

Propuesta tecnológica IoT para el monitoreo de incontinencia en adultos mayores dependientes con enfoque en portabilidad y accesibilidad económica

IoT technology proposal for incontinence monitoring in dependent older adults with a focus on portability and affordability

RESUMEN

El crecimiento de la población adulta mayor y la prevalencia de la incontinencia urinaria en personas en situación de dependencia plantean retos significativos en el ámbito del cuidado asistencial. Esta investigación presenta una propuesta tecnológica basada en el Internet de las Cosas (IoT) para el monitoreo no invasivo de pañales, utilizando criterios de portabilidad y bajo costo como ejes centrales. El estudio, de tipo explicativo-exploratorio, se desarrolló en un entorno controlado en la ciudad de Portoviejo, evaluando un prototipo compuesto por un sensor de humedad SHT-21, un microcontrolador Arduino Nano y un módulo Bluetooth HC-05. Los datos recogidos se procesan en tiempo real, permitiendo detectar niveles de humedad en un lapso promedio de siete minutos, facilitando la intervención oportuna del cuidador. Los resultados evidencian que el dispositivo es liviano, de fácil adherencia externa al pañal, y accesible económicamente en el mercado nacional. Además, se entrega un esquema de conexión y código fuente que permiten replicar y mejorar el sistema. Esta solución tecnológica contribuye al bienestar de los adultos mayores con incontinencia urinaria y optimiza la labor del cuidador, previniendo complicaciones asociadas al uso prolongado de pañales húmedos.

PALABRAS CLAVES: IoT, incontinencia urinaria, adultos mayores, sensor de humedad, portabilidad, bajo costo, monitoreo remoto

ABSTRACT

The growth of the older adult population and the prevalence of urinary incontinence in dependent individuals pose significant challenges in the field of healthcare. This research presents a technological proposal based on the Internet of Things (IoT) for noninvasive diaper monitoring, using portability and low cost as central axes. The explanatory-exploratory study was conducted in a controlled environment in the city of Portoviejo, evaluating a prototype composed of a SHT-21 humidity sensor, an Arduino Nano microcontroller, and an HC-05 Bluetooth module. The collected data is processed in real time, allowing humidity levels to be detected in an average of seven minutes, facilitating timely intervention by the caregiver. The results show that the device is lightweight, easily attached externally to the diaper, and economically accessible in the national market. In addition, a connection diagram and source code are provided, allowing the system to be replicated and improved. This technological solution contributes to the well-being of older adults with urinary incontinence and optimizes caregiver work by preventing complications associated with prolonged use of wet diapers.

KEYWORDS: IoT, urinary incontinence, older adults, humidity sensor, portability, low cost, remote monitoring

INNOVACIÓN Y CONOCIMIENTO

Recepción: 05/06/2025

Aceptación: 20/06/2025

Publicación: 30/06/2025

AUTOR/ES

-  **John Edward Núñez Zambrano**
-  **Jaime Darío Rodríguez Vizúete**
-  **Jair Oswaldo Bedoya-Benavides**
-  **Alejandro Oswaldo Bedoya-Fuentes**

-  jhonnunez1993@gmail.com
-  jaime.rodriguez.vizúete@utelvt.edu.ec
-  jair.bedoya.benavides@utelvt.edu.ec
-  alejandro.bedoya@utelvt.edu.ec

-  Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí-Ecuador
-  Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas-Ecuador
-  Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas-Ecuador
-  Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas-Ecuador

-  Ecuador
-  Ecuador
-  Ecuador
-  Ecuador

CITACIÓN:

Núñez, J. Rodríguez, J. Bedoya-Benavides, J. Bedoya-Fuentes, A. (2025). Propuesta tecnológica IoT para el monitoreo de incontinencia en adultos mayores dependientes con enfoque en portabilidad y accesibilidad económica. Revista InnovaSciT. 3 (1), 316 – 334.

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual, se estima que más de 200 millones de personas en el mundo presentan problemas relacionados con la incontinencia urinaria, una condición que se ha convertido en la segunda causa más frecuente de internamiento en centros geriátricos (Rivera, 2006). Esta patología es especialmente común en adultos mayores que residen en hogares de cuidado, donde su detección oportuna es crucial para evitar complicaciones adicionales.

En ese sentido, Huion et al. (2019) proponen el uso de un pañal inteligente como herramienta de monitoreo en personas con demencia severa. Este sistema permite el seguimiento en tiempo real del nivel de saturación del pañal, basado en tablas de frecuencia y volumen de micción.

El envejecimiento poblacional es un fenómeno que transformará de forma significativa la estructura social y sanitaria del siglo XXI. A escala global, cada segundo dos personas cumplen 60 años, y actualmente existen alrededor de 810 millones de personas mayores de esa edad. En Ecuador, se reporta una población de 1.049.824 adultos mayores de 65 años, lo que representa el 6,5 % del total nacional, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (Rivera, 2022).

Este crecimiento plantea desafíos importantes en el ámbito del cuidado asistencial, especialmente para personas en situación de dependencia que enfrentan condiciones como la incontinencia urinaria. Esta afección es una de las causas más frecuentes de internamiento en centros geriátricos y afecta profundamente la dignidad, salud e independencia de los adultos mayores.

En muchos casos, el monitoreo del pañal debe realizarse de forma manual por un cuidador, lo cual no solo es invasivo, sino también ineficiente, incrementando el riesgo de infecciones y complicaciones dérmicas cuando los cambios no se hacen de forma oportuna.

En respuesta a esta problemática, la presente investigación plantea una propuesta tecnológica que consiste en diseñar una solución de IoT para el monitoreo de pañales de adultos mayores en situación de dependencia usando criterios portabilidad y costos, que permite la detección automatizada de humedad en pañales mediante sensores y microcontroladores. El sistema se compone de un sensor de humedad SHT-21, un microcontrolador Arduino Nano y un módulo de comunicación Bluetooth HC-05, permitiendo la transmisión de datos en tiempo real a un dispositivo móvil del cuidador.

