



# 1. Lista de Exigencias

Tabla 1: Lista de Exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS			Páginas: 7
			Edición: Rev. 2
PROYECTO:		ECOQUA — Diseño de dispositivo portátil para detección y clasificación rápida de calidad del agua	Fecha: 25/09/2025
			Revisado: 02/10/25
CLIENTE:		UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA	Elaborado: J.K,W.C,D.B,Z.V
Fecha (cambios)	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
25/09/25	E	<b>Función Principal:</b> Medir calidad de agua y detectar anomalías utilizando los parámetros: pH (0-14 $\pm 0.1$ ), turbidez (0-1000 NTU), conductividad (0-2000 $\mu\text{S/cm}$ ), temperatura (0-40 °C) y oxígeno disuelto (0-30 mg/L $\pm 0.1$ mg/L).	J.K,W.C,D.B,Z.V
13/11/25	E	<b>Geometría:</b> El tamaño del dispositivo, considerando los componentes físicos, hardware e interfaz física para operarlo debe de estar dentro de 22 cm (alto) x 8 cm (largo) x 3 cm (ancho).	Z.V
13/11/25	E	<b>Cinemática:</b> El diseño y la disposición de los sensores deben garantizar una correcta inmersión y contacto con el agua sin generar salpicaduras ni comprometer la seguridad del operador. La muestra de agua debe permanecer en reposo o con un caudal mínimo para asegurar lecturas precisas y representativas.	J.K
13/11/25	D	<b>Fuerzas:</b> Durante la manipulación y uso en campo se deberá garantizar que la presión ejercida por el agua, el movimiento de la muestra y los impactos accidentales no comprometan la integridad estructural del dispositivo ni la precisión de las mediciones. Asimismo, el equipo deberá resistir caídas desde una altura de hasta 1 m sin afectar el funcionamiento de los sensores ni la estabilidad del sistema.	W.C
16/10/25	E	<b>Energía:</b> Debe ser capaz de almacenar energía para su uso sin estar conectado a la línea eléctrica. También, tener una protección para dicha solución de almacenamiento y contar con una opción de alimentación directa para fuentes alternativas.	J.K
30/10/25	E	<b>Materia:</b> <b>Materia de ingreso:</b> Muestras de agua recolectadas de ríos, lagunas o fuentes superficiales cercanas. El dispositivo debe soportar salpicaduras y exposición directa al agua sin comprometer la integridad de los sensores ni de los componentes electrónicos internos (IP65)( <i>Ingress Protection (IP) Ratings</i> , s. f.).	D.B

