

DESARROLLO DE UNA CÁMARA PARA MUESTREO DE GASES ATMOSFÉRICOS, Y DETERMINACIÓN DE PH, TEMPERATURA Y HUMEDAD¹

Luis Santajuliana²; Mauro Dynia³; Bruno Foschiatti⁴; Eduardo Werle⁵; Gastón Gritti⁶; Laura Morales⁷; Luciana Levandowski⁸; Alex Walter Karo⁹; María Clara Zaccaro¹⁰

¹ Proyecto D9-UNAM3071 Análisis de Gases y Agua del Programa Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo. Convocatoria 2015

² Integrante de Proyecto, Estudiante de Ingeniería Electrónica, luis.santajuliana@gmail.com

³ Integrante de Proyecto, Estudiante de Ingeniería Electromecánica, maurodynia@gmail.com

⁴ Integrante de Proyecto, Estudiante de Ingeniería Electromecánica, brunoafoschiatti@gmail.com

⁵ Integrante de Proyecto, Estudiante de Ingeniería Industrial, eduawerle@gmail.com

⁶ Integrante de Proyecto, Estudiante de Ingeniería Industrial, gaston.gritti13@gmail.com

⁷ Integrante de Proyecto, Estudiante de Ingeniería Industrial, moraleslaurag1@gmail.com

⁸ Integrante de Proyecto, Estudiante de Ingeniería Industrial, lulevandowski@gmail.com

⁹ Integrante de Proyecto, Estudiante de Ingeniería Electromecánica, walterkaro@gmail.com

¹⁰ Directora de Proyecto, MSc. Lic. en Ciencias Químicas, zaccaro@fio.unam.edu.ar

Resumen

El objetivo de este proyecto fue diseñar y construir una cámara de 20 L para muestreo de gases atmosféricos con registro simultáneo de pH, temperatura y humedad, apto para ecosistemas acuáticos o terrestres. La metodología de trabajo utilizada fue conformar equipos con estudiantes de ingeniería de distintas áreas del conocimiento como electrónica, industrial y electromecánica. Durante el desarrollo del proyecto los estudiantes adquirieron experiencia al trabajar con: nuevas herramientas y técnicas de laboratorio para la calibración de los sensores y dispositivos electrónicos, nuevos sistemas de programación, impresiones 3D, diseños en software (SolidWorks). Los materiales para la construcción del prototipo fueron financiados por Proyecto D9-UNAM3071 Desarrollo Productivo. Convocatoria 2015. El dispositivo tecnológico diseñado y construido con una capacidad de 20 L fue apto para el estudio de gases de la atmósfera con medición simultánea de pH, temperatura y humedad en ecosistemas terrestres ó acuáticos. Se llevaron a cabo pruebas con resultados satisfactorios en ecosistemas acuáticos verificando la flotación y la autonomía de los sensores electrónicos incorporados por un período de 2 horas y además se confirmó que los datos almacenados en la tarjeta de memoria fueron visualizados en una computadora.

Palabras Clave: *Desarrollo- Cámara- Muestreo de Gases-Atmósfera- Ecosistemas*

Introducción

El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) preocupan tanto a ambientalistas como a economistas y políticos desde el momento que se identificó una relación directa entre las emisiones de GEI y el calentamiento global. Para saber en qué medida una actividad realizada por el hombre puede afectar estas emisiones es necesario

determinar las emisiones que ocurren naturalmente en los distintos ecosistemas, ya sean acuáticos o terrestres (Bruckner, 2014).

El proyecto GEI surge con el objetivo de diseñar un dispositivo versátil que facilite la toma de muestras de gases de efecto invernadero y de otros parámetros fisicoquímicos en los distintos ecosistemas (Manahan, 1994) y que permita el desarrollo de una técnica estándar de muestreo que facilite la comparación. Para ello el dispositivo debe contar con un sistema de muestreo de temperatura, humedad y pH; adquiriendo estos datos de manera automática.

La presencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera se atribuye tanto a los procesos naturales que ocurren en los diferentes ecosistemas como a las actividades realizadas por el hombre. Estudios realizados en los últimos años han llegado a establecer relaciones entre emisiones de GEI y otros parámetros fisicoquímicos (Tremblay, 2006).

El dispositivo consta de un recipiente plástico, de fondo abierto construido de un material inerte para los gases de la atmósfera. Dispone de dos accesorios: un marco flotante para su uso en los ecosistemas acuáticos y un anillo para el uso en ecosistemas terrestres.

En la parte superior se dispone de dos sectores bien definidos: el sector de toma de muestras, que consta de una válvula que permite recolectar la muestra de gases y el sector de los dispositivos electrónicos que cuenta con un contenedor diseñado para proteger a los componentes electrónicos de las inclemencias del ambiente.