El desarrollo de esta solución no invasiva tiene como propósito optimizar el monitoreo del estado del pañal, reducir el esfuerzo del cuidador, mejorar la calidad de vida del adulto mayor y prevenir condiciones clínicas derivadas del uso prolongado de prendas húmedas. Además, se busca proporcionar un modelo base que pueda ser replicado y mejorado en contextos de investigación o implementación en hogares e instituciones geriátricas. En definitiva, esta propuesta representa un avance en la integración de tecnologías emergentes al

cuidado de la salud, con un enfoque centrado en la dignidad, eficiencia y sostenibilidad del cuidado asistencial.

Según datos oficiales del año 2009, el 11% de los adultos mayores vive solo. Informes recientes de la industria hogar de ancianos indican que aproximadamente la mitad de todos los residentes de hogares de ancianos sufren de incontinencia. Los trabajadores de la salud deben comprobar físicamente los pañales de los residentes mediante la revisión del paciente para determinar si han tenido algún proceso de micción (MSP, 2018).

Frente a esta problemática, el desarrollo tecnológico en el ámbito del cuidado de personas mayores ha adquirido relevancia significativa en los últimos años,

especialmente con la incorporación de soluciones basadas en IoT. Esta tecnología permite automatizar procesos y mejorar la calidad de vida de personas en situación de dependencia, entre ellos, adultos mayores que padecen incontinencia urinaria. En este contexto, se han desarrollado diversas propuestas para el monitoreo no invasivo de prendas absorbentes como pañales, orientadas a garantizar el bienestar del paciente y facilitar la labor del cuidador.

Domínguez (2018) expresó el impacto del IoT en la salud como una herramienta clave para reducir riesgos asociados a patologías y mejorar la atención clínica. Hamann-Bezboruah (2020), por su parte, enfatiza el valor del uso de los Registros Médicos Electrónicos (EMR), integrando alarmas electrónicas y sensores para monitoreo en tiempo real, lo cual mejora la precisión y oportunidad de la atención médica.

En la misma línea, G/Tsadik et al. (2020) propusieron un sistema IoT para el monitoreo cognitivo de pacientes con Alzheimer, mediante sensores de pulso cardíaco, temperatura y localización GPS, con datos procesados a través de microcontroladores y protocolo MQTT. Pang et al. (2020) desarrollaron un vendaje inteligente para el monitoreo de heridas en pacientes diabéticos, capaz de liberar tratamiento cuando se detecta una infección, con transmisión de datos mediante Bluetooth.

Otros trabajos orientados al monitoreo físico incluyen sensores de presión extensibles con microestructuras jerárquicas para detección táctil en la piel (Su et al., 2021), y sistemas basados en reconocimiento de voz para personas con movilidad limitada, logrando una precisión del 97% en comandos para control de dispositivos (Ismail et al., 2020).

En entornos hospitalarios, Kanani y Padole (2020) propusieron un sistema IoT para la localización de pacientes mediante coordenadas GPS integradas a Google Maps, útil en situaciones de emergencia. Devis et al. (2021) desarrollaron un modelo de telemonitoreo para controlar parámetros como frecuencia cardíaca, temperatura corporal y niveles de líquidos intravenosos, permitiendo seguimiento remoto sin necesidad de visitas presenciales.

En cuanto a tecnologías de sensores aplicadas específicamente a prendas absorbentes, Gautam et al. (2020) utilizaron sensores BME280 acoplados a máscaras de oxígeno para

medición de flujo respiratorio, siendo una propuesta de bajo costo y alta precisión.

De manera complementaria, en investigaciones previas se han desarrollado diversos dispositivos para el monitoreo de pañales inteligentes. Wen (2017) presentó el sistema Goo9, compuesto por sensores de humedad SHT-21 con transmisión mediante tecnología BLE y procesamiento de datos en tiempo real. Lazaro et al. (2019) propusieron un sensor pasivo basado en etiquetas NFC sin necesidad de batería, el cual se activa por proximidad, permitiendo una implementación económica y no invasiva.

Desde la perspectiva del cuidado asistencial, Cour y Hjlund (2018) argumentan que tecnologías como los pañales inteligentes no solo optimizan el trabajo de los cuidadores, sino que promueven la independencia de los residentes en hogares geriátricos. En este mismo ámbito, Huion et al. (2019) diseñaron un sistema de pañales con sensores BLE que transmiten datos vía WiFi para notificar al cuidador en tiempo real sobre la saturación de humedad, fusionando ambos tipos de conectividad inalámbrica.

Otras investigaciones destacan por el uso de microcontroladores avanzados, como NodeMCU con sensores DHT22 (Nashrul et al., 2021), que permiten medir temperatura y humedad en pañales. Asimismo, Sun y Srinivasan (2021) desarrollaron RFDiaper, basado en etiquetas RFID personalizadas que detectan humedad y pH mediante análisis de retrodispersión con una precisión del 96%.

Prototipos basados en sensores mecánicos también han sido explorados. Adepu et al. (2021) diseñaron dispositivos con fibras de disulfuro de molibdeno (TMD), capaces de detectar humedad por variación de resistencia debido a fenómenos de tunelización y transferencia de electrones. Tajin et al. (2021) implementaron un sistema RFID reutilizable que alerta cuando la prenda está húmeda mediante disminución de la señal RSSI.

Por su parte, Shi et al. (2021) propusieron sensores resistivos basados en nitruro de carbono grafitico, mientras que Xu et al. (2021) diseñaron GO-Coolmax, un sistema bordado de lectura NFC sin batería, capaz de alimentar su microcontrolador con energía del lector del smartphone.

Estas investigaciones evidencian una tendencia creciente en el desarrollo de soluciones inteligentes para el monitoreo de prendas absorbentes, destacándose por su carácter no invasivo, bajo costo, portabilidad y facilidad de implementación. La presente propuesta se suma a estas iniciativas con el desarrollo de un prototipo funcional basado en el sensor SHT-21, Arduino Nano y módulo Bluetooth HC-05, contribuyendo al cuidado del adulto mayor mediante la detección oportuna de humedad en pañales.

En los últimos años se ha evidenciado un crecimiento sostenido en el desarrollo de tecnologías IoT aplicadas al monitoreo de prendas absorbentes, lo cual se refleja en diversas investigaciones que abordan esta problemática desde distintos enfoques. La Figura 1 resume las principales propuestas documentadas en este campo.

Figura 1. Investigaciones IoT para el censo de pañales



Nota. La figura muestra las diferentes propuestas IoT para censar el estado de prendas absorbentes.

