
Documento de Especificaciones y Requisitos de Producto [DEP] para el desarrollo de productos mecatrónicos

Proyecto: KiSS
Revisión 1.0



ABRIL DEL 2025

Instrucciones para el uso de este formato

Este formato es una plantilla tipo para documentos de requisitos de producto para su desarrollo.

Está basado y es conforme con el estándar IEEE Std 830-1998 y ha sido modificada para su uso en un ambiente de desarrollo mecatrónico simplificado.

El uso de este documento permite capturar la información relevante para desarrollar un producto o algunas de sus partes, sean electrónicas, mecánicas, de software y funcionales.

Las secciones que no se consideren aplicables al sistema descrito podrán de forma justificada indicarse como no aplicables (NA).

Notas:

Los textos en color azul son indicaciones que deben eliminarse y, en su caso, sustituirse por los contenidos descritos en cada apartado.

Los textos entre corchetes del tipo "[Inserte aquí el texto]" permiten la inclusión directa de texto con el color y estilo adecuado a la sección, al pulsar sobre ellos con el puntero del ratón.

Los títulos y subtítulos de cada apartado están definidos como estilos de MS Word, de forma que su numeración consecutiva se genera automáticamente según se trate de estilos "Titulo1, Titulo2 y Titulo3".

La sangría de los textos dentro de cada apartado se genera automáticamente al pulsar Intro al final de la línea de título. (Estilos Normal indentado1, Normal indentado 2 y Normal indentado 3).

El índice del documento es una tabla de contenido que MS Word actualiza tomando como criterio los títulos del documento.

Una vez terminada su redacción debe indicarse a Word que actualice todo su contenido para reflejar el contenido definitivo.

Ficha del documento

Fecha	Revisión	Autor	Verificado dep. calidad.
22/04/25	1	Ruben Elias Zabala De Los Santos	Ing. Néstor Andrés Martínez Castillo (Asesor)

Documentó validado por las partes en fecha: 23/04/2025

Por el cliente	Por la empresa suministradora
	Equipo de Desarrollo HIDROLIGHT
N/A	Rubén Elías Zabala De Los Santos, 2023-0076

Contenido

FICHA DEL DOCUMENTO.....	3
CONTENIDO.....	4
1 INTRODUCCIÓN.....	6
1.1 Propósito.....	6
1.2 Alcance.....	6
1.3 Personal involucrado.....	7
1.4 Definiciones, acrónimos y abreviaturas.....	7
1.5 Referencias.....	7
1.6 Resumen.....	8
2 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	8
2.1 Perspectiva del producto\.....	8
2.2 Funcionalidad del producto.....	8
2.3 Características de los usuarios.....	10
2.4 Restricciones.....	11
2.5 Suposiciones y dependencias.....	11
2.6 Evolución previsible del sistema.....	11
3 REQUISITOS ESPECÍFICOS.....	12
3.1 Requisitos comunes de las interfaces.....	13
3.1.1 Interfaces de usuario.....	14
3.1.2 Interfaces de hardware.....	14
3.1.3 Interfaces de software.....	14
3.1.4 Interfaces de comunicación.....	15
3.2 Requisitos funcionales.....	15
3.2.1 Requisito funcional 1: Generación de energía trifásica (RF 1).....	15
3.2.2 Requisito funcional 2: Conversión de AC a DC (RF 2).....	15
3.2.3 Requisito funcional 3: Regulación de voltaje (RF 3).....	16
3.2.4 Requisito funcional 4: Puertos USB funcionales (RF 4).....	16
3.3 Requisitos no funcionales.....	16
3.3.1 Requisitos de rendimiento.....	16
3.3.2 Seguridad.....	16
3.3.3 Fiabilidad.....	17



3.3.4	Disponibilidad	18
3.3.5	Mantenibilidad	18
3.3.6	Portabilidad	18
3.4	Otros requisitos.....	19
3.4.1	Requisitos legales	19
3.4.2	Requisitos culturales	19
3.4.3	Otros requisitos	19

1 Introducción

Este documento constituye la Especificación de Requisitos de Producto (DEP) para el sistema de generación de energía minihidráulica portátil denominado HIDROLIGHT.

El objetivo de esta DEP es definir de manera clara, completa y precisa todos los requisitos funcionales, no funcionales, técnicos y de interfaz para el diseño, desarrollo, prueba e implementación del sistema HIDROLIGHT. Este documento servirá como base para el trabajo futuro en el proyecto y como referencia para asegurar que el producto final cumpla con los objetivos establecidos en nuestra investigación de grado.

