

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

Taller N°2: Sistema Adaptativo en Arduino
DESARROLLO ADAPTATIVO E INTEGRACIÓN DE SOFTWARE (SI 806-V)



PROFESORES:

CARLOS NELSON RAMOS MONTES

HAROLD OBREGÓN ZAVALETA

INTRODUCCIÓN:

El departamento de Arequipa, en el sur del Perú, combina diversidad geográfica, económica y climática. Sin embargo, sufre de disponibilidad limitada de agua para riego, especialmente en zonas agrícolas. Esta situación exige soluciones innovadoras de bajo costo para optimizar el uso del recurso hídrico.

En este informe se describe el contexto climático, geográfico y económico de Arequipa, y se presenta un sistema embebido sencillo, basado en Arduino, que permite monitorear la humedad del suelo y ofrecer señales visuales para apoyar la decisión de riego.

CLIMA:

Arequipa presenta climas contrastantes. En la franja costera predomina un clima cálido-templado con lloviznas invernales y precipitaciones escasas (apenas unos cientos de milímetros al año), con temperaturas medias entre 14 °C y 27 °C. En los valles interandinos, entre 1.000 y 3.000 m s. n. m., el clima es templado con lluvias concentradas en verano (enero-marzo) y temperaturas anuales de 9 °C a 23 °C. En las zonas altoandinas, por encima de los 4.000 m, las temperaturas descienden hasta 0 °C incluso en verano y son comunes las heladas de -10 °C a -20 °C, afectando cultivos y ganadería. En general la región es muy seca, dependiendo del deshielo andino y de una corta temporada de lluvias. Eventos como el Fenómeno El Niño 2023 han agravado las sequías y reducido la producción agrícola regional.

GEOGRAFÍA:

La región combina costa desértica, valles interandinos fértiles y altas montañas. La ciudad de Arequipa se ubica al pie del volcán Misti (5.822 m), emblema local. Otros volcanes importantes son Coropuna (6.425 m) y Ampato (6.288 m). El relieve incluye cordilleras como Ampato, Chila y Huanzo. Ríos como Majes, Chili, Tambo y Ocoña nacen en la sierra y descienden hacia la costa irrigando valles productivos. La agricultura de riego y la ganadería extensiva aprovechan suelos aluviales y terrazas agrícolas en altura.

ACTIVIDAD ECONÓMICA

La economía arequipeña se sustenta en tres pilares principales:

- **Agricultura:** Producción de papa, cebolla, maíz, ajo, arroz y frutales en valles irrigados como Majes, Camaná y Colca. Destaca también la ganadería de bovinos y camélidos.
- **Minería:** Arequipa ocupa el segundo lugar nacional en producción de cobre y oro, con proyectos emblemáticos como Cerro Verde. Este sector genera empleo y canon para la región.
- **Turismo:** El patrimonio natural y cultural (Cañón del Colca, volcanes, ciudades coloniales) atrae visitantes y dinamiza servicios e inversiones en alojamiento, gastronomía y transporte.

USOS DEL AGUA Y DESAFÍOS LOCALES:

El agua es un recurso crítico y limitado. Las represas de la sierra no siempre se llenan y los caudales de los ríos irrigantes se han reducido drásticamente. En Majes, por ejemplo, los caudales han pasado de 300–400 m³/s en épocas normales a apenas 20 m³/s en años recientes, poniendo en riesgo miles de hectáreas de cultivo y generando pérdidas millonarias. Además, la eficiencia del riego sigue siendo baja: prevalece el riego por inundación y las decisiones de riego se basan en la dotación asignada y no en la demanda real de los cultivos. En las ciudades también se presentan cortes frecuentes de agua, afectando al 97 % de la población y obligando al consumo de agua embotellada en situaciones de emergencia.

OBJETIVO

Desarrollar y simular un sistema de monitoreo de humedad del suelo, empleando Arduino UNO, un sensor de humedad, un LED RGB y una pantalla LCD I2C, que permita visualizar en tiempo real el nivel de humedad y dar señales visuales para la toma de decisiones sobre riego en condiciones similares a las de Arequipa.

PROPUESTA DE SISTEMA: PROTOTIPO DE MONITOREO DE HUMEDAD DEL SUELO CON ARDUINO

Para demostrar la viabilidad de un control básico de humedad del suelo se construyó un prototipo de bajo costo utilizando un Arduino UNO R3 como unidad de control.