El avance de las tecnologías digitales ha impulsado el desarrollo de soluciones orientadas a la mejora del cuidado de la salud, especialmente en poblaciones vulnerables como los adultos mayores. Entre estas tecnologías destaca el Internet de las Cosas (IoT), definido como un sistema de objetos interconectados mediante redes, que recolectan y comparten datos para automatizar procesos cotidianos (Pérez et al., 2019). Esta tecnología, considerada parte de la “tercera ola de Internet”, ha transformado sectores como la domótica, la seguridad y la salud, al integrar sensores, conectividad y análisis de datos para mejorar la calidad de vida de los usuarios (Pisano, 2018).

En el ámbito de la salud, el IoT ha permitido la creación de dispositivos inteligentes no invasivos que monitorean variables biomédicas en tiempo real. Su impacto ha sido notorio en aplicaciones como el control de temperatura, frecuencia cardíaca, movimiento y humedad, facilitando la atención remota y reduciendo la carga de trabajo para los cuidadores (Domínguez, 2018; Hamann-Bezboruah, 2020).

Uno de los componentes esenciales en estos sistemas son los sensores, los cuales permiten la captura precisa de variables del entorno. En esta investigación se hace uso del sensor SHT-21, un dispositivo digital de temperatura y humedad con interfaz I²C, caracterizado por su tamaño reducido, alta precisión ($\pm 3\%$ HR) y bajo consumo energético, lo cual lo hace ideal para aplicaciones portátiles en dispositivos IoT (Serikul et al., 2018; Sensirion, 2014).

Para el procesamiento de datos se utiliza el Arduino Nano, un microcontrolador basado en el chip ATmega328 que, por su tamaño compacto y facilidad de programación mediante el entorno Arduino IDE, se ha convertido en una herramienta ampliamente utilizada en prototipos IoT (Gabriel, 2020). Su arquitectura permite integrar múltiples sensores y módulos de comunicación, como el Bluetooth HC-05, utilizado en esta propuesta para la transmisión inalámbrica de datos. Este módulo opera en la banda de 2.4 GHz y permite una conexión

sencilla y eficiente con dispositivos móviles, facilitando la visualización de los datos recolectados (García, 2021).

En cuanto a la problemática abordada, la incontinencia urinaria es una condición frecuente en adultos mayores y se define como la pérdida involuntaria de orina. Puede presentarse en diferentes formas: de esfuerzo, imperiosa o por rebosamiento, afectando significativamente la calidad de vida de quienes la padecen (Ministerio de Salud Pública [MSP], 2018). La implementación de sensores de humedad en prendas absorbentes, como pañales, permite identificar oportunamente la necesidad de un cambio, evitando complicaciones dermatológicas e infecciones.

Finalmente, la selección de componentes tecnológicos con criterios de bajo costo, portabilidad y facilidad de integración responde a las condiciones del entorno social y económico donde se implementará la propuesta. Esto permite no solo validar técnicamente el sistema en un ambiente controlado, sino también ofrecer una solución replicable y accesible para el monitoreo de adultos mayores en situación de dependencia.

MÉTODOS MATERIALES

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con un diseño cuasi-experimental, empleando un entorno controlado para evaluar la efectividad de un sistema basado en Internet de las Cosas (IoT) destinado al monitoreo de humedad en pañales para adultos mayores en situación de dependencia. Se implementó un prototipo que integró un sensor de humedad dispuesto en la superficie externa del pañal, conectado a un microcontrolador Arduino Nano. La información recolectada fue transmitida mediante un módulo Bluetooth a un dispositivo externo, donde se almacenó y analizó posteriormente.

Las pruebas experimentales consistieron en simular el proceso de micción en distintas posturas del usuario (sentado, de pie, acostado y en movimiento) con el fin de medir el tiempo de respuesta, la precisión del sensor y la portabilidad del sistema.

Para la recolección de datos se utilizó la técnica de observación directa, lo que permitió identificar los cambios de humedad en las prendas absorbentes y evaluar la viabilidad del sistema propuesto. Asimismo, se efectuó una revisión documental en bases de datos científicas, centrada en investigaciones, patentes y desarrollos tecnológicos relacionados. Se utilizaron términos clave como “types of humidity sensors” y “wireless technology”, lo que permitió sustentar técnicamente la elección de componentes y orientar el diseño del prototipo.

Los datos obtenidos por el sensor fueron organizados y clasificados de acuerdo con rangos de humedad, establecidos según el volumen de líquido absorbido durante el proceso de micción. Esta información fue registrada en tiempo real y posteriormente procesada para su análisis.

Se adoptó un enfoque inductivo, lo que permitió obtener conclusiones a partir de la observación sistemática del comportamiento del sistema en distintas condiciones. Se evaluó el

tiempo de detección de humedad, la precisión del sensor y la capacidad de respuesta del sistema en los distintos escenarios de uso. Las anomalías detectadas durante las pruebas fueron corregidas con el fin de garantizar la fiabilidad y consistencia del sistema.

El objeto de estudio consistió en pañales desechables utilizados por adultos mayores con incontinencia urinaria, condición que requiere monitoreo constante para prevenir complicaciones como dermatitis, infecciones dérmicas y otras patologías asociadas.

La propuesta se centró en la integración de sensores de bajo costo con tecnologías IoT para desarrollar una solución no invasiva, portátil y accesible que facilite la detección oportuna del momento en que el pañal debe ser cambiado. Esta solución busca mejorar la calidad de vida del adulto mayor y optimizar el trabajo del personal cuidador, permitiendo una atención más eficiente, oportuna y humanizada.

Para el desarrollo de la propuesta de investigación se emplearon dispositivos electrónicos de fácil acceso y bajo costo, seleccionados por su compatibilidad con tecnologías IoT y su capacidad para captar, procesar y transmitir datos sobre el estado de humedad en pañales. Los principales componentes utilizados fueron:

Sensor de humedad y temperatura SHT-21, encargado de detectar los niveles de humedad presentes en la prenda absorbente.

Microcontrolador Arduino Nano ATmega328, responsable del procesamiento de datos provenientes del sensor.

Módulo de comunicación inalámbrica Bluetooth HC-05, utilizado para la transmisión de los datos hacia un dispositivo externo.

Batería recargable de ion de litio de 3000 mAh, que proporcionó la alimentación eléctrica necesaria para el funcionamiento continuo del sistema.