El producto descrito en esta DEP es HIDROLIGHT, un sistema autónomo y portátil diseñado para generar energía eléctrica a pequeña escala aprovechando la energía cinética y potencial de pequeños flujos de agua, como los encontrados en riachuelos, canales de drenaje o rigolas. El sistema utiliza una turbina tipo tornillo de Arquímedes acoplada a un generador eléctrico adaptado, junto con sistemas de rectificación y conversión de energía para proporcionar salidas utilizables.

El alcance principal de HIDROLIGHT es proporcionar servicios energéticos básicos, específicamente iluminación mediante luces LED de bajo consumo y carga de dispositivos electrónicos esenciales (teléfonos móviles, radios, GPS) a través de puertos USB estándar. Está destinado principalmente a comunidades rurales o remotas sin acceso a la red eléctrica convencional, así como a posibles aplicaciones en entornos urbanos con recursos hídricos aprovechables o en situaciones de emergencia.

1.1 Propósito

El propósito de este documento es especificar los requisitos del sistema de generación de energía minihidráulica portátil HIDROLIGHT, dirigido a quien lo van a instalar en las comunidades rurales sin acceso a la red eléctrica.

1.2 Alcance

HIDROLIGHT es un sistema portátil de generación de energía minihidráulica diseñado para proporcionar electricidad básica en comunidades rurales, zonas remotas o situaciones de emergencia. Utiliza una turbina tipo tornillo de Arquímedes conectada a un generador eléctrico, un rectificador trifásico y un convertidor DC-DC con salidas USB, permitiendo alimentar dispositivos de bajo consumo como luces LED o cargadores de teléfonos móviles. El dispositivo está concebido para ser modular, de fácil transporte e instalación, adaptable a distintos entornos acuáticos como riachuelos o canales de drenaje.

HIDROLIGHT es un prototipo funcional de generación portátil de energía hidroeléctrica, orientado a brindar soluciones sostenibles de electrificación descentralizada. El sistema fue evaluado técnica y económicamente y se comprobó su capacidad para ofrecer energía limpia en zonas sin conexión a la

red, alineándose así con principios de accesibilidad energética, bajo impacto ambiental y desarrollo sostenible.

1.3 Personal involucrado

Nombre	Rubén Elías Zabala De Los Santos
Rol	Desarrollador
Categoría profesional	Tecnólogo en energías Renovables
Responsabilidades	Diseño, Ensamblaje y pruebas
Información de contacto	rubenzabala26@gmail.com
Aprobación	Si

1.4 Definiciones, acrónimos y abreviaturas

- **AC (Corriente Alterna):** Tipo de corriente eléctrica en la que la dirección del flujo de electrones cambia periódicamente. Generada por el sistema HIDROLIGHT y luego rectificada.
- **CC (Corriente Continua):** Corriente eléctrica que fluye en una sola dirección. Es utilizada por dispositivos electrónicos como luces LED o cargadores USB.
- **HIDROLIGHT:** Nombre del producto desarrollado, un sistema de generación de energía minihidráulica portátil basado en el uso de un tornillo de Arquímedes.
- **LM2596:** Chip regulador de voltaje utilizado en el módulo DC-DC para reducir y estabilizar el voltaje a 5V.
- **Microturbina:** Turbina de pequeño tamaño utilizada para la generación de electricidad a partir del flujo de agua en pequeña escala.
- **Rectificador trifásico:** Componente que convierte la corriente alterna trifásica generada en corriente continua.
- **USB (Universal Serial Bus):** Estándar de conexión utilizado para cargar dispositivos electrónicos.

1.5 Referencias

Referencia	Título	Ruta	Fecha	Autor
Bibliografía 1	Minicentrales Hidroeléctricas - Idea	https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_2.1.7_Minicentrales_hidroelectricas_125f6cd9.pdf	20/04/2024	IDAE

Bibliografía 2	Turbinas hidráulicas, lo que debes saber - Epidor	https://epidor.com/blog/turbinas-hidraulicas/	No específica	Epidor
Bibliografía 3	El generador eléctrico	https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/generador-electrico	No específica	
Documento Base	El documento de tesis (HidroLIGHT.pdf)	Escribir al correo rubenzabala26@gmail.com	21/4/2025	, R. Zabala / ITLA

1.6 Resumen

Este documento contiene la especificación del producto HIDROLIGHT, un sistema portátil de generación de energía minihidráulica. Su objetivo es proporcionar servicios básicos de electricidad en comunidades rurales mediante el uso de un tornillo de Arquímedes como turbina, conectado a un generador adaptado, un rectificador trifásico y un regulador de voltaje DC-DC con salidas USB.

