

Grupo de Investigación Sobre Temas
Ambientales y Químicos.
Facultad Regional Resistencia.

***DISEÑO Y DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE
MONITOREO REMOTO DE CALIDAD DE AGUA***

Hervot, Elsa I.; Farías, Alejandro R.; Tenev, María D. ; Utgés, Enid M. ; Filippini, Marisa y
Torres Carlos.

HUMEDALES



ESTADO DE LOS HUMEDALES



OBJETIVO DEL PROYECTO

Diseñar y desarrollar un dispositivo con sensores remotos para el monitoreo de la calidad de un cuerpo de agua superficial

SENSORES



CONDUCTIVIDAD: Nos permite tener una idea muy aproximada de la cantidad de sales disueltas.

TEMPERATURA: información esencial para predecir los cambios que se producirán en un sistema cuando interactúa con otro. Afecta el desarrollo de organismos presentes

PARÁMETROS

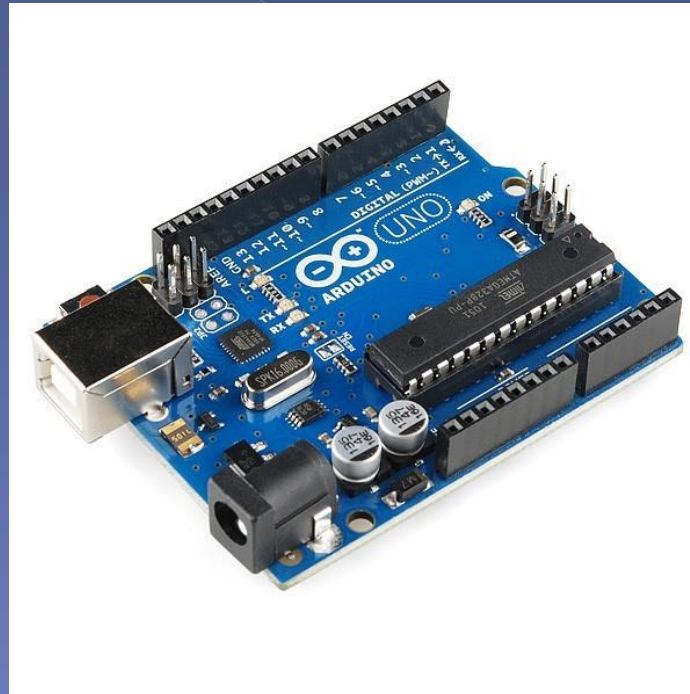


NITRATOS: Los niveles naturales en aguas superficiales y subterráneas son generalmente bajos. Se observan incrementos debido a la intensificación de las prácticas agrícolas y ganaderas o vuelcos de cloacales.

pH: su variación causa muchos fenómenos químicos y biológicos, especialmente sobre el metabolismo y procesos fisiológicos de todos los organismos acuáticos. El pH de aguas superficiales se encuentra entre 6 – 8,5.

ADQUISICIÓN DE DATOS

ARDUINO: Es una plataforma electrónica de código abierto (open-source) útil en la configuración básica y elemental de objetos electrónicos. Se basa en una placa con entradas y salidas, análogas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación processing.