Estos componentes fueron integrados en un diseño compacto y funcional, permitiendo la portabilidad del dispositivo y su uso seguro en entornos controlados de prueba, cumpliendo con los criterios de accesibilidad, bajo consumo y eficiencia tecnológica requeridos para la aplicación en adultos mayores en situación de dependencia.

Para la propuesta de investigación fue necesario hacer uso de programas, los cuales se detallan en la tabla 1.

Tabla1. Softwares utilizados

Software	Versión
Arduino IDE	1.8.19
App Inventor	2

Además, se detallan los recursos que fueron necesarios para la elaboración de esta investigación con sus respectivos costos totales como se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. Costo por recurso para el desarrollo de la propuesta

Recurso	Cantidad	Costo	Total
Sensor de humedad/temperatura SHT-21	1	\$ 8.00	\$ 8.00
Arduino Nano ATmega 328	1	\$ 10.00	\$ 10.00
Módulo de Bluetooth HC-05	1	\$ 5.00	\$ 5.00
Batería recargable ion de litio de 3000mAh	1	\$ 12.00	\$ 12.00
Cables Dupont	10	\$ 0.05	\$ 0.50
Protoboard	1	\$ 2.00	\$ 2.00
Módulo Tp4056 Cargador Ultrafire	1	\$ 6.00	\$ 6.00
Caja de filamento termoplástico	1	\$ 5.00	\$ 5.00
Estañó	1	\$ 1.00	\$ 1.00
Total			\$ 49.50

Nota. se detallan los recursos utilizados con su respectivo costo.

Para el desarrollo del dispositivo propuesto se utilizó la metodología ágil XP (Extreme Programming), la cual permite mantener una constante interacción con el cliente y adaptarse a cambios durante el proceso de desarrollo. Esta metodología se seleccionó por su capacidad de proporcionar control sobre los tiempos de ejecución y asegurar un producto final que se ajuste a las necesidades reales del usuario (Molina Montero et al., 2018).

XP se compone de cinco etapas: planificación, diseño, codificación, pruebas e implementación. En la etapa de planificación, se definieron historias de usuario para estimar el tiempo de desarrollo y establecer entregas funcionales (Jiménez Builes et al., 2019). Durante el diseño, se estructuró el funcionamiento del sistema considerando la portabilidad y bajo costo. En la codificación, se implementaron los algoritmos en el entorno Arduino IDE utilizando bibliotecas específicas para sensores de humedad. En la fase de pruebas, se verificó la funcionalidad del sistema mediante simulaciones de micción en diferentes posiciones corporales. Finalmente, en la implementación, se ensamblaron los componentes en un prototipo funcional (NUÑEZ ZAMBRANO, 2022, pp. 42-46).

La metodología XP permitió desarrollar un dispositivo eficaz, portátil y económico, capaz de medir la humedad en prendas absorbentes y enviar alertas oportunas para el cambio de pañal, mejorando así el cuidado de adultos mayores con incontinencia urinaria.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Bibliográfico comparativo

Durante esta etapa se revisaron investigaciones en repositorios de alto impacto sobre el monitoreo de humedad en pañales para adultos mayores, lo que permitió identificar métodos adecuados para mejorar su calidad de vida. Las propuestas se agruparon según el tipo de sensor y la tecnología de comunicación utilizada, destacando los sensores capacitivos y resistivos, siendo preferidos los capacitivos por no requerir contacto directo con el líquido, lo que prolonga la vida útil del sistema. A continuación, se presenta la tabla 3, con los métodos revisados según tipo de sensor y tecnología de transmisión de datos.

Tabla 3. Evaluación de Sensores y Tecnología de extracción de datos

Autores	capacitivos	resistivos	conductividad	mecánicos	BLE	NFC	RFID
Wen, 2017	X				X		
Lazaro et al., 2019	X					X	
Wang et al., 2020			X				
Adepu et al., 2021				X			
Shi et al., 2021		X		X			
Nashrul et al., 2021	X				X		
Sun & Srinivasan, 2021		X					X
Tajin et al., 2021		X					X
Xu et al., 2021)				X		X	

Nota. Investigaciones orientadas a la detección de humedad en pañales y como se relacionan de acuerdo con las tecnologías empleadas.

El diseño general del sistema está compuesto por dos elementos principales. El primero es un dispositivo electrónico encargado de captar los datos de humedad y temperatura del pañal, procesarlos internamente y transmitirlos hacia un dispositivo externo. El segundo componente es un repositorio externo que permite visualizar la información en tiempo real, el cual puede ser una aplicación móvil o un computador con conectividad Bluetooth.

Conexión Arduino Nano con el Sensor de Humedad/Temperatura Sht-21

Se procedió a realizar el primer esquema de conexión entre el sensor SHT-21 y la placa Arduino, considerando que dicho sensor incorpora una tarjeta integrada GY-21, lo cual facilita su integración con diversos microcontroladores. A continuación, se detallan los pines del

sensor y sus respectivas funciones:

VIN: Suministra voltaje al sensor, en un rango de 2.1 a 3.6 V; se recomienda un valor de 3.0 V.

GND: Toma de tierra (0 V).

SCL: Línea de reloj para la sincronización de la comunicación entre el sensor y el microcontrolador (MCU).

SDA: Línea de datos utilizada para la transferencia de información hacia y desde el sensor.

Con base en estas especificaciones, la conexión con la placa Arduino se establece de la siguiente manera:

Arduino 3.3V → SHT-21 VIN

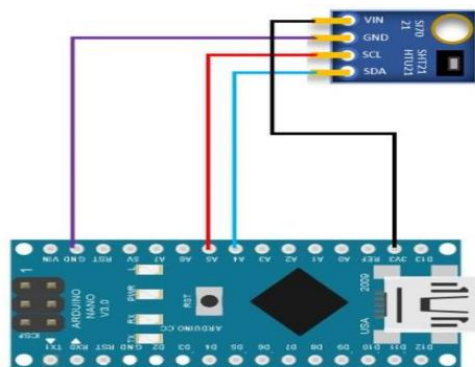
Arduino A4 → SHT-21 SDA

Arduino A5 → SHT-21 SCL

Arduino GND → SHT-21 GND

El resultado es un esquema funcional que integra el sensor SHT-21 con el Arduino a través de la interfaz I²C, la cual se encarga de iniciar y coordinar la comunicación entre los componentes de manera eficiente y estable.