2 Descripción general

2.1 Perspectiva del producto\

HIDROLIGHT es un producto independiente, diseñado como un sistema autónomo de generación de energía eléctrica mediante una microturbina hidráulica portátil. No depende de una red eléctrica ni de otros sistemas de infraestructura energética para operar, lo que lo convierte en una solución descentralizada ideal para comunidades rurales o remotas.

Sin embargo, puede integrarse como parte de un sistema mayor de electrificación rural o de soluciones híbridas (combinando energía solar o eólica) para maximizar la cobertura energética.

2.2 Funcionalidad del producto

El sistema HIDROLIGHT debe cumplir con las siguientes funciones principales:

1. Captación y aprovechamiento del flujo de agua
Utiliza el caudal de ríos, riachuelos o canales para activar una turbina tipo tornillo de Arquímedes.
2. Generación de energía eléctrica
Convierte la energía mecánica del agua en energía eléctrica mediante un generador adaptado (motor AC usado como generador).

3. Rectificación de corriente

Transforma la corriente alterna trifásica generada en corriente continua mediante un rectificador de alto voltaje.

4. Regulación de voltaje

Usa un módulo DC-DC (LM2596) para estabilizar el voltaje a 5V, ideal para dispositivos electrónicos sensibles.

5. Provisión de energía útil

Permite la carga de dispositivos móviles vía puertos USB y alimentación de luces LED para uso doméstico, educativo o comunitario.

6. Portabilidad y fácil instalación

El sistema es modular y puede transportarse e instalarse sin necesidad de herramientas complejas o conocimientos técnicos avanzados.

7. Bajo mantenimiento

Está diseñado para funcionar con bajo requerimiento técnico, aunque puede necesitar limpieza periódica de sedimentos.

8. Adaptabilidad a distintos entornos

Funciona en diversas condiciones geográficas y climáticas, siempre que haya una fuente de agua disponible.

2.3 Características de los usuarios

Tipo de usuario	Habitantes de comunidades rurales, técnicos locales, organizaciones de ayuda humanitaria, estudiantes y personal de instituciones educativas.
Formación	La mayoría de los usuarios finales son personas con nivel educativo básico o medio. En algunos casos, pueden ser técnicos con formación técnica media o vocacional.
Habilidades	Habilidades prácticas básicas, como ensamblar piezas, limpiar componentes y seguir instrucciones visuales. Algunos técnicos locales pueden tener conocimientos en electricidad básica.
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Instalación del sistema en riachuelos o canales - Monitoreo del funcionamiento (flujo de agua, luces encendidas) - Carga de dispositivos móviles y uso de iluminación

	- Mantenimiento básico del sistema (limpieza de residuos, ajuste de conexiones)
--	---

2.4 Restricciones

- **Dependencia del entorno natural:** El sistema solo funciona si hay acceso a una fuente de agua con caudal constante. No es aplicable en zonas áridas.
- **Capacidad limitada de generación:** El sistema está diseñado para baja demanda energética (iluminación básica y carga de dispositivos electrónicos pequeños).
- **Limitaciones de infraestructura:** No se contempla la integración con redes eléctricas convencionales o instalaciones industriales.
- **Restricción técnica del generador:** El uso de un motor AC adaptado implica una eficiencia subóptima en comparación con generadores diseñados específicamente para ese fin.
- **Normas de seguridad eléctrica:** El diseño debe cumplir con normas mínimas de seguridad para evitar riesgos eléctricos en entornos comunitarios (uso de conectores seguros, protección contra sobrevoltajes).
- **Sin software asociado:** El sistema no depende de interfaces gráficas, sistemas operativos ni lenguajes de programación, lo que limita su automatización, pero simplifica su uso.

