

# SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE DATOS DE SENSORES METEOROLÓGICOS DE BAJO COSTO

Pardo Garcia Esteban, Olivia Rodríguez López, Martínez Sánchez Luis Ángel.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, C.P.62550, Jiutepec, Mor. México, Tel. (777) 329 3600 ext. 823

[esteban\\_pardo@tlaloc.imta.mx](mailto:esteban_pardo@tlaloc.imta.mx), [olivia\\_rodriguez@tlaloc.imta.mx](mailto:olivia_rodriguez@tlaloc.imta.mx), [lams22547@gmail.com](mailto:lams22547@gmail.com)

## RESUMEN

El presente trabajo describe el diseño e implementación de un sistema de administración y control de datos meteorológicos (Datalogger) que integra, procesa, transmite y recibe la información registrada por los sensores de Temperatura, Humedad, Precipitación, entre otras, este sistema se diseñó e implementó considerando tecnología de bajo costo y la disponibilidad en el mercado nacional, en el diseño se consideró integrar sensores de diferentes marcas y tecnologías para lo cual se selecciona la plataforma Arduino, se consideró uno de uso general que tuviera un microcontrolador dedicado y que permita configurar entradas y salidas de información, así como la facilidad de agregar la transmisión/recepción por radiofrecuencia o GSM, de acuerdo a los requerimientos de la aplicación final.

Se implementó el Datalogger con el microcontrolador ATmega 328P con las entradas adaptadas para conectar los sensores analógicos de Temperatura, Humedad y Precipitación (digital) de la marca AdCon, y la transmisión por radiofrecuencia a través del módulo XBee, para la recepción se utilizó una configuración idéntica con los mismos componentes (Arduino Uno y XBee), configurados para recibir y enviar información a la computadora por el puerto USB y el despliegue de la información en ambiente WEB.

## Introducción

Las redes inalámbricas de sensores han sido ampliamente definidas como una tecnología necesaria para la medición de variables de clima, en particular va en aumento conforme se requiere más información para caracterizar el clima y dar mediciones precisas de tiempo, con el avance en las tecnologías de micro-fabricación de circuitos integrados, se ofrece una amplia gama de posibilidades para la implementación de aplicaciones que operen en ambientes de difícil acceso y con restricción en la cantidad de energía disponible.

El presente trabajo describe el diseño y construcción del *hardware* y *software* requerido para la implementación del sistema de adquisición y control de datos meteorológicos de una estación en una red inalámbrica y que permita enviar/recibir información de una estación transmisora/receptora. Para su implementación se utilizó tecnología disponible en el mercado nacional y de bajo costo. Se utilizó la plataforma de hardware y software libre Arduino Uno con un entorno de desarrollo de aplicaciones, fácil de usar, con herramientas genéricas de terceros e información bibliografía amplia.

## **Materiales y Métodos**

La implementación del hardware y software del sistema de adquisición de datos integrado por 3 sensores meteorológicos que entran a la tarjeta Arduino Uno, la cual tiene el microcontrolador Atmega 328 que es el encargado de obtener la información de los sensores e interpretar los requerimientos del usuario mediante la programación de este, la información digitalizada es procesada y enviada por el módulo XBee, a la estación receptora, que está conectada a una computadora, se requirió del siguiente material:

### Hardware

- Sensores de temperatura, Humedad Relativa y Precipitación.
- Arduino Uno.
- Xbee con tarjeta shield.
- Computadora.
- Componentes electrónicos.

### Software

- Arduino IDE.
- Librería memoria SD.
- X-CTU.
- HTML, PHP.

El método utilizado para la realización del sistema se basa en un análisis de la información para llegar al planteamiento específico del problema, evaluación de alternativas, toma de decisiones en base a los recursos disponibles como son adquisición de componentes, recursos materiales en el país, costos, facilidad de manejo, eficiencia, durabilidad etc., a continuación se describe el desarrollo de las principales etapas.

El desarrollo del sistema de administración y control de información surge de la necesidad de falta de herramientas de hardware y software para realizar un buen servicio de mantenimiento preventivo y correctivo a la red de estaciones agrometeorológicas del estado de Morelos, se requiere verificar el funcionamiento de sensores (temperatura, humedad relativa, precipitación, radiación solar, humedad de la hoja, velocidad y dirección del viento), realizar correcciones por medio de software, detectar fallas intermitentes.