Figura 2. Conexión entre Arduino Nano y el sensor SHT-21



Conexión Arduino Nano con el Módulo de Bluetooth HC-05

El segundo diagrama corresponde a la interconexión entre el módulo Bluetooth HC-05 y la placa Arduino Nano. Este módulo permite la transmisión de los datos recolectados por el sensor hacia un dispositivo externo. De acuerdo con las especificaciones del fabricante, los pines de conexión y sus funciones son los siguientes:

VCC: Entrada de alimentación; el módulo admite un voltaje entre 3.3 V y 6 V. En este caso, se suministró 5 V.

GND: Toma de tierra (0 V).

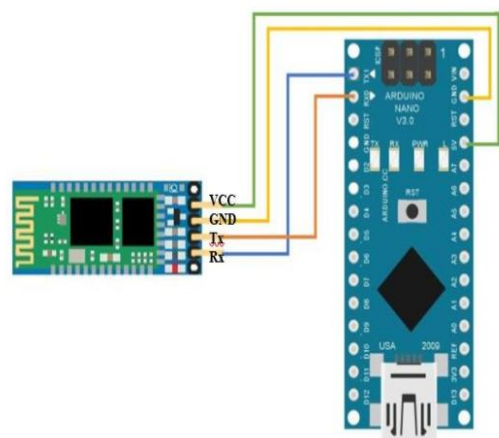
TX: Pin de transmisión; envía datos hacia el microcontrolador.

RX: Pin de recepción; recibe los datos procesados por el Arduino, los cuales serán

enviados vía Bluetooth a dispositivos externos.

Con base en estas especificaciones, se obtuvo un esquema funcional que integra el módulo HC-05 con el Arduino Nano. Este conjunto realiza la comunicación externa mediante el protocolo Bluetooth 2.0, permitiendo la visualización remota de los datos en tiempo real desde un dispositivo móvil o computadora compatible.

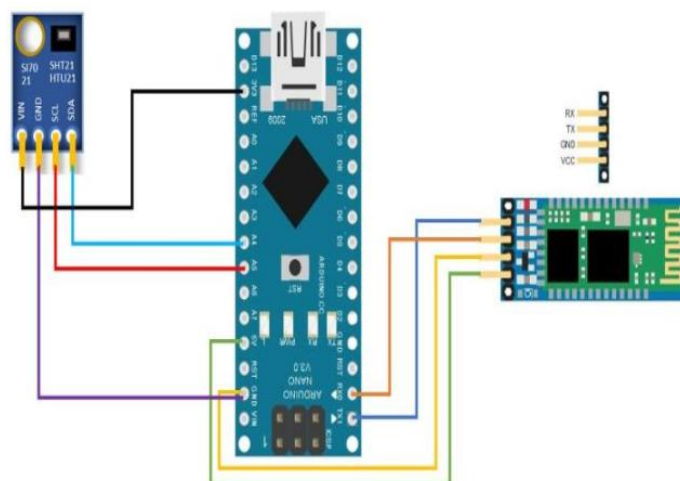
Figura 3. Conexión entre Arduino Nano y Modulo de Bluetooth HC-05



Conexión Arduino Nano con el Sensor Sht-21 de Temperatura/Humedad y el Módulo de Bluetooth HC-05

Como resultado se procede a proponer un esquema funcional de conexión integrando todos los dispositivos al microprocesador el mismo que procesara la información recolectada por el sensor para luego ser difundida para su análisis, estos dispositivos son de fácil adquisición y de bajo costo por lo que se puede replicar este diseño para estudios posteriores.

Figura 4. Conexión entre Arduino Nano y los módulos Sht-21 y HC-05



Codificación

El código del sistema fue desarrollado en el entorno Arduino IDE, basado en Processing y con un lenguaje de programación derivado de Wiring, lo que permite su uso abierto y libre.

Para el funcionamiento del prototipo se integraron las librerías Wire.h, Sdaq_SHT2x.h y SoftwareSerial.h, que permiten la lectura de humedad y temperatura en intervalos de 3 segundos.

Para la configuración del módulo Bluetooth HC-05, se emplearon comandos AT a fin de personalizar el nombre del dispositivo y ajustar parámetros de comunicación. Debido a que el Arduino Nano no permite enviar comandos AT directamente, se utilizó un Arduino Uno como intermediario. Mediante el comando AT+NAME=<Prueba> se logró modificar el nombre del módulo con éxito.

Además, se ajustó la velocidad de transmisión del HC-05 de 9600 a 57600 baudios, lo cual permitió una mejor visualización y tabulación de los datos, especialmente en las gráficas de humedad generadas, el código que se muestra a continuación en la figura 5.

Figura 5. Codificación de los componentes en el entorno de desarrollo Arduino IDE



```

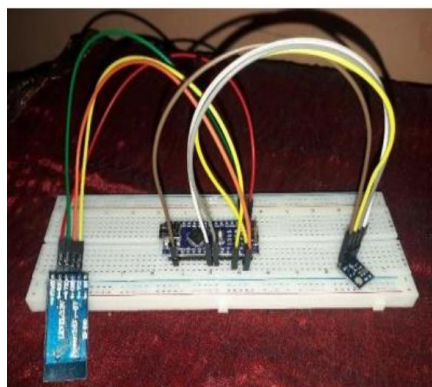
sketch_jul31a Arduino 1.8.20 Hourly Build 2022/04/25 09:33
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

sketch_jul31a $
#include <Wire.h>
#include <Sdaq_SHT2x.h>
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial BT1(3, 2);
void setup()
{
  Wire.begin();
  Serial.begin(9600);
  BT1.begin(57600);
}
void loop()
{
  Serial.print("#01,");
  Serial.print(SHT2x.GetHumidity());
  Serial.print(",");
  Serial.println(SHT2x.GetTemperature());
  delay(2000);
  if (millis() % 7000 == 0)
  {
    BT1.println(SHT2x.GetHumidity());
    BT1.println(SHT2x.GetTemperature());
  }
}
  