Los componentes principales son:

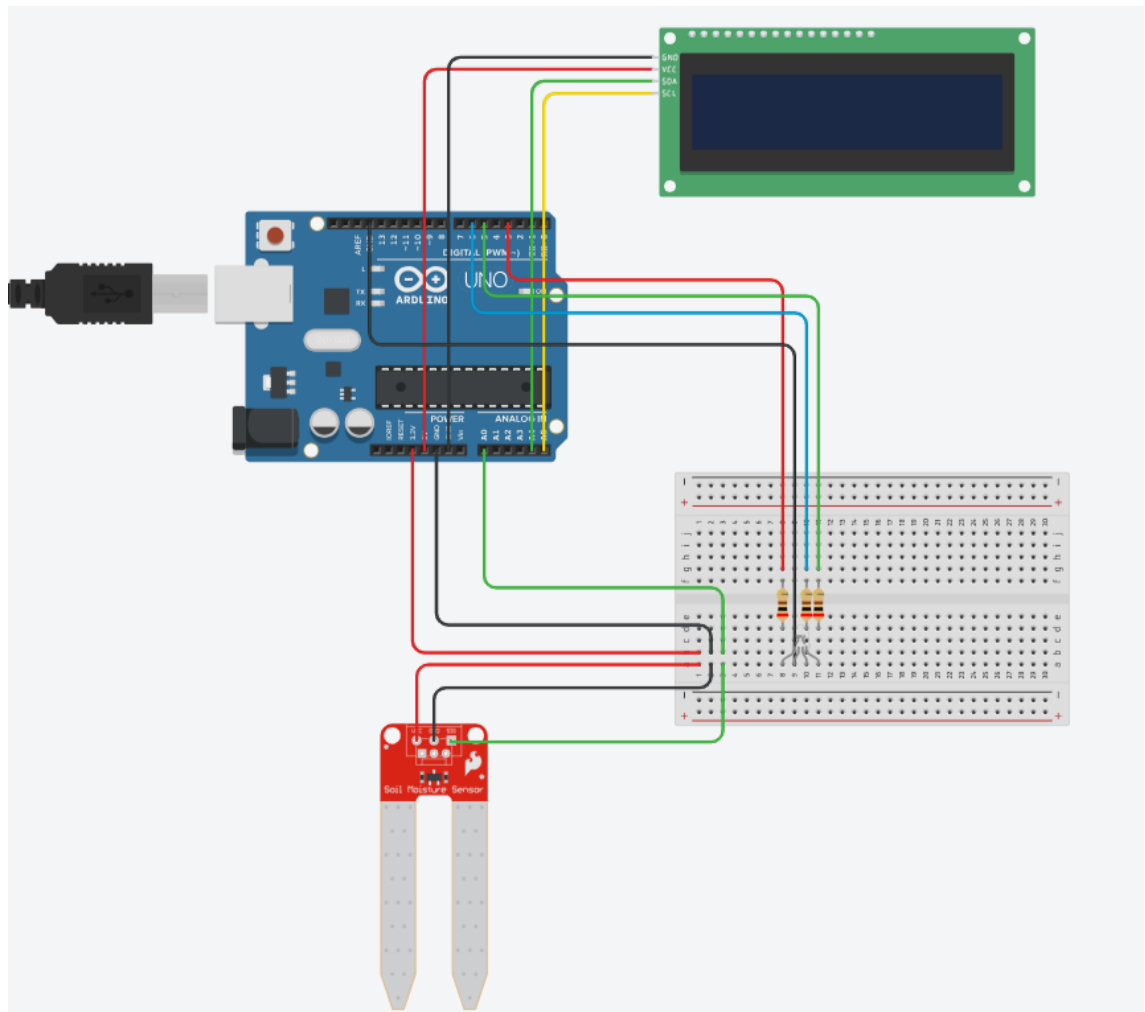
- Sensor de humedad del suelo (o potenciómetro en simulación) para medir la humedad.
- Pantalla LCD 16×2 con módulo I²C para mostrar en tiempo real el porcentaje de humedad y el estado (“Seco”, “Óptimo”, “Húmedo”).
- LED RGB que cambia de color según el nivel de humedad (rojo = seco, verde = óptimo, azul = húmedo).