De acuerdo a estos requerimientos, se inició la búsqueda de información para tener un dispositivo capaz de recibir información de los sensores de las estaciones agrometeorológicas marca AdCon y que permitiera procesar la información sin depender de su plataforma además de enviar información a una computadora para revisión.

La elaboración del sistema inicia con la definición de las variables analógicas y digitales que el registrador de datos obtiene de los transductores de cada sensor y que son procesadas para su adecuación y manejo. La selección del entorno de desarrollo que proporcione las herramientas requeridas para implementar el hardware y software que integran el sistema de administración.

El sistema de administración se desarrolló con la plataforma de hardware abierto Arduino Uno, con el microcontrolador ATmega328P como elemento principal e integrado el XBee como medio de comunicación inalámbrica de la estación remota a la estación receptora para enviar la información a la computadora encargada de recibir, procesar y publicar la información de cada variable, en la figura 1 se muestra el diagrama del sistema.



Figura 1. Diagrama del sistema de administración y control

Las pruebas de funcionamiento y validación se realizaron utilizando los sensores marca AdCon instalados con el datalogger en la estación transmisora se colocó a 30 metros de la estación receptora conectada a la computadora.

## Resultados y discusión

**Estación Transmisora.** Está integrada en una tarjeta impresa con los sensores agrometeorológicos, registrador de datos (Arduino UNO) y transmisor de información (Radio XBee), ver la figura 1. A continuación se describe cada componente:

**Sensores.** Los sensores de lluvia (pluviómetro), humedad relativa y temperatura del aire, tienen las características descritas en la tabla 1.

Dispositivo	Alimentación		Salida	Tipo Sensor	Rango Medición
	VCD	C			
Pluviómetro	4-30	50-100µA	1 pulso=0.2mm digital	Reed Switch	
Humedad Relativa	4.5-15		0-2.5v Analógica	HC101	0 - 100%
Temperatura del	4.5-15		0-2.5v Analógica	PT1000	-40 - 60°C

Tabla 1. Especificaciones de los sensores.

Los sensores se alimentan de la batería recargable, la medición de temperatura y humedad relativa se acoplan al microcontrolador con el convertidor analógico a digital y la señal del pluviómetro se conecta a entrada digital (1 pulso = 0.2 mm), ver la figura 2.

## Registrador y administrador de datos meteorológicos

El registrador de datos (Datalogger) está basado en el microcontrolador ATmega328P, integrado a la tarjeta Arduino UNO. En la figura 2 se muestran las conexiones utilizadas por el datalogger en el microcontrolador a través del arduino UNO, y su descripción en la tabla 2.

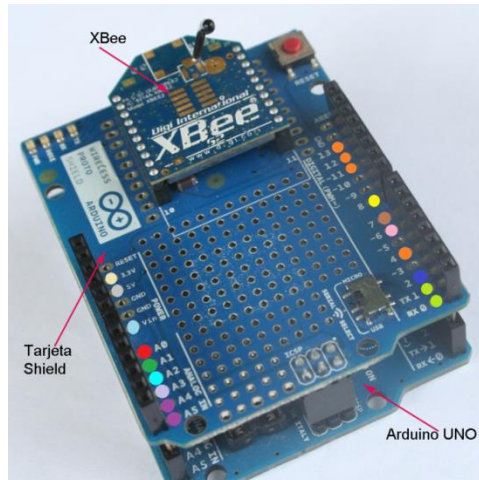


Figura 2. Arduino + XBee

Conector Arduino	Descripción
<b>RX</b>	Tx de transmisión del radio XBee
<b>TX</b>	Rx de recepción del radio XBee
<b>2</b>	Entrada de información del pluviómetro en formato digital.
<b>4</b>	Protocolo SPI SS. (interfaz comunicación serie) Selecciona la Memoria SD para activar y guardar datos.
<b>11</b>	Protocolo SPI MOSI. Memoria SD.
<b>12</b>	Protocolo SPI MISO. Memoria SD.
<b>13</b>	Protocolo SPI SCK. Memoria SD.
<b>6</b>	Control ON/OFF de sensores de Temperatura y Humedad Relativa.
<b>7</b>	Control ON/OFF de la memoria SD.
<b>8</b>	Control ON/OFF del panel solar.
<b>A5</b>	Protocolo I2C SDA. Reloj en tiempo real.
<b>A4</b>	Protocolo I2C SCL. Reloj en tiempo real.
<b>A3</b>	Voltaje de la batería.
<b>A2</b>	Voltaje del panel solar.
<b>A1</b>	Sensor de Humedad Relativa.
<b>A0</b>	Sensor de Temperatura.
<b>Vin</b>	Entrada alimentación del Arduino.
<b>5V</b>	Alimentación del Reloj.
<b>3.3V</b>	Alimentación XBee y memoria SD.