El objetivo de este proyecto fue diseñar y construir una cámara de 20 L para muestreo de gases atmosféricos con registro simultáneo de pH, temperatura y humedad apto para ecosistemas acuáticos y terrestres.

Metodología

La metodología de trabajo utilizada fue conformar equipos con estudiantes de ingeniería de distintas áreas del conocimiento como electrónica, industrial y electromecánica. Durante el desarrollo del proyecto los estudiantes adquirieron experiencia al trabajar con: nuevas herramientas y técnicas de laboratorio para la calibración de los sensores y dispositivos electrónicos, nuevos sistemas de programación, impresiones 3D, diseños en software (SolidWorks). Los materiales para la construcción del prototipo fueron financiados por Proyecto D9-UNAM3071 Desarrollo Productivo. Convocatoria 2015.

Características del diseño y la construcción

Para la flotación del dispositivo tecnológico en los ecosistemas acuáticos, se trabajó con caños y codos de PVC unidos al recipiente plástico mediante espuma de poliuretano.

Para la disposición de los instrumentos de medición y el circuito electrónico, se procedió a diseñar una plataforma circular, un cilindro con tapa y un soporte para el sistema de refrigeración.

Se utilizó el software “SolidWorks” para el dibujo de las piezas, que luego fueron impresas en 3D. El filamento utilizado en la impresión fue acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), debido a que es un material que se puede pulir y presenta una alta resistencia al impacto.

En la base de la plataforma están distribuidos los dispositivos electrónicos, y las conexiones de los distintos elementos de medición, como ser el medidor de pH, sensor de temperatura y humedad, y cables de alimentación. La plataforma se coloca a presión en el pico del recipiente plástico, la misma posee ranuras que permiten sujetar el soporte del sistema de refrigeración que consta de un cooler PC 80x80 mm.

La distribución final de las piezas se muestra en la figura 1.

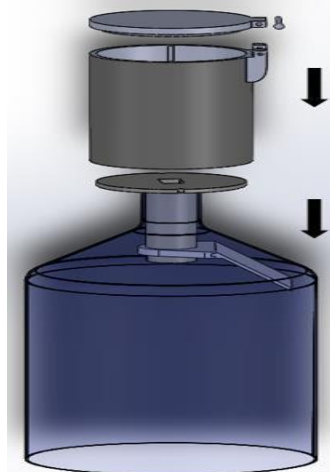


Figura 1. Vista de las piezas ensambladas. Fuente: Elaboración Propia.

El sistema electrónico para la medición y almacenamiento de datos de temperatura, humedad y pH se muestra en la figura 2. En el diagrama de bloques del circuito implementado podemos observar como unidad central a un módulo Arduino Nano, cuya función es procesar las señales de los distintos módulos periféricos (adquirir las mediciones) y guardar la información en la tarjeta SD a través del datalogger (McRoberts, 2011). Además, se visualizan los módulos encargados de la medición de temperatura, humedad y pH; junto al módulo encargado de proporcionar la hora y la fecha de la medición realizada.

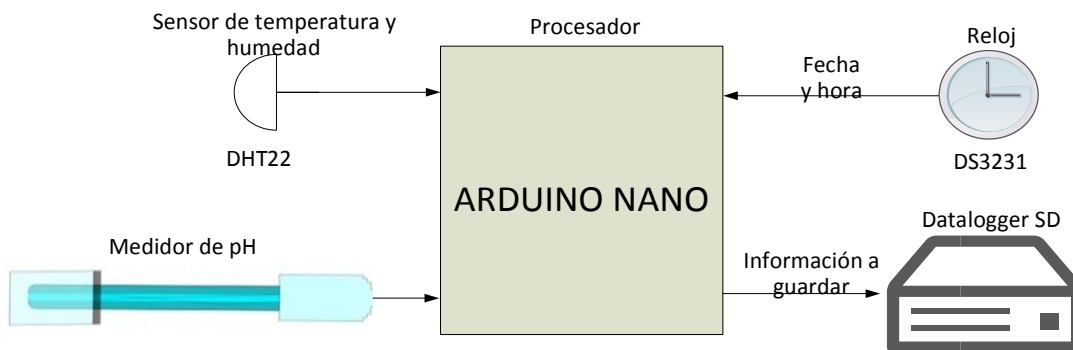


Figura 2. Diagrama de bloques del circuito implementado. Fuente: Elaboración Propia.

La unidad central de procesamiento elegida fue el Arduino Nano por sus prestaciones, su tamaño reducido y su fácil programación. El módulo consiste en una placa de circuito impreso con un microcontrolador ATMEGA328P y diferentes puertos digitales y analógicos de entrada y salida. Asimismo, posee un puerto de conexión USB desde donde se puede alimentar la placa y establecer comunicación con una computadora.