```

Pruebas

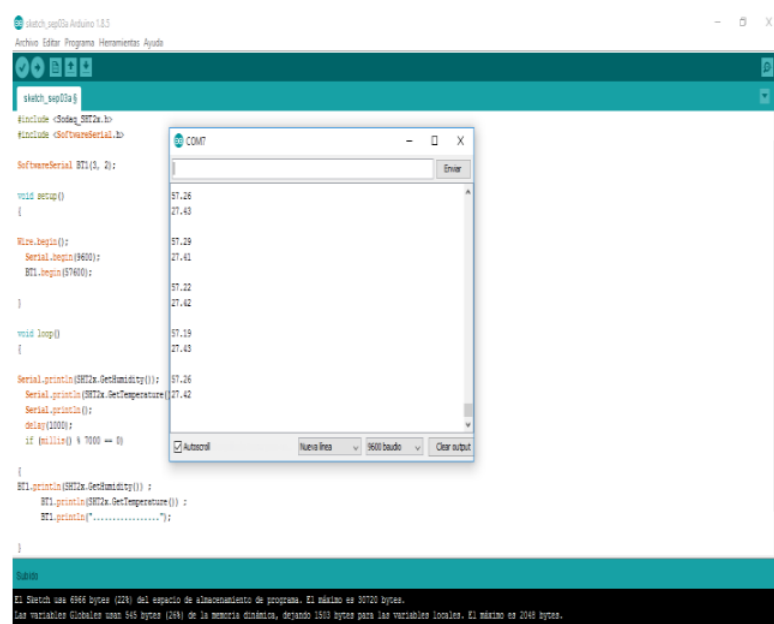
Para el levantamiento de la información fue necesario el acople de los componentes electrónicos para así probar la funcionalidad del diseño propuesto, por lo que se optó conectarlos en el protoboard como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Ensamblaje de los componentes en un protoboard mediante cables Dupont



Este ensamblaje inicial fue necesario para evaluar el código fuente y la intercomunicación de los componentes, para la ejecución del programa fue necesario conectar el Arduino Nano a una laptop la misma que realizo dos funciones, la primera dotar de energía al dispositivo y como receptor de los datos obtenidos mediante bluetooth. La correspondencia de los datos fue exitosa como se puede visualizar en la figura 7 que muestras los datos obtenidos en el Software Arduino IDE una vez ejecutado el programa.

Figura 7. Prueba de código en Arduino IDE



Levantamiento de información

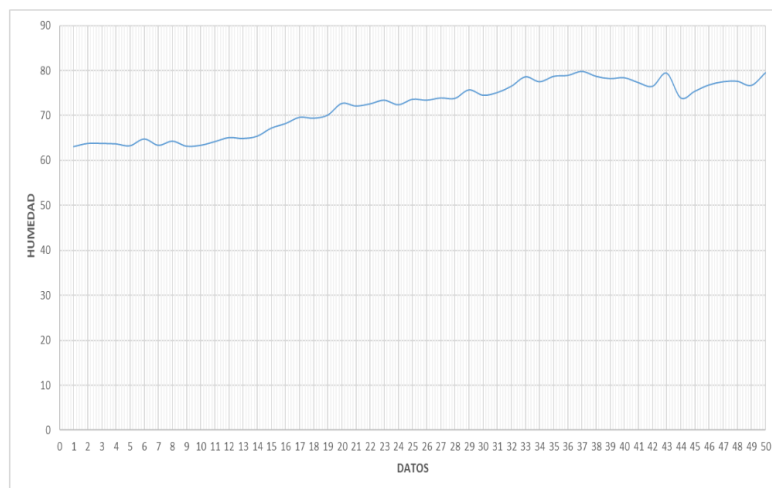
Para el levantamiento de la información se establecieron posturas que adopta comúnmente un adulto mayor, estos datos recabados en base a pruebas bajo un ambiente controlado arrojan información que permiten evaluar el tiempo de respuesta del diseño al detectar la presencia de humedad. Se evalúa esta información gracias a graficas estadísticas que facilitan el análisis de la correspondencia de los datos obtenidos, las pruebas fueron realizadas en un periodo de tiempo de 3 horas y tomando solo los 50 valores a partir que el sensor captara humedad al someterlo a una micción controlada, el dispositivo está diseñado

para censar el pañal cada 3 segundos.

El dispositivo para que pueda recabar la información de forma correcta debe estar colocado en la parte frontal del pañal y el sensor en la parte baja a la altura de las partes íntimas donde se acumula el líquido.

Prueba de micción controlada persona caminando

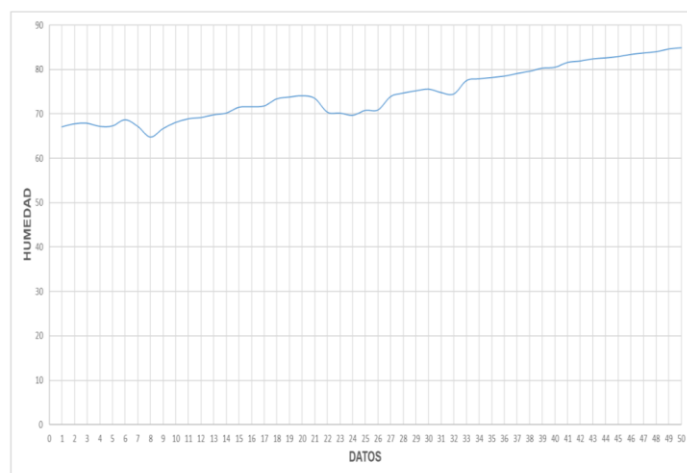
Figura 8. Prueba de micción controlada persona caminando



En la figura 8 se muestra una toma de 50 datos captados por el sensor al momento de evidenciar una alteración de los niveles aceptables de humedad, se realiza la lectura cada 3 segundo del estado del pañal donde se puede notar un progresivo aumento de humedad alcanzando su nivel más alto de 79.5 % y una media de 72 % por lo que se puede establecer que los niveles de humedad presentes en el pañal ameritan el cambio de la prenda. También se pudo notar que el continuo movimiento permite que haya más flujo de aire entre la prenda y el sensor por lo que se evidencia una constante variación, el dispositivo tardo alrededor de 6 minutos y 34 segundos en captar valores considerables de humedad por lo sé que considera que el dispositivo es funcional sometido al movimiento constante de una persona adulta.