2.5 Suposiciones y dependencias

- **Disponibilidad de fuentes de agua:** Se asume que el sistema se instalará en lugares con acceso a cuerpos de agua de flujo constante (mínimo para mover la turbina).
- **Condiciones climáticas estables:** Se espera que no haya sequías prolongadas ni crecidas excesivas que puedan detener el funcionamiento del sistema o dañarlo.
- **Acceso a componentes básicos:** El correcto funcionamiento del sistema depende de la disponibilidad de componentes como baterías, rectificadores y convertidores LM2596 en el mercado local o vía importación.
- **Capacitación mínima de usuarios:** Se asume que los usuarios recibirán una breve capacitación sobre el uso e instalación del sistema para garantizar su correcta operación.
- **Uso en entornos no industriales:** Se presupone que el sistema no será sometido a sobrecargas ni exigencias fuera de su rango de diseño (por ejemplo, alimentar refrigeradores, herramientas eléctricas o equipos de bombeo).

2.6 Evolución previsible del sistema

El sistema HIDROLIGHT, en su versión actual, se concibe como una solución funcional básica para la generación portátil de energía minihidráulica. Sin

embargo, existen varias oportunidades de evolución futura que podrían ampliar su alcance y eficiencia:

- **Integración de almacenamiento de energía mejorado**, mediante baterías de litio de mayor capacidad y vida útil.
- **Incorporación de indicadores LED** para mostrar niveles de generación, voltaje o estado de carga de baterías.
- **Desarrollo de un sistema híbrido** que combine la energía minihidráulica con energía solar o eólica, aumentando la disponibilidad energética en condiciones climáticas variables.
- **Interfaz de usuario básica**, posiblemente por medio de una aplicación móvil o pantalla LCD integrada para mostrar el estado del sistema.
- **Diseño industrial mejorado** para facilitar el ensamblaje, aumentar la durabilidad y reducir los costos de producción.
- **Módulos intercambiables** que permitan escalar el sistema según la necesidad energética de cada comunidad.

3 Requisitos específicos

El sistema debe generar corriente alterna trifásica mediante una turbina tipo tornillo de Arquímedes acoplada a un generador adaptado (motor AC).

Número de requisito	RF1		
Nombre de requisito	Generación de energía AC		
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito	<input type="checkbox"/> Restricción	
Fuente del requisito	Tesis HIDROLIGHT		
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Baja/Opcional

El sistema debe incluir un rectificador trifásico para convertir la salida AC en DC utilizable para dispositivos electrónicos.

Número de requisito	RF2		
Nombre de requisito	Conversión de corriente		
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito	<input type="checkbox"/> Restricción	
Fuente del requisito	Tesis HIDROLIGHT		
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Baja/Opcional

sistema debe incorporar un módulo regulador DC-DC (LM2596) que proporcione salidas estables de 5V o 12V según sea necesario mediante puertos USB.

Número de requisito	RF3		
Nombre de requisito	Regulación de voltaje USB		
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito	<input type="checkbox"/> Restricción	
Fuente del requisito	Tesis HIDROLIGHT		

Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Opcional	Baja/
-------------------------	--	--	-----------------------------------	-------

sistema debe ser modular y liviano, permitiendo su traslado y ensamblaje por una o dos personas sin necesidad de maquinaria.

Número de requisito	RF4			
Nombre de requisito	Portabilidad estructural			
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción			
Fuente del requisito	Tesis HIDROLIGHT			
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Opcional	Baja/

3.1 Requisitos comunes de las interfaces

Entradas del Sistema:

1. Entrada Física Principal (Hardware):

- **Flujo de Agua:** La entrada fundamental es la energía cinética y potencial contenida en una corriente de agua (proveniente de un riachuelo, canal, desagüe, etc.). Las características de este flujo (caudal y velocidad) determinan directamente la cantidad de energía que podemos generar. El agua ingresa físicamente a la estructura de canalización del dispositivo.

2. Entradas de Software:

- No aplica. Nuestro sistema HIDROLIGHT, tal como no se incluye una interfaz de software que reciba comandos o datos del usuario o de otros sistemas. Es un dispositivo autónomo una vez instalado en la corriente de agua.

