo de medición del nivel de los cuerpos de agua. Los datos se pudieron enviar en tiempo real por medio de la tecnología GSM y/o CDMA a un servidor Web Apache que almacena los datos mediante un manejador de bases de datos relacionales.

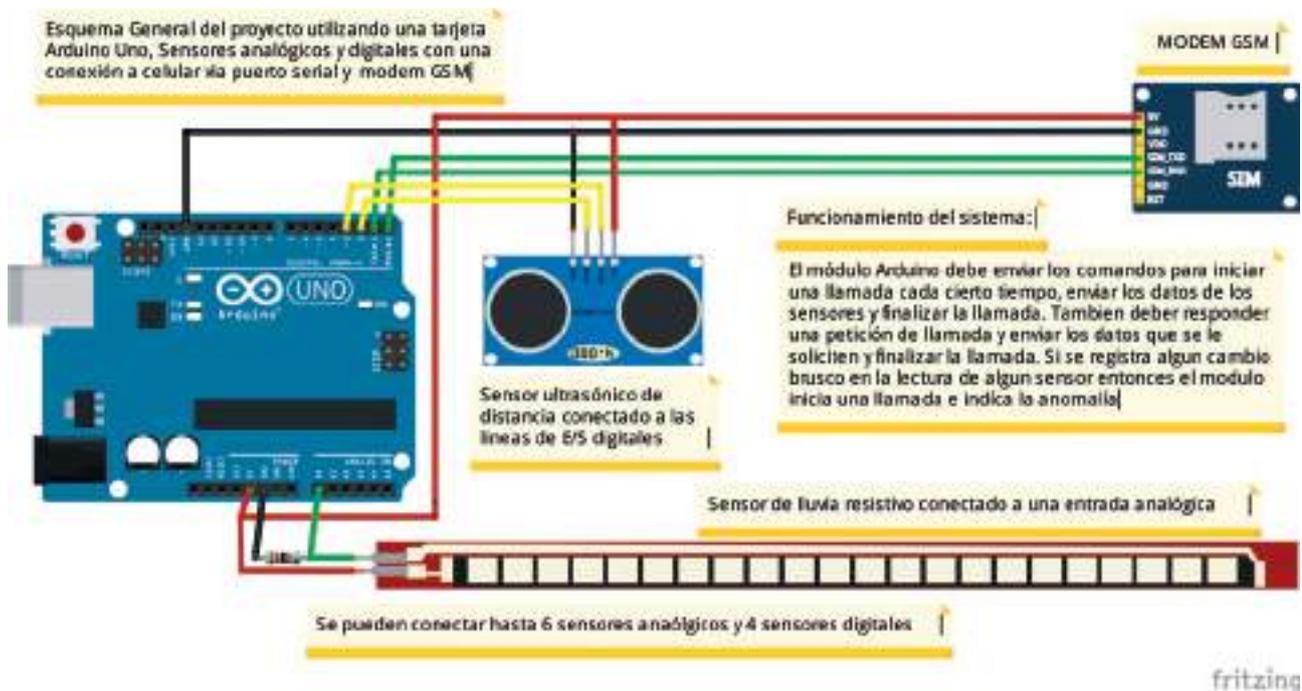


Figura 3. Diagrama esquemático del primer prototipo utilizando Arduino elaborado en Fritzing

Dispositivo final

En la figura 3 se puede ver el diagrama final obtenido después de las investigaciones realizadas. Se construyó en base al microcontrolador ATMEGA que utiliza el sistema Arduino sobre una placa PCB (Printed Circuit Board) diseñada a medida. Dispone de tres sensores de temperatura, un sensor de nivel por ultrasonido, un sensor de nivel por diferencia de presión, un sensor de humedad, un sensor de lluvia, un módulo GPS (Global Positioning System), un módulo GSM, un reloj tipo RTC (Real Time Clock), una batería de Li-Ion de

3.7V, un módulo cargador de baterías de Li-Ion, un módulo DC-DC para elevar el voltaje de 3V a 5V y todo el sistema se alimenta con un panel solar de 6 volts tipo miniatura con medidas aproximadas de 20 x 30 cm.