Tabla 2. Conexiones utilizadas del controlador AtMega328P

En la figura 3 se muestra el diagrama eléctrico del datalogger con las conexiones entre cada componente electrónico, separados por módulos de acuerdo a la función que realizan. La autonomía y operación en sitios alejados por periodo de tiempo largos se logra agregando funciones de operación como:

**Módulo de alimentación.** Con baterías recargables de 3300mAh, alimentadas con el panel solar y regulador de voltaje controlado por software, con lo cual se obtiene estabilidad del sistema y un bajo consumo de energía.

**Módulo de Memoria SD.** Se agrega un porta memorias micro SD para soportar hasta 16 GB, permite almacenar la información generada por los sensores en archivos tipo texto con campos delimitado por comas.

**Módulo de Reloj en Tiempo Real.** El reloj en tiempo real se utiliza para mantener sincronizado el reloj del microcontrolador con la hora local y generar los datos con fecha y hora de acuerdo a la zona horaria.

**Acoplamiento de sensores.** Se utilizan amplificadores operacionales configurados como acopladores de impedancias para las señales de los sensores al datalogger, de esta forma también se minimiza el drenaje de la carga de la batería por parte de los sensores.

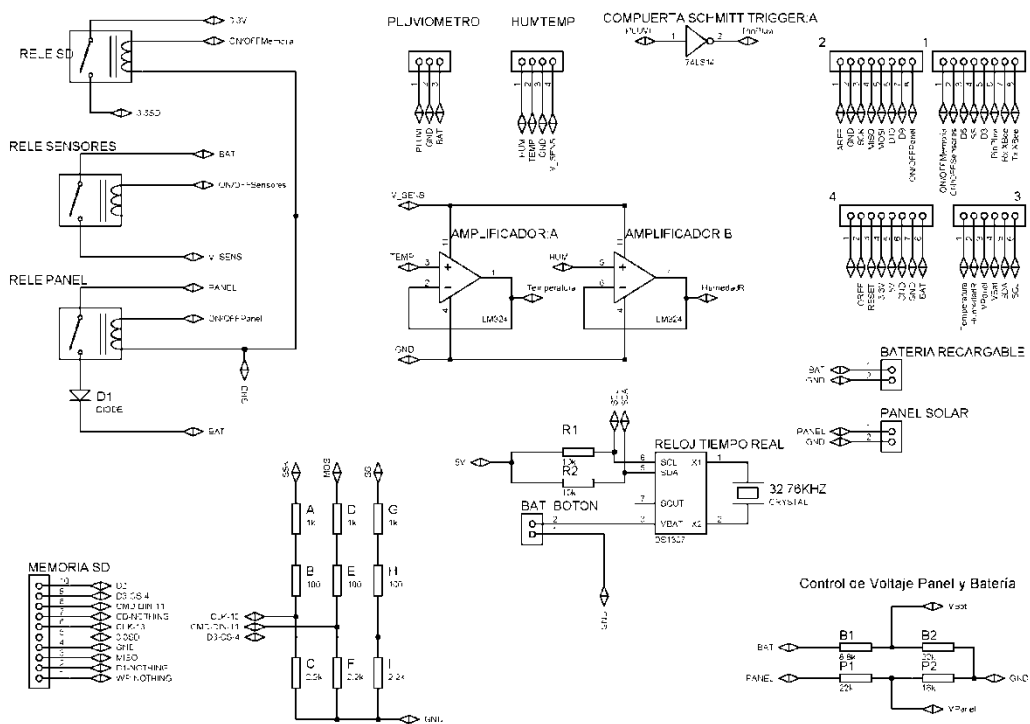


Figura 3. Diagrama eléctrico del datalogger

**Módulo de telemetría.** El envío de datos y recepción de peticiones se hace con la tarjeta de radio XBee serie 2, configurado como Router, el Xbee utiliza el protocolo Zigbee de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas de sensores IEEE\_802.15.4 y opera en la banda libre de 2.4GHz con alcance de 100 mts. libre de obstáculos y 30 mts. en edificios, en la figura 4 se muestra el diagrama de conexión.