Salidas del Sistema:

1. Salida Eléctrica Principal (Hardware):

- **Energía Eléctrica DC Regulada (5V vía USB):** La salida más importante para el usuario final es la corriente continua (DC) regulada a 5 Voltios, disponible a través de **dos puertos USB estándar** integrados en el módulo convertidor DC-DC (LM2596). Esta salida está diseñada para la carga segura de dispositivos electrónicos de bajo consumo como teléfonos móviles, radios portátiles, GPS, linternas recargables, etc. La capacidad de corriente total especificada para el módulo usado es de hasta 3A.
- **Energía Eléctrica DC No Regulada (Opcional):** Existe una salida de corriente continua directamente después del puente rectificador,

antes del convertidor a 5V. El voltaje aquí es variable dependiendo del flujo de agua. Consideramos que esta salida podría usarse potencialmente para alimentar directamente luminarias LED que sean compatibles con dicho voltaje o mediante un regulador adicional. Nuestro objetivo base era alimentar 1-4 luminarias LED.

3.1.1 Interfaces de usuario

El sistema HIDROLIGHT no posee una interfaz gráfica compleja, pero sí requiere ciertos elementos físicos accesibles y visuales para facilitar su uso por personas con conocimientos técnicos limitados.

- Puertos USB visibles y etiquetados: Permiten conexión directa de dispositivos móviles o lámparas LED.
- Manual visual de operación: Guía gráfica impresa para instalación, mantenimiento y uso, empleando íconos entendibles por usuarios con bajo nivel de alfabetización técnica.
- Botón de encendido/apagado (opcional): Para versiones futuras con sistema de almacenamiento o regulación avanzada.

3.1.2 Interfaces de hardware

El sistema HIDROLIGHT cuenta con las siguientes interfaces de hardware:

- Entrada mecánica (eje): Conectada a la turbina tipo tornillo de Arquímedes, que convierte el flujo del agua en rotación.
- Salida de generador AC trifásico: Proporciona electricidad al rectificador.
- Entrada al módulo DC-DC: Conecta la salida rectificada al regulador de voltaje.
- Salidas USB: Interfaz de consumo final para carga de dispositivos.
- Cables eléctricos blindados: Usados para interconectar los módulos internos de generación, rectificación y regulación.
- Caja sellada y resistente al agua: Protege los componentes eléctricos.

3.1.3 Interfaces de software

El sistema HIDROLIGHT no requiere integración con software externo ni posee un componente de software embebido.

Estado futuro (evolución posible):

Producto software: Aplicación de monitoreo móvil (Android/iOS).

Propósito del interfaz: Monitoreo de generación de energía, estado de carga y rendimiento.

Definición del interfaz: Bluetooth de baja energía (BLE), usando protocolo JSON para transmisión de datos básicos (voltaje, flujo, potencia).

3.1.4 Interfaces de comunicación

No se utilizan interfaces de comunicación entre dispositivos externos.

Futuro previsto (versión avanzada):

Tipo: Comunicación inalámbrica local.

Protocolo sugerido: Bluetooth Low Energy (BLE) o Zigbee.

Propósito: Transmitir datos sobre producción energética a dispositivos móviles para monitoreo en tiempo real.

3.2 Requisitos funcionales

3.2.1 Requisito funcional 1: Generación de energía trifásica (RF 1)

- **Acción:** El sistema debe generar corriente alterna trifásica al activarse la turbina hidráulica.
- **Parámetro crítico:** Velocidad de rotación mínima para producir energía útil.
- **Respuestas anormales:** Si el caudal no es suficiente, el sistema no debe generar energía.
- **Salida esperada:** Voltaje AC trifásico (>10 V por fase bajo flujo mínimo estimado).
- **Validación:** Se utilizará un voltímetro trifásico.

3.2.2 Requisito funcional 2: Conversión de AC a DC (RF 2)

- **Acción:** Convertir energía trifásica AC a DC utilizando un puente rectificador de 1200 V / 50 A.
- **Parámetro:** Mantener salida dentro del rango de entrada del regulador (6 V–40 V DC).
- **Salida esperada:** Corriente continua con voltaje variable, estabilizable.
- **Error:** Si el voltaje AC cae demasiado, el módulo no podrá alimentar el regulador.

3.2.3 Requisito funcional 3: Regulación de voltaje (RF 3)

- **Acción:** Estabilizar el voltaje a 5 V exactos mediante el módulo LM2596.
- **Parámetro:** Entrada 6–40 V DC; salida 5 V DC ± 0.1 V.
- **Comprobación de entradas:** El módulo no operará si la entrada está fuera del rango especificado.
- **Salida esperada:** Voltaje de salida constante para carga de dispositivos USB.
- **Respuestas a errores:** Si hay sobrevoltaje, se apaga automáticamente para evitar daños.