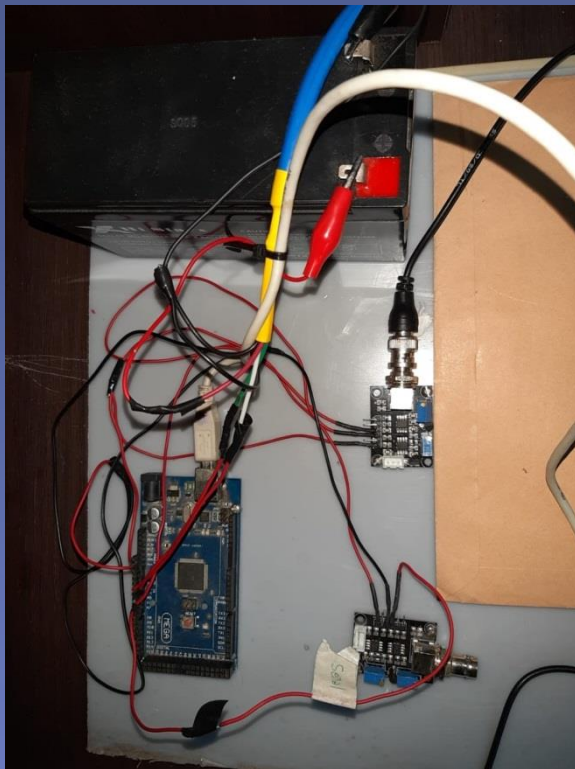
MATERIALES Y MÉTODOS

Se conectaron los sensores a la placa Arduino.

El microcontrolador en la placa se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing).

En el monitor se obtienen los datos enviados desde la tarjeta Arduino.

Los datos se reciben en voltaje y se los transforma en la unidad correspondiente mediante calibración



```
Node.js_sensor Arduino 1.8.5
Archivo Editor Programa Herramientas Ayuda

Node.js_sensor

ri
float Correccion1=0;
float Correccion2=0;
float Correccion3=0;
float sensorC=0;
float sensorT=0;
float sensorC1=0;
float sensorC2=0;
float sensorC3=0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  sensorT=analogRead(A1);
  sensorC=analogRead(A0);

  sensorC=sensorC*5/1023;
  Serial.print("Voltaje=");
  Serial.print(" ");
  Serial.print(sensorC);

  sensorC1=18.7*sensorC-5.53;
  sensorC2=11.6*sensorC-2.08;
  sensorC3=5.27*sensorC+0.0147;
  sensorT=sensorT*5/1023;
  sensorT=-19.15*sensorT+64.37;
```

```
COM6 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560)
Enviar

Voltaje= 1.36 Temperatura= 26.09 Conductividad con Factor= 1.86 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 25.90 Conductividad con Factor= 1.87 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 26.00 Conductividad con Factor= 1.86 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 26.18 Conductividad con Factor= 1.85 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 25.90 Conductividad con Factor= 1.87 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 26.09 Conductividad con Factor= 1.86 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 26.00 Conductividad con Factor= 1.86 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 25.90 Conductividad con Factor= 1.87 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 26.18 Conductividad con Factor= 1.85 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 25.90 Conductividad con Factor= 1.87 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 26.09 Conductividad con Factor= 1.86 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 26.00 Conductividad con Factor= 1.86 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 25.90 Conductividad con Factor= 1.87 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 26.09 Conductividad con Factor= 1.86 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 26.00 Conductividad con Factor= 1.86 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 25.81 Conductividad con Factor= 1.87 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.35 Temperatura= 26.09 Conductividad con Factor= 1.85 Conductividad sin Factor=7.15
Voltaje= 1.36 Temperatura= 25.90 Conductividad con Factor= 1.87 Conductividad sin Factor=7.17
Voltaje= 1.36 Temperatura= 26.00 Conductividad con Factor= 1.86 Conductividad sin Factor=7.17
Autoscroll Sin ajuste de línea 9600 baudio Clear output
```

Calibración y verificación de parámetros

- **Sensor de conductividad:** se cargó la fórmula provista por el fabricante. Se verificó con soluciones patrones de cloruro de potasio 0,01 M (1,413 mS/cm) y 0,02 M (2,77 mS/cm)
- **Sensor de pH:** se calibró midiendo el voltaje en tres puntos con soluciones patrones para calibración pH 4, pH 7 y pH 10. Se realizó la gráfica y se determinó la fórmula que se cargó en el programa. La verificación se realizó con soluciones patrones para verificar de pH 4, pH 7 y pH 10.
- **Sensor de nitratos:** se procedió de la misma forma que para el sensor de pH. Se prepararon soluciones de nitratos para calibración de 1, 10 y 100 ppm y otras para verificación de 1, 5 y 100 ppm.