### Programación del microcontrolador

El control de la ejecución de las tareas que realiza el datalogger se logra mediante el programa de cómputo cargado en el microprocesador ATmega328P. La estructuración del programa que

controla el sistema y la telemetría se implementó mediante el lenguaje de programación C. Éste programa integra instrucciones y comandos para controlar cada módulo en la figura cc se muestra parte del código implementado en el ambiente API Arduino.

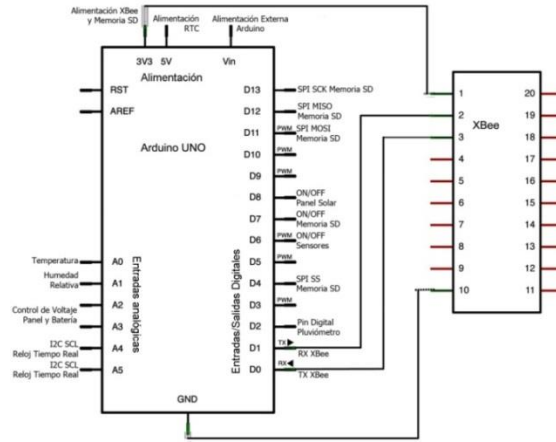


Figura 4. Arduino uno más XBee serie 2.

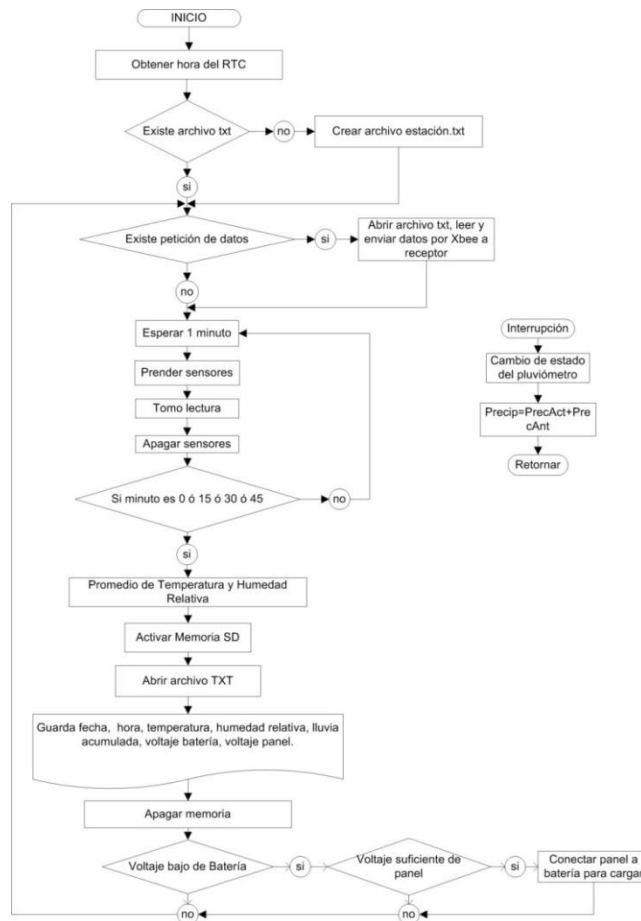


Figura 5. Diagrama de Flujo

**Estación receptora.** Está integrada por el Radio XBee Serie 2 como receptor más el Arduino Uno (sin ATmega328P) en configuración punto a punto, el transmisor como XBee Router y el receptor como XBee End Device para iniciar la comunicación. Ver la figura 6.



Figura 6. Estación receptora

**Pruebas de funcionamiento.** Para las pruebas se utilizaron los sensores de Temperatura, Humedad Relativa y Precipitación de la marca AdCon. La estación transmisora se colocó a 30 metros de la estación receptora, para enviar la información por radiofrecuencia con los radios Xbee, la estación receptora se conectó a la computadora, ubicada en la oficina, la cual recibe los valores físicos de grados centígrados, % de humedad y milímetros de lluvia por metro cuadrado, en las figuras 7 y 8 se muestran los componentes del datalogger y la estación instalada.