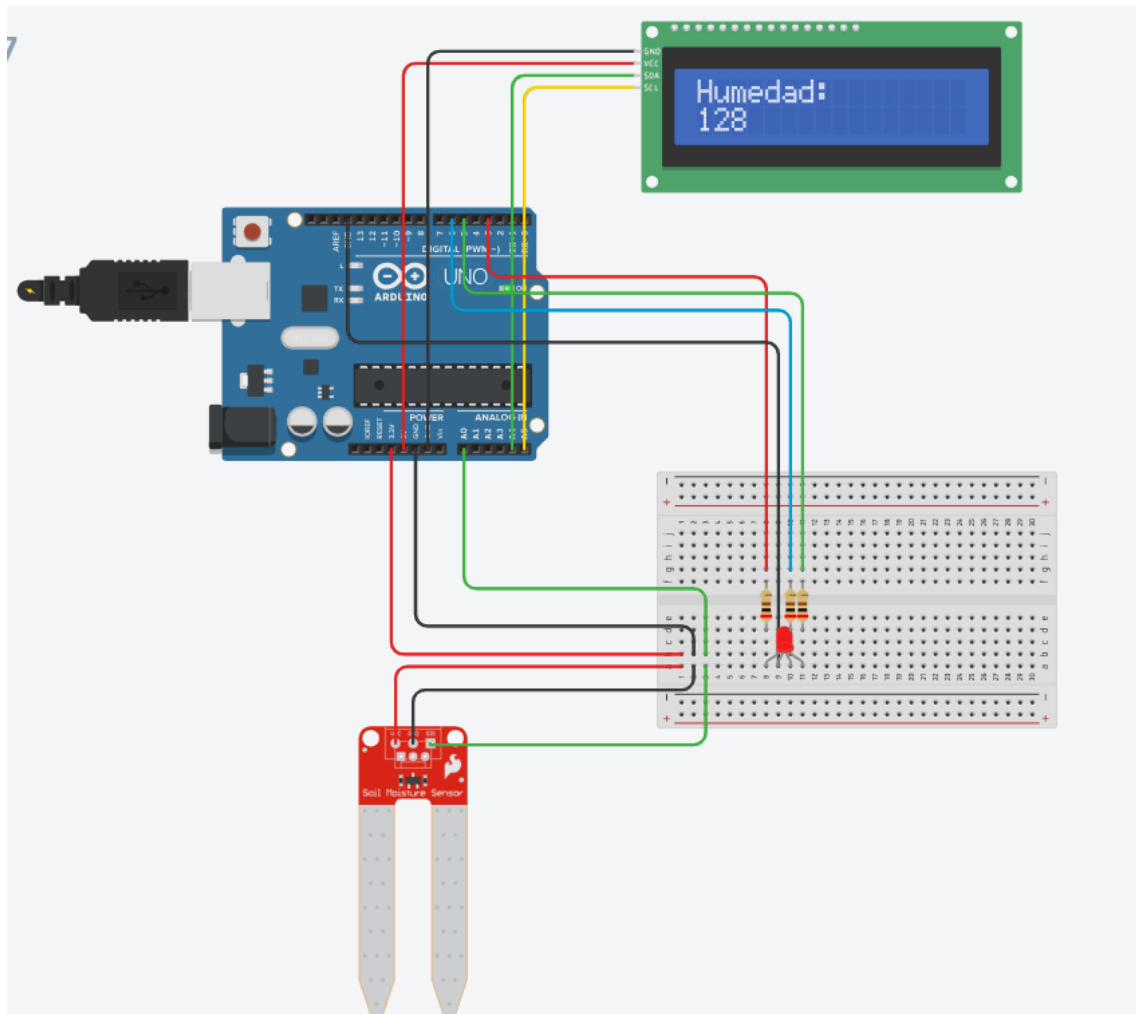
Todo el sistema se arma sobre una protoboard alimentada a 5 V con resistencias limitadoras para cada color del LED.

El Arduino lee continuamente el valor analógico del sensor de humedad, lo convierte en porcentaje tomando como referencia el rango máximo observado en Arequipa (~536 en las lecturas del sensor) y compara con umbrales definidos:

- < 30 %: suelo seco (LED rojo).
- 30–70 %: humedad óptima (LED verde).
- 70 %: suelo húmedo (LED azul).

Con base en esa lógica, enciende el color correspondiente del LED RGB y actualiza la pantalla LCD mostrando simultáneamente el porcentaje y el estado.





BENEFICIOS DEL SISTEMA:

Este prototipo permite validar la lógica de lectura y presentación sin necesidad de un sistema de riego real. Al sustituirlo posteriormente por válvulas o bombas y añadir comunicación inalámbrica, puede evolucionar hacia un controlador de riego automatizado adaptado a las condiciones locales de Arequipa.

Sus principales ventajas son: bajo costo, fácil implementación con componentes comunes, reducción del desperdicio de agua mediante decisiones de riego basadas en datos y posibilidad de ampliación futura con otros sensores y actuadores para convertirlo en un sistema integral de control hídrico.

CONCLUSIONES:

- El departamento de Arequipa presenta condiciones climáticas y geográficas que hacen del agua un recurso crítico; en este contexto, tecnologías simples y de bajo costo pueden aportar a mejorar la eficiencia del riego agrícola.
- El prototipo desarrollado con Arduino UNO R3, sensor de humedad de suelo, LED RGB y pantalla LCD con I²C demostró que es posible medir en tiempo real la humedad del suelo y presentar esta información de forma visual e intuitiva.
- El uso del LED RGB como indicador inmediato y de la LCD como interfaz de datos facilita la interpretación de las condiciones del terreno sin requerir conocimientos técnicos avanzados.
- Aunque se trata de un prototipo en simulador, la lógica implementada es totalmente trasladable a un entorno real sustituyendo el sensor virtual por uno físico y añadiendo actuadores (válvulas o bombas) para un riego automatizado.
- La solución es escalable y adaptable: puede integrarse a otros sensores, comunicación inalámbrica y sistemas de alerta, constituyendo un paso inicial hacia un sistema integral de gestión hídrica en regiones semiáridas como Arequipa.