		<b>Materia de salida:</b> Datos procesados de pH, turbidez, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto, clasificados en rangos y categorías según el ECA, listos para visualización en pantalla y envío a la plataforma IoT.	
16/10/25	E	<p><b>Señales (Información):</b> Deberá contar con las siguientes señales de entrada y salida.</p> <p>Señales de entrada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Señal de encendido y apagado: Sirve para energizar y detener el funcionamiento a voluntad del usuario.</li> <li>- Señal de inicio de medición: El usuario determina cuando se inicia la medición y almacenamiento de valores.</li> <li>- Señal de información de sensores: Recibe las señales de los sensores para su posterior procesamiento.</li> </ul> <p>Señales de salida:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Señal de conclusión de medición: Indica al usuario acerca de la conclusión de las mediciones, indicando que está libre para ser usado nuevamente.</li> <li>- Señal de información de uso: En caso de recibir la señal de inicio de medición durante el procesamiento de parámetros indicará que el dispositivo se encuentra en uso.</li> <li>- Señal para indicación de alertas: Permite notificar al usuario de eventos importantes.</li> <li>- Señales de estado de los sensores: Permite visualizar el valor obtenido de cada sensor.</li> </ul>	<b>D.B</b>
30/10/25	E	<b>Control:</b> El sistema de control debe permanecer estable en todas las etapas de funcionamiento, asegurando lecturas precisas y consistentes de pH, turbidez, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto. El microcontrolador debe gestionar la secuencia de toma de datos, controlar el tiempo de muestreo y garantizar que la medición se realice sólo cuando la muestra se encuentre en reposo. Además, debe comparar los resultados con los valores de referencia del ECA y activar alertas visuales o sonoras cuando se detecten anomalías. El control debe registrar automáticamente las mediciones.	<b>J.K</b>
16/10/25	E	<b>Electrónico (hardware):</b> Se usará el hardware necesario para la lectura de los sensores con el fin de obtener un diagnóstico acerca del estado del agua. Para ello se utilizará un controlador para el procesamiento de entradas y salidas	<b>J.K</b>
30/10/25	E	<b>Software:</b> Se utilizará un programa de código abierto para el control del sistema, y la interpretación de señales entrantes de los sensores. También, debe:	<b>W.C</b>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tener rutinas de calibración de sensores con uso de valores de referencia.</li> <li>- Ser capaz de notificar al usuario con un diagnóstico basado en los valores obtenidos por los sensores.</li> <li>- Almacenar en memoria los datos y ser capaz de transferir el contenido a otro dispositivo para mejor visualización.</li> <li>- Tener una interfaz intuitiva y fácil de usar.</li> </ul>	
30/10/25	D	<b>Comunicaciones:</b> El dispositivo debe <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comunicarse con los sensores mediante conexión directa en sus correspondientes protocolos.</li> <li>- Contar con una pantalla integrada para visualización inmediata en campo y toma de decisión rápida.</li> <li>- Almacenar los datos recolectados en tarjeta de memoria extraíble para su posterior transferencia a otro dispositivo sin acceso a internet.</li> <li>- Enviar los datos de manera inalámbrica a una plataforma web y almacenarlos en la nube en caso de tener acceso a internet.</li> </ul>	<b>Z.V</b>
13/11/25	E/D	<b>Seguridad:</b> El dispositivo alerta cuando algún parámetro excede los límites ECA, previniendo el consumo de agua no apta y protegiendo al usuario y potenciales consumidores de la fuente de agua.  <b>Deseo:</b> Se desea cumplir con el estándar FCC Part-15: “(1) este dispositivo no debe causar interferencia dañina, y (2) este dispositivo debe aceptar cualquier interferencia recibida, incluyendo aquellos que puedan causar operación indeseada”(Federal Communications Commission   The United States of America, 2025).	<b>D.B</b>
13/11/25	D	<b>Ergonomía:</b> Será un dispositivo de mano, fácil, agradable de sostener, sin bordes que puedan enganchar la ropa o causar lesiones en la piel y de fácil limpieza. Su peso no debe de exceder el kilogramo.	<b>D.B</b>
20/11/25	D	<b>Fabricación:</b> El dispositivo deberá poder ser fabricado con materiales disponibles en el mercado nacional, priorizando componentes electrónicos y sensores requeridos que puedan ser adquiridos localmente, importados o fabricados. La carcasa y sus piezas estructurales deberán ser de materiales resistentes a la corrosión, con sellos para asegurar impermeabilidad.  El diseño permitirá un ensamblaje sencillo en talleres locales, facilitando su reparación y transporte. Los materiales de fabricación deberán cumplir con estándares de seguridad y no liberar sustancias tóxicas al agua, de acuerdo con el <b>DECRETO SUPREMO N° 007-98-SA</b> (Decreto Supremo N.° 007-98-SA, s. f.), artículo 37 del Reglamento de DIGESA. Se garantizará un acabado de alta calidad en las superficies de	<b>J.K</b>

		contacto con el agua, siguiendo las recomendaciones de la <b>norma ISO 25178</b> (ISO - <i>Standards</i> , s. f.).	
20/11/25	D	<b>Control de calidad:</b> El diseño y la fabricación del dispositivo deben contemplar todas las exigencias planteadas en esta lista, de manera que cumpla con un funcionamiento confiable y alineado a las necesidades de monitoreo en campo. Esto incluye que satisfaga los requisitos de diseño en cuanto a dimensiones, tolerancias, selección de materiales resistentes a la corrosión y sellado adecuado para uso en exteriores. Asimismo, debe cumplir con buenas prácticas de calibración (pH, turbidez, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto), verificación de datos mediante soluciones patrón y validación en laboratorio para asegurar precisión. Se considerarán aspectos de sanidad (evitar contaminación de muestras), seguridad del usuario, resistencia ambiental (lluvia, polvo) y sostenibilidad, garantizando que el producto sea apto para el mercado comunitario y escalable para uso institucional.	<b>Z.V</b>
13/10/25	E	<b>Montaje:</b> No habrá necesidad de fijar el producto por tratarse de un dispositivo de mano.	<b>W.C</b>
27/10/25	E	<b>Transporte:</b> El dispositivo deberá tener un peso y dimensiones adecuadas para ser transportado fácilmente hacia zonas rurales. Para reubicación en interiores, deberá ser lo suficientemente compacto para manipularlo manualmente sin necesidad de equipo de carga, asegurando que sus sensores y componentes internos no sufran daños durante el transporte.	<b>W.C</b>
27/11/25	E	<b>Uso:</b> El dispositivo funcionará en el <b>río Cunas</b> y otras zonas rurales, soportando variaciones de temperatura y humedad. Deberá operar de forma silenciosa y mantener la precisión de las mediciones en dichas condiciones.	<b>J.K</b>
27/11/25	E	<b>Mantenimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Componentes mecánicos y eléctricos:</b> El dispositivo debe permitir acceso fácil para inspección y reemplazo de cables, conectores y estructura sin herramientas especiales.</li> <li>• <b>Componentes electrónicos:</b> Los sensores, pantalla y batería deben poder reemplazarse fácilmente en caso de falla, siguiendo un diseño modular.</li> <li>• <b>Calibración y software:</b> Debe permitir la calibración periódica de sensores y actualización del sistema a través de la interfaz o conexión directa.</li> </ul>	<b>Z.V</b>
	E	<b>Costos:</b> En cuanto a las horas de trabajo presentadas podemos estimar un costo de diseño. Estimando un costo por horario de diseño de S/. 50 distribuidas entre los integrantes del grupo por las 150 horas de trabajo, obteniendo S/. 7500 de costos de diseño. Los costos de materiales se estima que no pasará de los S/. 2000 para tener un equipo funcional y costos de venta accesible.	<b>D.B</b>