Prueba de micción controlada persona acostada

Figura 9. Prueba de micción controlada persona acostada

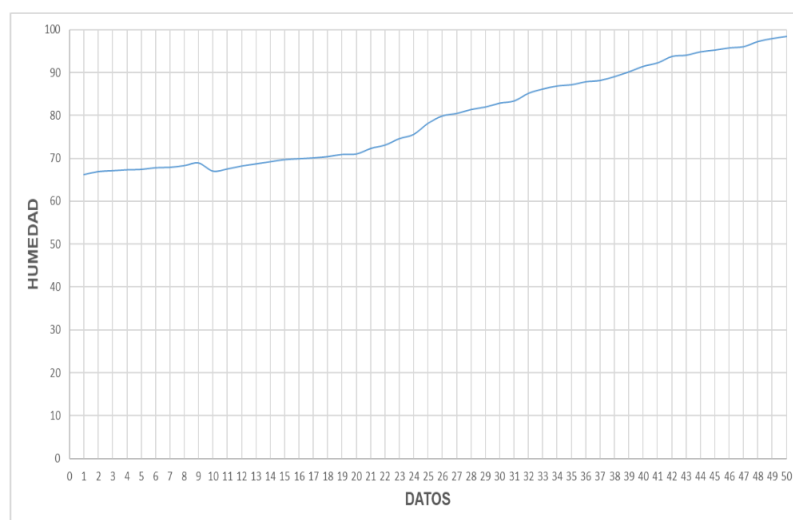


Durante la prueba de micción controlada con la persona en posición acostada, se observó en la gráfica un incremento progresivo en los niveles de humedad, alcanzando un valor máximo del 84.9% y una media del 74.49%. La prueba incluyó movimientos típicos que una persona realiza al estar recostada, lo cual generó ligeras variaciones en el flujo habitual de los datos.

El dispositivo tardó aproximadamente 10 minutos y 15 segundos en detectar el proceso de micción, debido a la menor presión entre el sensor y la prenda en esta posición. Sin embargo, una vez que el pañal acumuló una cantidad considerable de líquido, los niveles de humedad aumentaron de forma sostenida, como se muestra en la Figura 9.

Prueba de micción controlada persona sentada

Figura 10. Prueba de micción controlada persona sentada



Se realizó el censo del pañal utilizado por una persona en posición sentada, bajo un ambiente controlado. Como se observa en la figura 10, los niveles de humedad aumentan considerablemente, aunque presentan poca variación debido al limitado movimiento de la persona. El dispositivo tardó aproximadamente 3 minutos en detectar la presencia de humedad, alcanzando un nivel máximo del 98.5 %, lo que indica que el pañal llegó a su máxima capacidad de retención de líquido antes de filtrarse, evidenciando la necesidad de un cambio.

La rapidez con la que el dispositivo captó los datos de humedad se debe a la presión que la persona ejerce sobre el pañal y el sensor al estar sentada, resultando en un promedio de humedad del 79.65 %. La integración de la tecnología IoT en el cuidado del adulto mayor ha permitido desarrollar sistemas inteligentes para el monitoreo oportuno de pañales, mejorando la calidad de vida y facilitando el control no invasivo. Tras analizar diferentes tipos de sensores, se eligió el sensor capacitivo por su capacidad para detectar humedad sin contacto directo con el líquido, lo que prolonga la vida útil del dispositivo y reduce costos. En cuanto a la

transmisión de datos, la tecnología Bluetooth se seleccionó por su accesibilidad y compatibilidad con dispositivos comunes como celulares y laptops.

Las pruebas realizadas mediante simulaciones controladas demostraron la eficacia del prototipo para medir humedad y temperatura en pañales, considerando distintas posturas del usuario. Aunque las pruebas no se pudieron realizar directamente en adultos mayores por limitaciones éticas, el diseño propuesto permitió una detección más rápida y menos invasiva en comparación con métodos tradicionales, reduciendo el tiempo de monitoreo de aproximadamente 40 minutos a solo 7 minutos. Finalmente, el proyecto muestra potencial para ser escalado comercialmente, con posibilidad de incorporar tecnologías más avanzadas y mejorar el prototipo, asegurando así una solución práctica, portátil y de bajo costo para el cuidado del adulto mayor.

CONCLUSIÓN

Se establecieron criterios para la búsqueda y selección de estudios relacionados con el monitoreo de humedad en pañales para adultos mayores, los cuales se sintetizaron en el apartado de estado del arte. Esta revisión bibliográfica permitió comprender mejor la problemática abordada y conocer las distintas tecnologías utilizadas actualmente para detectar humedad en prendas absorbentes.

A partir de esta revisión, se identificaron los dispositivos más adecuados según su costo, disponibilidad en el mercado nacional, portabilidad y bajo nivel de invasividad. En consecuencia, se seleccionó el sensor de humedad SHT-21, conectado a un microcontrolador Arduino Nano ATmega328, para procesar los datos recolectados. Estos datos fueron transmitidos mediante el módulo Bluetooth HC-05 para su posterior análisis.

Se logró desarrollar un diseño funcional y de bajo costo para el monitoreo en tiempo real del estado del pañal, utilizando tecnología de libre acceso disponible localmente. Esta estrategia evitó incurrir en costos adicionales por licencias de patentes, manteniendo la propuesta accesible y viable. El esquema de funcionamiento fue programado en el entorno Arduino IDE, quedando disponible para futuras mejoras y ampliaciones.