- En las verificaciones se midieron 10 lecturas y se calculó la media, desviación estándar (DS) y coeficiente de variación (CV) para evaluar la repetitividad del sensor.
- Para la exactitud se calculó el desvío relativo porcentual (DRP) que expresa en porcentaje la distancia entre el valor informado y el resultados obtenidos

RESULTADOS

Ensayos para conductividad

Mediciones realizadas	Resultados de mediciones con el sensor de conductividad de una solución de KCl 0,01 M (mS/cm)	Resultados de mediciones con el sensor de conductividad de una solución de KCl 0,02 M (mS/cm)
1	1,386	2,791
2	1,386	2,698
3	1,292	2,698
4	1,386	2,791
5	1,386	2,698
6	1,392	2,698
7	1,386	2,791
8	1,386	2,698
9	1,392	2,791
10	1,392	2,791
media	1,378	2,745
DS	0,028	0,044
CV	2,001 %	1,615 %
Resultado obtenido en el Laboratorio	1,467	2,830
DRP	6%	3%

RESULTADOS

Ensayos para pH

Mediciones realizadas	Resultados de mediciones con el sensor de pH de una solución de pH 4	Resultados de mediciones con el sensor de pH de una solución de pH 7	Resultados de mediciones con el sensor de pH de una solución de pH 10
1	3,94	7,25	10,29
2	3,91	7,16	10,29
3	3,94	7,16	10,29
4	3,91	7,16	10,32
5	3,94	7,16	10,32
6	3,94	7,16	10,32
7	3,94	7,16	10,32
8	3,94	7,16	10,32
9	3,94	7,16	10,32
10	3,94	7,16	10,32
media	3,93	7,17	10,31
DS	0,01	0,03	0,01
CV	0,29 %	0,36 %	0,13 %
Resultado del Laboratorio	4,02	7,04	10,10
DRP	2,2 %	1,8%	2,0 %

RESULTADOS

Ensayos para nitratos

Mediciones realizadas	Resultados de mediciones con el sensor de nitrato de una solución de nitratos 1 ppm	Resultados de mediciones con el sensor de nitrato de una solución de nitratos 5 ppm	Resultados de mediciones con el sensor de nitrato de una solución de nitratos 100 ppm
1	1,14	3,83	146,12
2	0,99	3,83	110,43
3	1,25	4,21	121,24
4	1,14	4,62	110,43
5	0,78	4,62	110,43
6	0,94	4,21	110,43
7	1,04	4,21	100,59
8	0,86	4,62	91,62
9	0,94	4,21	91,62
10	0,94	4,62	100,59
media	1,00	4,30	109,35
DS	0,13	0,28	14,40
CV	12,84 %	6,59 %	13,17 %
Resultado del Laboratorio	0,85	4,87	98,05
DRP	17,6 %	11,7%	11,5 %

CONCLUSIONES

- Los sensores de pH y conductividad presentaron un buen desempeño, los coeficientes de variación y el desvío relativo porcentual son menores de 10 %. No así el sensor de nitrato al que se lo deberá calibrar nuevamente.
- Es necesario evaluar el desempeño en un período de tiempo más largo para definir el mantenimiento y la frecuencia de las calibraciones.
- Los sensores son estables en el tiempo, factor fundamental para la transmisión sistemática de datos