Las características principales del módulo Nano se enumeran a continuación: microcontrolador Atmel ATmega168, voltaje de trabajo 5V, 14 pines digitales (6 con salida de Modulación por Ancho de Pulso (PWM)), 8 pines analógicos, corriente máxima por pin de 40mA y velocidad de reloj de 16MHz.

Cada uno de los 14 pines digitales de entrada o salida, trabajando con un nivel lógico alto de 5V. Cada pin puede proveer o recibir un máximo de 40mA, y tienen una resistencia interna de pull-up de 20-50k Ω (desconectada por defecto). El módulo Nano, además cuenta con 8 entradas analógicas, cada una con 10 bits de resolución.

La programación del módulo se lleva a cabo en cualquier PC mediante el software Arduino. La conexión entre el módulo y la computadora se lleva a cabo mediante el puerto Jack del módulo (mini-USB) y la entrada USB de la PC.

Una de las facilidades que se encuentra en la utilización de módulos Arduino es que sus componentes de Hardware y Software son liberados con licencia de código abierto, lo que permite encontrar de manera sencillas códigos desarrollados para infinidad de aplicaciones.

El sensor utilizado para la medición de temperatura es el módulo DHT22. El mismo consta de un sensor de humedad del tipo capacitivo con el agregado de poseer un sensor de temperatura digital. El módulo tiene una excelente calidad y un tiempo de respuesta rápido, además de un bajo costo. Asimismo, entre sus características se encuentra un rango de humedad de 0 a 99,9% con 0,1% de resolución, rango de temperatura de -40 a 80°C con 0,1°C de resolución, bajo consumo, calibración automática, excelente estabilidad térmica y un único bus de datos bidireccional de comunicación serial.

La comunicación serial se lleva a cabo mediante una transmisión de 40 bits compuesta por 16 bits de información de la humedad, 16 bits de información de la temperatura y 8 bits de paridad, los cuales se utilizan para la detección de errores. La comunicación se inicia mediante una señal sincronizada que indica al módulo que debe prepararse para obtener la medición y transmitirla. Arduino cuenta con una librería especial que permite el fácil tratamiento de esta operación, permitiendo obtener los datos con una programación relativamente sencilla.

Para la medición de pH se seleccionó el módulo SEN0161 que cuenta con una sonda de medición de pH conectada por un conector BNC a un circuito acondicionador de la señal, otorgando una señal analógica correspondiente a la medición. La sonda de medición es un electrodo combinado, el cual contiene tanto al electrodo de referencia como al electrodo de medición dentro de un mismo cuerpo. Este dispositivo es, esencialmente, una celda galvánica, en la cual la medición de pH es proporcional a la diferencia de potencial entre el electrodo de referencia y el electrodo de medición. (Kubínová, 2015)

Un problema de la sonda de medición es su alta impedancia de salida. El circuito acondicionador de la señal tiene como función buferear la señal de la sonda de medición (disminuir la impedancia de salida), de manera de eliminar este problema. La salida analógica del circuito acondicionador se conecta a uno de los pines analógicos del módulo Nano de manera que este pueda procesar la medición.

La obtención de la fecha y la hora de la medición se realizaron mediante el módulo DS3231, que es un circuito integrado RTC (Real-Time clock) de bajo costo, extremadamente preciso, autocompensado ante variaciones de temperatura y con comunicación mediante el protocolo I2C (InterIntegrated Circuit). Mantiene la información de segundos, minutos, horas, días, fecha, meses y años; incluyendo la corrección de la variación de días en los meses y del año bisiesto.

Cabe aclarar que los módulos Arduino incorporan sus propios temporizadores. No obstante, estos temporizadores son contadores que se inician cada vez que conectemos la alimentación del Arduino y no manteniéndose ante la falta de energía. Por ello, para este proyecto se implementó el RTC externo DS3231 por su capacidad de seguir temporizando el conteo del tiempo a costa de su propia batería.

La transmisión de datos entre el DS3231 y el módulo Nano se lleva a cabo mediante el protocolo *I2C*. Este protocolo permite que un módulo, llamado maestro, sea capaz de comandar una gran cantidad de módulos (módulos esclavos) mediante la utilización de solo 2 cables, uno para otorgar la señal de clock, y otro para la transmisión serial de datos. El módulo maestro mediante una señal en particular indica que módulo esclavo debe responder, iniciando así la transmisión de datos. Para la transmisión de datos entre el DS3231 y el módulo Nano se utilizaron diferentes librerías que permiten un sencillo código de programa para su implementación.