Se diseñó un protocolo para enviar la información en modo texto directamente a una base de datos en la web utilizando el modo de transmisión de datos del módulo GSM y se probó con dos compañías celulares diferentes (Telcel e Iusacel).

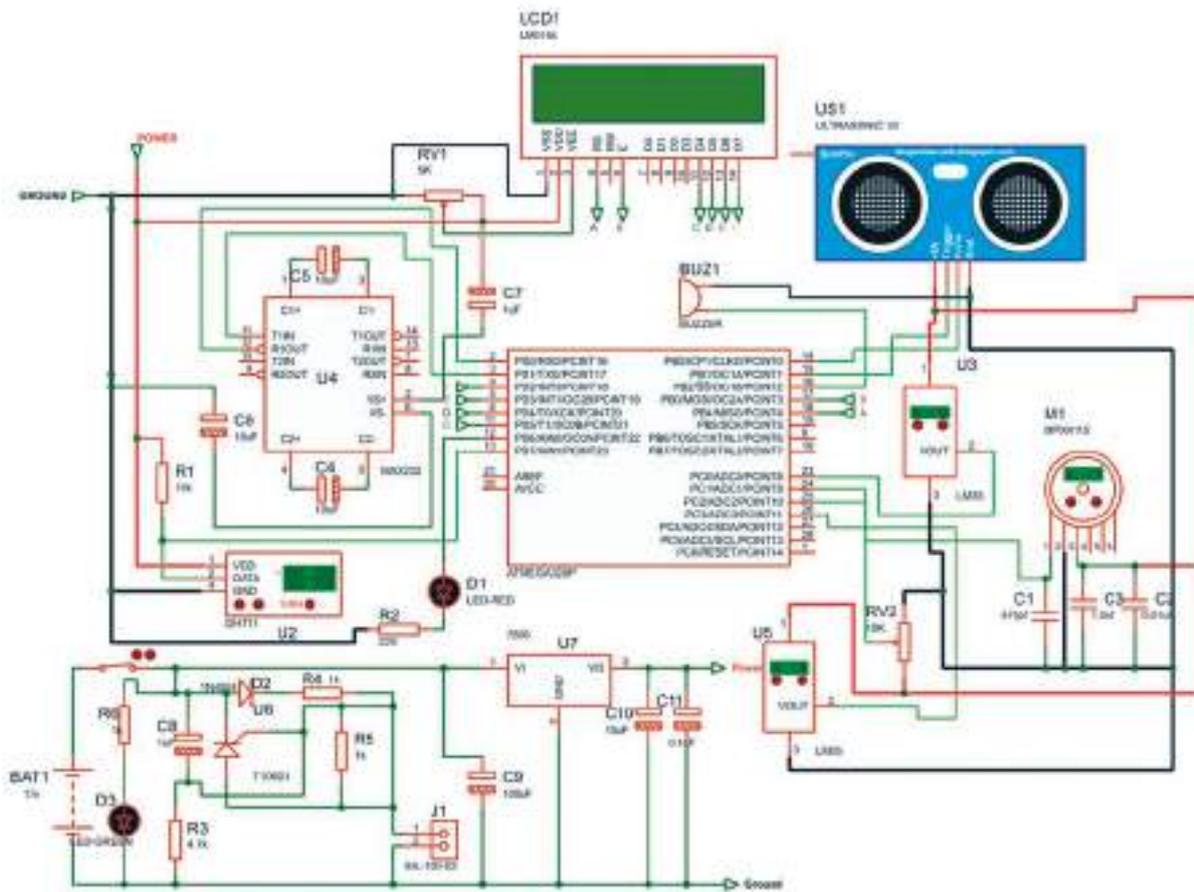


Figura 4. Diagrama esquemático del sistema con todos sus sensores y simulación en el entorno Proteus

La figura 4 muestra la simulación realizada en Proteus, un software que nos permite insertar los diferentes controladores, sensores y demás elementos eléctricos y electrónicos utilizados en el diseño. Esta simulación es importante en los ambientes de desarrollo pues permite analizar fallas en el diseño antes de ser construido el prototipo.

