

Evento: VII Seminário de Inovação e Tecnologia - Participante ESTRANGEIRO

DESARROLLO DE CÁMARA PARA TOMA DE MUESTRA DE GASES ATMOSFÉRICOS, DETERMINACIÓN DE PH, TEMPERATURA Y HUMEDAD, APTA PARA ECOSISTEMAS ACUÁTICOS Y TERRESTRES¹
DEVELOPMENT OF A CHAMBER FOR ATMOSPHERIC GASES SAMPLING WITH PH, TEMPERATURE AND MOISTURE DETERMINATION USEFUL FOR AQUATIC AND TERRESTRIAL ECOSYSTEMS

**María Clara Záccaro², Luis Santajuliana³, Gastón Gritti⁴, Laura Morales⁵,
Luciana Levandowski⁶, Bruno Foschiatti⁷**

¹ PROGRAMA UNIVERSIDAD, DISEÑO Y DESARROLLO PRODUCTIVO D9-UNAM3071 ANÁLISIS DE GASES Y AGUA. CONVOCATORIA 2015

² Profesor Adjunto, Cátedra de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones

³ Estudiante de Ingeniería Electrónica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones

⁴ Estudiante de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones

⁵ Estudiante de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones

⁶ Estudiante de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Misiones

⁷ Estudiante de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones

Introducción

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. El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) preocupan tanto a ambientalistas, 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 T., I. B., 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, S.E., 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.

Metodología

El proyecto consistió en el diseño y desarrollo de un dispositivo que permita aislar una porción de la atmósfera de un volumen de aproximadamente 20 L; que posibilite la toma de muestra de los gases que quedan atrapados dentro del dispositivo y que, además, determine simultáneamente mediciones de temperatura, humedad y pH durante un período de tiempo preestablecido, guardando los registros de manera automática. Se realizó un diseño apto para uso tanto en ecosistemas acuáticos como terrestres.

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.

Evento: VII Seminário de Inovação e Tecnologia - Participante ESTRANGEIRO

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.

Diseño y desarrollo de los elementos que permiten la flotación del dispositivo en los ecosistemas acuáticos: se trabajó con caños y codos de PVC para la construcción de los elementos de flotación que fueron unidos al recipiente plástico mediante espuma de poliuretano.

Diseño y desarrollo del contenedor de elementos electrónicos: 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 una impresora 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.

Sistema electrónico para la adquisición de datos de mediciones de temperatura, humedad y pH: el circuito electrónico encargado de la adquisición y el almacenamiento de las mediciones mencionadas 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, M. 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.

Entre las características principales del módulo Nano se encuentra:

- Microcontrolador Atmel ATmega168.
- Voltaje de trabajo 5V.
- 14 pines digitales (6 con salida de Modulación por Ancho de Pulso (PWM)).

Evento: VII Seminário de Inovação e Tecnologia - Participante ESTRANGEIRO

- 8 pines analógicos.
- Corriente máxima por pin de 40mA.
- Velocidad de reloj de 16MHz.

Cada uno de los 14 pines digitales son 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 infinidades 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, S.,2015) En la Tabla 1 se pueden ver las diferentes tensiones de salida del electrodo; y los valores de pH relacionados a esta salida.

Tabla 1. Salida del electrodo de pH en mV. Valor de pH relacionado a 25°C.

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

Evento: VII Seminário de Inovação e Tecnologia - Participante ESTRANGEIRO

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 Síncronica). 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 (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.

Verificar que los registros de datos almacenados en la tarjeta de memoria pueden ser visualizados

Evento: VII Seminário de Inovação e Tecnologia - Participante ESTRANGEIRO

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.

Consideraciones Finales

El desarrollo de este dispositivo estuvo a cargo de un equipo de trabajo conformado por estudiantes de distintas ingenierías (electrónica, industrial, electromecánica), las tareas se asignaron de acuerdo al área de conocimiento de los estudiantes. 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 obtenido es muy valioso para el estudio de gases de la atmósfera con adquisición simultánea 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).

Palabras Clave: toma de muestra, gases efecto invernadero, calidad de agua

Keywords: sampling, Greenhouse gases, water quality

Agradecimientos

Agradecemos los aportes de los estudiantes Mauro Dynia, Bruno Foschiatti y Eduardo Werle al desarrollo de este proyecto.

Bibliografía

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., & Slégr, 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