En cuanto al almacenamiento de las mediciones (y su correspondiente fecha y hora) se seleccionó un módulo periférico con tarjeta SD del tipo estándar; el mismo se denomina también Datalogger SD. La elección se basa en la capacidad de almacenamiento de información de este tipo de tarjetas, además de su bajo coste y su eficacia.

El módulo Datalogger SD seleccionado trabaja mediante el protocolo de comunicación SPI (Serial PeriPHerical Interface) el cual es un estándar que permite controlar casi cualquier dispositivo electrónico digital que acepte un flujo de bits serie regulado por un reloj (Comunicación Sincrónica). El bus incluye una línea de reloj, una de entrada de datos, una de salida de datos y un pin de selección de chip, que conecta o desconecta la operación del dispositivo con el que uno desea comunicarse.

pHmetro: la calibración del dispositivo se realizó utilizando soluciones a pH=4, pH=7 y pH=11.

Sensor de temperatura: la calibración se realizó comparando las lecturas con la de termómetros de varilla y digitales.

Diseño e impresión de accesorio para mediciones en ecosistemas terrestres: Se realizó el diseño del anillo sobre el cual deberá ubicarse el dispositivo de toma de muestra de gases para su uso en ecosistemas terrestres utilizando el software “SolidWorks”.

Se realizó la impresión en 3D del anillo utilizando PLA como material. Se imprimieron cuatro piezas encastrables. (Figura 3)

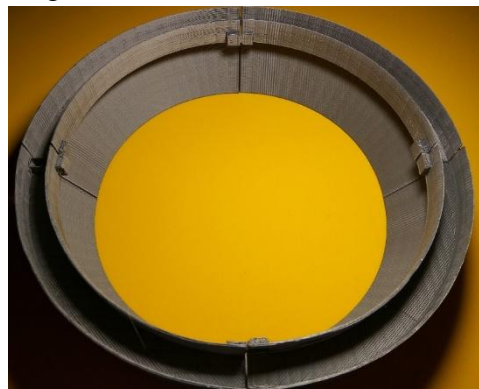


Figura 3. Piezas encastradas que forman el accesorio para uso del dispositivo en ecosistemas terrestres.

Resultados

Se llevaron a cabo pruebas de campo en el lago ubicado en el Salto Berrondo, a las afueras de la ciudad de Oberá, ver Figura 4.

Las pruebas tuvieron como propósito probar la estabilidad del dispositivo sobre el agua, verificar la autonomía de los sensores electrónicos incorporados al dispositivo, por un período de 2 horas y confirmar que los registros de datos almacenados en la tarjeta de memoria pueden ser visualizados en una computadora.

Las pruebas realizadas fueron todas satisfactorias.



Figura 4. Se ensaya el dispositivo de toma de muestras de gases y análisis de agua en un ecosistema acuático. A) Se muestra una vista del dispositivo sobre el agua. B) Se muestra el interior de contenedor de los materiales electrónicos.

Conclusiones

Durante el desarrollo del proyecto los estudiantes adquirieron experiencia al trabajar con: nuevas herramientas y técnicas de laboratorio para la calibración de los sensores y dispositivos electrónicos, nuevos sistemas de programación, impresiones 3D, diseños en software (SolidWorks).

El dispositivo tecnológico desarrollado podría ser muy útil para el estudio de gases de la atmósfera con adquisición simultáneo de parámetros fisicoquímicos de ecosistemas terrestres ó acuáticos que se encuentren en contacto con esa atmósfera, lo que permitirá establecer correlaciones que ayuden a comprender mejor la relación de las emisiones de gases de efecto invernadero y los ecosistemas acuáticos y terrestres (Le Yang, 2014).

Referencias

Bruckner T., I. B. (2014). Chapter 7: Energy Systems. En *IPCC Climate Change 2014: Mitigation of climate change*. United Kingdom: Cambridge University Press.

Kubínová, S., & Šlégr, J. (2015). ChemDuino: Adapting Arduino for low-cost chemical measurements in lecture and laboratory. *Journal of Chemical Education* **2015** 92 (10), 1751-1753 DOI: 10.1021/ed5008102

Le Yang, Fei Lu, Xiaoping Zhou, Xiaoke Wang, Xiaonan Duan, Binfeng Sun (2014)
Progress in the studies on the greenhouse gas emissions from reservoirs, **Acta Ecologica Sinica**, Volume 34, Issue 4, Pages 204-212, ISSN 1872-2032

Manahan., S. E. (1994). *Environmental Chemistry .Sixth Edition*. Lewis Publishers.

McRoberts, M. (2011). *Arduino básico*. São Paulo: Novatec. ISBN:978-85-7522-274-4

Tremblay, A., & Schetagne, R. (2006). The relationship between water quality and GHG emissions in reservoirs. *International journal on hydropower & dams*, 13(1), 103-107.