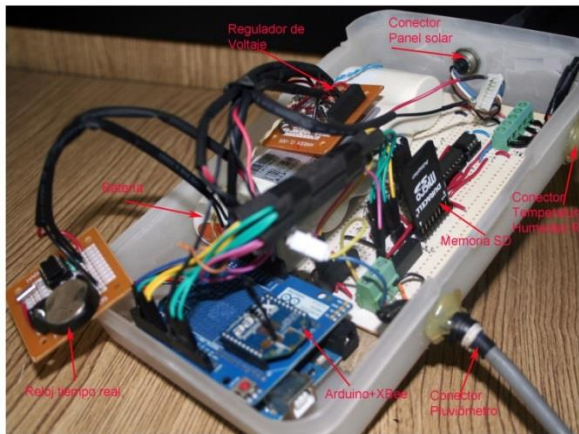


Figura 7. Datalogger



Figura 8. Estación con datalogger

La validación se llevó a cabo comparando con los datos de la estación meteorológica automática (EMA) del Servicio Meteorológico Nacional ubicada a 80 metros de la estación de prueba. En la figura 9 se muestra la gráfica de temperatura.



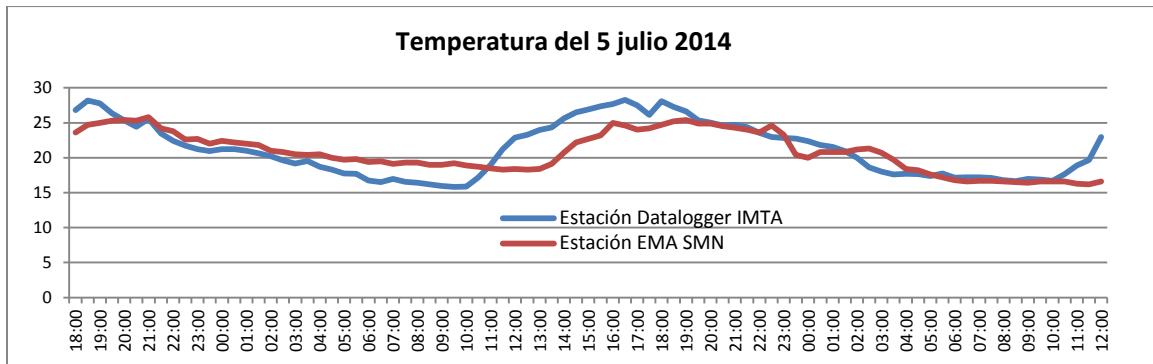


Figura 9. Validación de datos

## Conclusiones

El desarrollo del **Sistema de administración y control de datos de sensores meteorológicos de bajo costo**, mediante la integración de tecnologías disponibles en el mercado nacional y accesible a cualquier persona, en la cual se integran las tarjetas Arduino uno y el radio Xbee Serie 2, más la electrónica adicional y los programas desarrollados para obtener datos meteorológicos en formato de texto, nos ofrece una herramienta para realizar mediciones en cualquier sitio y en cualquier tiempo.

Las herramientas de hardware y software del microcontrolador nos permiten desarrollar aplicaciones que permiten reducir el costo y el consumo energético. Sin embargo tienen desventajas como recursos limitados y su unidad de procesamiento por lo general es de menor capacidad.

El desarrollo del sistema muestra que el costo de producción es aproximadamente menor a \$5,000.00 contra el costo del equipo instalado marca AdCon que es superior a \$30,000.00, la construcción de nuevos equipos con tecnologías actuales, reduce bastante su costo en comparación con los comerciales. Uno de los beneficios es poder incrementar el número de estaciones por estado o región.

## Referencias

WMO –No. 8. “Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation”, edición 2008.

<http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/CIMO-Guide.html>

ITRC Report No. R 99-002, Water Level Sensor and Datalogger Testing and demonstration.

<http://ww.itrc.org/reports/pdf/WaterLevelSensor.pdf>

Robert Faludi Building. “Wireless sensor networks”, Editorial O’Reilly, 2011.

Sitio oficial de Arduino UNO.

<http://www.arduino.cc>

Guia de usuario de XBee serie 2.

[http://www.olimex.cl/pdf/Wireless/ZigBee/XBee-Guia\\_Usuario.pdf](http://www.olimex.cl/pdf/Wireless/ZigBee/XBee-Guia_Usuario.pdf)