Resumen de resultados

En esta primera etapa se construyó y probó el dispositivo que lee y envía los registros de los sensores a una base de datos. Durante un mes aproximadamente se estuvieron evaluando diferentes controladores, sensores, protocolos de comunicación y plataforma de software para obtener los resultados esperados. Posteriormente se adquirieron las partes y se procedió al diseño de hardware y software.

Además de la simulación en Proteus, se generó una simulación mediante el software LabView para comprobar que los diagramas de conexión y disposi-

tivos utilizados fueran los correctos. Los sensores se probaron por separado y se colocaron en la placa PCB una vez que se demostró que eran los adecuados. La sección de potencia (baterías, reguladores de voltaje) de igual manera fue probada por separado para asegurarse que los componentes reciben los niveles de corriente adecuados. Se exploraron diferentes metodologías de comunicación, siendo ésta la parte más compleja debido a las condiciones en las cuales se pretende utilizar el dispositivo, es decir, cuerpos de agua alejados en muchas ocasiones de medios de comunicación tradicionales.

El diseño de software contó con una primera etapa referente al modelado de la base de datos utilizando el modelo Entidad-Relación. Esta base de datos debe albergar no solo las mediciones de los cuerpos de agua sino también la geolocalización del dispositivo, a qué cuerpo pertenece, qué sensor los está generando, y fecha y hora (timestamp) de la medición, entre otros datos.