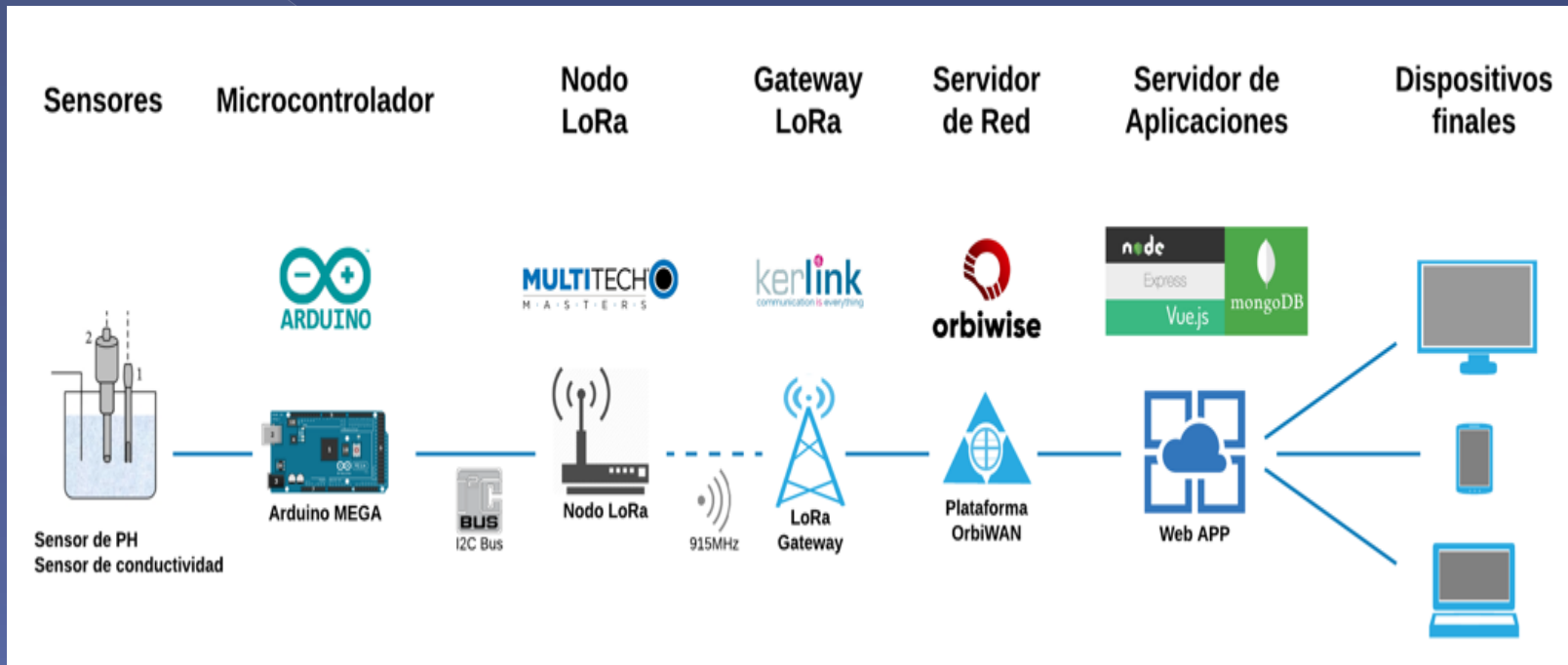
AVANCES: Tecnología de comunicación

- **LoRa (Long Range):** tecnología de comunicaciones de datos de largo-alcance y bajo-consumo desarrollado por Cycleo, (Grenoble, Francia) y adquirido por Semtech en 2012, miembro fundador de la LoRa Alliance.
- Esta tecnología apunta a ser utilizada en dispositivos alimentados por baterías, posee bajo consumo maximizando la vida útil de un ciclo (gran solución para dispositivos IoT).
- Permite la gestión de la comunicación entre gateways y dispositivos finales o nodos. Esta comunicación es bidireccional desbalanceada (la tasa de transmisión de subida, desde los nodos al gateway, es mayor que la de bajada).

AVANCES: Diseño de boya, vinculación de componentes y ensayos

- **Realizar el diseño del prototipo**
- **Vincular el Arduino Mega al panel solar, a la batería y el cargador**
- **Conectar el Arduino al módulo LoRa**
- **Conectar el módulo a la antena LoRa de la Facultad**
- **Visualizar los datos en la PC vía la comunicación entre antenas**
- **Hacer ensayos y los ajustes en los cuerpos de agua**

AVANCES: Propuesta para toma de datos



Solución implementada y de modo genérico puede ser útil para posibles desarrollos futuros; ya que si bien es una solución específica, se puede hacer uso de cualquier tipo de sensores



Grupo de Investigación Sobre Temas
Ambientales y Químicos.
Facultad Regional Resistencia.

Gracias por su atención!!

gistaq@gmail.com
alefarias@frre.utn.edu.ar