13/10/25	E	<b>Plazos:</b> El proyecto empezará el jueves 2 de septiembre y se espera su finalización el jueves 4 de diciembre con un total de 150 horas de trabajo.	J.K
----------	---	--	-----

(Batina & Šiljeg, 2025; Bresnahan et al., 2020; Custodio et al., 2021; «Data on the spatial and temporal variability of physical-chemical water quality indicators of the Cunas River, Peru», 2021; *Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM*, s. f.; Misman et al., 2023; Omer, 2019; Rangelcroft et al., 2023)

(Li, 2022; Zhou et al., 2012; Zhu, 2014)

## Normativas

*Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM*. (s. f.). Recuperado 21 de septiembre de 2025, de

<https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/3671-004-2017-minam>

*Decreto Supremo N.° 007-98-SA*. (s. f.). Recuperado 2 de octubre de 2025, de

<https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/256394-007-98-sa?>

*ISO - Standards*. (s. f.). ISO. Recuperado 2 de octubre de 2025, de <https://www.iso.org/standards.html>

*Federal Communications Commission | The United States of America*. (2025, septiembre 8).

<https://www.fcc.gov/>

*Ingress Protection (IP) ratings*. (s. f.). Recuperado 2 de octubre de 2025, de

<https://www.iec.ch/ip-ratings>

## Justificación del proyecto

Batina, A., & Šiljeg, A. (2025). Enhancing water quality monitoring in a coastal shallow lake using GIS and multi-criteria decision analysis. *Environmental and Sustainability Indicators*, 28, 100881.

<https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100881>

Bresnahan, P. J., Wirth, T., Martz, T., Shipley, K., Rowley, V., Anderson, C., & Grimm, T. (2020).

Equipping smart coasts with marine water quality IoT sensors. *Results in Engineering*, 5,

100087. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2019.100087>

Custodio, M., Peñaloza, R., Chanamé, F., Hinostroza-Martínez, J. L., & De la Cruz, H. (2021). Water quality dynamics of the Cunas River in rural and urban areas in the central region of Peru.

*Egyptian Journal of Aquatic Research*, 47(3), 253-259.

<https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.05.006>

Data on the spatial and temporal variability of physical-chemical water quality indicators of the Cunas River, Peru. (2021). *Chemical Data Collections*, 33, 100672.

<https://doi.org/10.1016/j.cdc.2021.100672>

Misman, N. A., Sharif, M. F., Chowdhury, A. J. K., & Azizan, N. H. (2023). Water pollution and the assessment of water quality parameters: A review. *Desalination and Water Treatment*, 294, 79-88. <https://doi.org/10.5004/dwt.2023.29433>

Omer, N. H. (2019). Water Quality Parameters. En *Water Quality—Science, Assessments and Policy*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89657>

Rangecroft, S., Dextre, R. M., Richter, I., Grados Bueno, C. V., Kelly, C., Turin, C., Fuentealba, B., Hernandez, M. C., Morera, S., Martin, J., Guy, A., & Clason, C. (2023). Unravelling and understanding local perceptions of water quality in the Santa basin, Peru. *Journal of Hydrology*, 625, 129949. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129949>

## Patentes

Zhou, M., Bryan, H., & Thomas, R. (2012). *Handheld water quality measuring instrument* (Patent No. CN102809637A).

Zhu, A. (2014). *Wireless water quality multi-parameter monitoring system* (Patent No. CN103969414A).

Li, C. (2022). *Handheld water quality measuring instrument* (Patent No. CN216791993U).