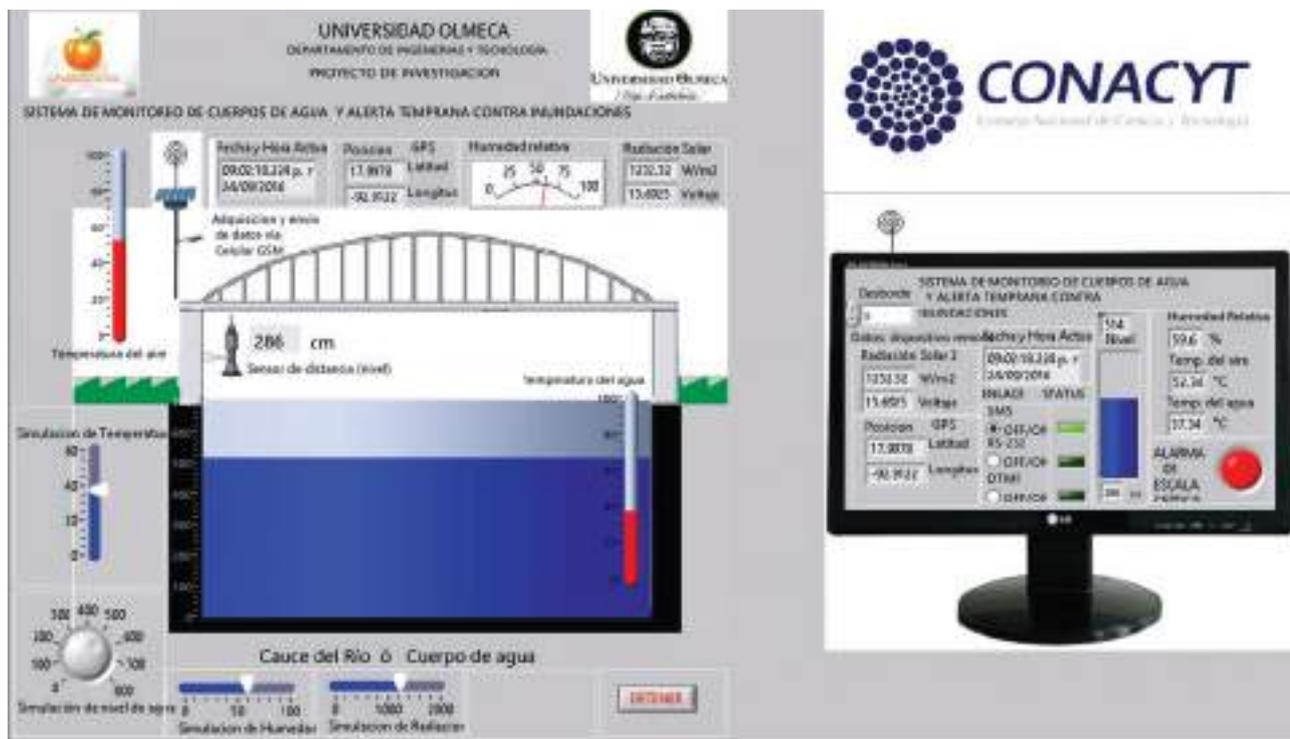


Figura 5. Simulación del sistema utilizando LabView

Con la base de datos probada se procedió a desarrollar el software que maneja el CRUD (altas, bajas y cambios) de los sensores en el sistema de medición, utilizando el lenguaje de programación (PHP) y el manejador relacional de base de datos (RDBMS) elegido en la etapa de planeación (MySQL).

Cuando se terminó con el desarrollo del hardware y software, se hicieron pruebas en el laboratorio para mostrar la eficacia de los sensores, el envío correcto de los registros a la base de datos mediante tecnología GSM utilizando el protocolo de comunicación http y la correcta inserción de los datos en el RDBMS.

Queda pendiente una etapa posterior muy importante: el análisis estadístico de la información recibida por múltiples dispositivos colocados en diferentes zonas, así como el desarrollo de algoritmos de análisis para generar alertas tempranas y definir los métodos para validar la información analizada.

En la figura 5 se puede observar ya una simulación en LabView, en donde se va llenando el cuerpo

de agua y la forma en que los sensores mandarán la alerta sobre la inundación.

En la figura 6 se muestra la fotografía del circuito ensamblado en la placa PCB, con los diferentes componentes y el controlador Atmega328p. Este prototipo ya se ha construido, por lo que lo ponemos a la disposición para dudas y comentarios de los interesados en el proyecto.

Conclusiones

El desarrollo de un dispositivo para medir la profundidad del agua será de gran utilidad para el estado de Tabasco. Dicho dispositivo debe ser de bajo costo debido a la gran cantidad de cuerpos acuosos. También es importante que pueda transmitir datos en tiempo real; al ampliar la red de monitoreo se podrán agregar más puntos de medición en los ríos que ya son observados e incluir estaciones de medición en cuerpos de agua en los que no se dispone de información, principalmente ríos pequeños, arroyos y lagunas.



Figura 6. Prototipo antes de ensamblarse dentro de la caja protectora

La información generada por estos dispositivos en tiempo real puede emplearse para alimentar modelos de predicción del comportamiento del agua, de las inundaciones y para establecer sistemas de alerta temprana a nivel local que puedan ser empleados por las autoridades para preparar a la población ante una inundación.

El dispositivo de alerta temprana de inundaciones contribuirá a evitar la pérdida de vidas y a disminuir el impacto económico y material en las poblaciones vulnerables.

Referencias

- Boylestad Robert L. y Nashelsky Louis (2003). *Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. Editorial Prentice Hall. México.
- Centro Virtual de Información del Agua, en <http://www.agua.org.mx/el-agua/agua-en-mexico/cuantahay2>. Consultado el 9 de enero de 2017.
- Melchor Alfaro Santa Cruz (1985). «Provincia de Tabasco», en West R. C., *et al*, *Las tierras bajas de Tabasco en el Sureste de México*. Gobierno del Estado de Tabasco. México.
- Pérez de Diego, Diego (2006). Sensores de distancia por ultrasonido, en <http://www.alcabot.com/alcabot/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>. Consultado el 9 de enero de 2017.
- Senado de la República. Comisión de Asuntos Hidráulicos. «Informe de las Inundaciones de 2007 en el Estado de Tabasco», en <http://www.imta.gob.mx/gaceta/anteriores/g12-04-2008/informe-tabasco.pdf>. Consultado el 9 de enero de 2017.
- SIM Technology Building (2010). TCPIP Application Note. <http://wm.sim.com/downloaden.aspx?id=2563>. Consultado el 9 de enero de 2017.
- Universidad Nacional de Rosario. Facultad de ciencias exactas, ingeniería y agrimensura. Redes celulares (GSM, GPRS), junio de 2005. <http://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/distribuidos/material/monografias/RedesGSM.pdf>. Consultado el 9 de enero de 2017.