Las pruebas de campo se realizaron bajo condiciones controladas, simulando el proceso de micción en diversas posturas comunes en adultos mayores (sentado, acostado y caminando), durante un periodo de 4 horas. Los resultados obtenidos, validados por expertos, demostraron que el uso de tecnologías IoT para el monitoreo de humedad en pañales es técnicamente viable, aportando una solución eficiente y menos invasiva para el cuidado del adulto mayor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beck, K. (2000). Explicación de la programación extrema: Adopte el cambio.
- Datasheet-SHT21. (2014). SHT20P Humidity and Temperature Sensor IC. DFN type package – reflow solderable.
- Devis, Y., Irawan, Y., Junadhi, Z., Zoromi, F., Herianto, & Amaritha, M. R. (2021). Monitoring system of heart rate, temperature and infusion in patients based on microcontroller (Arduino Uno). *Journal of Physics: Conference Series*, 1845(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1845/1/012069>
- Domínguez, A., & Vargas-Lombardo, M. (2018). El estado del arte: Salud inteligente y el internet de las cosas. *Revista de I+D Tecnológico*, 14, 14–17. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>
- Fernández-Ordóñez, J. M., Jiménez, L. E. M., Torres-Carrión, P., Barba-Guamán, L., & Rodríguez-Morales, G. (2019). Experiencia afectiva del usuario en ambientes con inteligencia artificial, sensores biométricos y/o recursos digitales accesibles: Una revisión sistemática. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 35, 35–53. <https://doi.org/10.17013/risti.35.35-53>
- Fillat Delgado, Y. (2020). Censo de las personas con Alzheimer y otras demencias en España. CEAFA.
- Front, A. N., & Rear, A. N. (2018). Arduino Nano specifications: Datasheet Arduino Nano, 0, 1–10.
- Gabriel, K. K. P. O. O. R. M. M. (2020). Monitoring temperature and humidity using Arduino Nano and module-DHT11 sensor with real-time DS3231 data logger and LCD display. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 9(December), 416–422.
- Gautam, A., Kinjalk, K., Kumar, A., & Priye, V. (2020). FBG-based respiration rate sensing with Arduino interface. *IEEE Sensors Journal*, 20(16), 9209–9217. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.2989004>
- Hamann, D. J., & Bezboruah, K. C. (2020). Outcomes of health information technology utilization in nursing homes: Do implementation processes matter? *Health Informatics Journal*, 26(3), 2249–2264. <https://doi.org/10.1177/1460458219899556>
- Industriales, E. (2019). Colegio de Ciencia y Tecnología. Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Electrónicos Industriales.
- Ismail, A., Abdlerazek, S., & El-Henawy, I. M. (2020). Development of smart healthcare system based on speech recognition using support vector machine and dynamic time warping. *Sustainability (Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/su12062403>
- Jiménez Builes, J. A., Ramírez Bedoya, D. L., & Branch Bedoya, J. W. (2019). Metodología de

- desarrollo de software para plataformas educativas robóticas usando ROS-XP. *Revista Politécnica*, 15(30), 55–69. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a6>
- Kanani, P., & Padole, M. (2020). Real-time location tracker for critical health patient using Arduino, GPS Neo6m and GSM Sim800L in health care. *ICICCS 2020 - Proceedings of the International Conference on Intelligent Computing and Control Systems*, 242–249. <https://doi.org/10.1109/ICICCS48265.2020.9121128>
- Lazaro, A., Boada, M., Villarino, R., & Girbau, D. (2019). Battery-less smart diaper based on NFC technology. *IEEE Sensors Journal*, 19(22), 10848–10858. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2933289>
- Mansilla, G. (2015). Sistema de calibración de sensores para la placa Smart Citizen.
- Mazzeo, H., Rapallini, J., Rodríguez, O., & Zabaljauregui, M. (2018). Sistema de comunicaciones para la implementación de redes inalámbricas de sensores. *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 982–986.
- Molina Montero, B., Vite Cevallos, H., & Dávila Cuesta, J. (2018). Metodologías ágiles frente a las tradicionales en el proceso de desarrollo de software. *Espirales Revista Multidisciplinaria de Investigación*, June, 114–121. <https://doi.org/10.31876/re.v2i17.269>
- Paggi, M., Peralta, N., Calandroni, M., Cabria, F., Costa, J. L., & Aparicio, V. (2013). Identificación de series de suelos mediante el uso de sensores de conductividad eléctrica aparente en el sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo*, 31(2), 175–188.
- Pang, Q., Lou, D., Li, S., Wang, G., Qiao, B., Dong, S., Ma, L., Gao, C., & Wu, Z. (2020). Smart flexible electronics-integrated wound dressing for real-time monitoring and on-demand treatment of infected wounds. *Advanced Science*, 7(6). <https://doi.org/10.1002/advs.201902673>
- Pérez, M. R., Mendoza, M. A., & Suarez, M. J. (2019). IoT paradigm: From its concept towards its application in agriculture. *Espacios*, 40(18), 6.
- Pisano, A. (2018). Internet de las cosas. *Gestión de Servicios Tecnológicos y de Telecomunicaciones*, 1, 94. https://www.owasp.org/images/3/36/IoT_CyberSecurity.pdf
- Rivera, V. P. C. (2022). Coordinación General de Estudios y Datos de Inclusión.
- Romero Amondaray, L., Artigas Fuentes, F. J., & Calderón, C. A. (2020). Redes de sensores inalámbricos definidas por software: Revisión del estado del arte. *Revista Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 41(2), 39–50.
- Serikul, P., Nakpong, N., & Nakjuatong, N. (2018). Smart farm monitoring via the Blynk IoT platform. *2018 Sixteenth International Conference on ICT and Knowledge Engineering*, 70–75.

- Sruthi, M., & Rajkumar, R. (2016). A study on development issues over IoT platforms, protocols and operating system. 2016 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), March, 4–7.
- Su, Q., Zou, Q., Li, Y., Chen, Y., Teng, S. Y., Kelleher, J. T., Nith, R., Cheng, P., Li, N., Liu, W., Dai, S., Liu, Y., Mazursky, A., Xu, J., Jin, L., Lopes, P., & Wang, S. (2021). A stretchable and strain-unperturbed pressure sensor for motion interference-free tactile monitoring on skins. *Science Advances*, 7(48), 1–10. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abi4563>
- Wen, M. H. (2017). Goo9: A wireless sensor network system for wet diaper detection. 2017 IEEE International Conference on Applied System Innovation (ICASI), 893–895. <https://doi.org/10.1109/ICASI.2017.7988580>
- Xu, L., Zhai, H., Chen, X., Liu, Y., Wang, M., Liu, Z., Umar, M., Ji, C., Chen, Z., Jin, L., Liu, Z., Song, Q., Yue, P., Li, Y., & Ye, T. T. (2021). Coolmax/graphene-oxide functionalized textile humidity sensor with ultrafast response for human activities monitoring. *Chemical Engineering Journal*, 412. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.128639>

CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran que no existen conflicto de interés posibles.

FINANCIAMIENTO

No existió asistencia de financiamiento de parte de pares externos al presente artículo.

NOTA:

El artículo no es producto de una publicación anterior