3.2.4 Requisito funcional 4: Puertos USB funcionales (RF 4)

- **Acción:** Permitir la carga de dispositivos móviles.
- **Parámetro:** Cada puerto debe entregar hasta 3 A a 5 V DC.
- **Validación:** Prueba con carga real (teléfono móvil o multímetro USB).
- **Errores:** En caso de sobrecarga o cortocircuito, el puerto debe apagarse para protección.

3.3 Requisitos no funcionales

3.3.1 Requisitos de rendimiento

- **Capacidad de carga simultánea:** Hasta 2 dispositivos móviles por módulo.
- **Tolerancia térmica:** El sistema debe operar en temperaturas de 10 °C a 45 °C sin fallo.
- **Eficiencia de conversión:** Mínimo 75% desde el generador hasta la salida USB.
- **Autonomía energética:** Mientras haya flujo constante, el sistema debe operar de forma continua 24/7.
- **Resistencia estructural:** El sistema debe soportar caídas de hasta 0.5 m sin afectar su funcionalidad.

3.3.2 Seguridad

Dado que HIDROLIGHT es un sistema de generación de energía físico y no un software, los requisitos de seguridad se enfocan en la operación segura y la protección de los dispositivos conectados, más que en la protección contra sabotaje de software o accesos maliciosos a datos.

- **Protección de Dispositivos:** Integramos un módulo convertidor DC-DC (LM2596) que regula la salida a 5V estables. Esto es crucial para proteger los aparatos electrónicos sensibles (teléfonos, radios) que los usuarios

conecten a los puertos USB contra fluctuaciones de voltaje que podrían dañarlos.

- **Seguridad Operacional y Comunitaria:** Aunque no es una característica intrínseca del *dispositivo*, un beneficio importante de nuestro proyecto es la mejora de la seguridad en las comunidades al proporcionar iluminación nocturna.
- **Aspectos no Aplicables:** No empleamos técnicas criptográficas ni mantenemos "logs" de actividad, ya que no hay software ni datos sensibles que proteger en ese sentido. Las funcionalidades están asignadas a módulos físicos (turbina, generador, rectificador, convertidor). No hay restricciones de comunicación entre módulos de software, sino conexiones eléctricas físicas. No realizamos comprobaciones de integridad de información crítica de software.

3.3.3 Fiabilidad

En el desarrollo de nuestro proyecto HIDROLIGHT, la fiabilidad fue un factor clave que abordamos mediante el diseño, la selección de materiales y la evaluación del prototipo. Buscamos asegurar que el sistema opere de manera consistente y duradera en las condiciones previstas.

Sin embargo, en cuanto a la especificación de la fiabilidad en términos cuantitativos como:

- **Tiempo entre los incidentes permisibles (ej. Tiempo Medio Entre Fallos - MTBF):** No establecimos ni medimos una métrica específica de tiempo medio entre fallos para el sistema completo o sus componentes dentro del alcance de esta tesis.
- **Total de incidentes permisibles:** Tampoco definimos un número máximo de incidentes o fallos permitidos durante un período específico.

Nuestra evaluación de la fiabilidad se centró más en aspectos cualitativos y de diseño:

- **Robustez del Diseño y Materiales:** Nos aseguramos de usar materiales resistentes (PVC, metal galvanizado) y un diseño estructural sólido para soportar el uso continuo en contacto con el agua.
- **Pruebas Funcionales:** Las pruebas realizadas buscaron validar el funcionamiento correcto y estable de los componentes bajo condiciones simuladas.
- **Selección de Componentes:** Elegimos componentes como el rectificador y el convertidor DC-DC con capacidades adecuadas para la operación esperada

3.3.4 Disponibilidad

La disponibilidad de HIDROLIGHT está intrínsecamente ligada a la disponibilidad del recurso hídrico.

- **Operación Continua:** Una de las ventajas clave frente a la energía solar o eólica es que nuestro sistema puede generar energía de forma continua, las 24 horas del día, siempre que el flujo de agua sea suficiente.
- **Dependencia del Entorno:** La disponibilidad se ve afectada directamente por factores ambientales como sequías o variaciones estacionales del caudal, lo cual es una limitación inherente al sistema.
- **Objetivo:** Buscamos maximizar la disponibilidad diseñando el sistema para operar eficientemente incluso con caudales relativamente bajos y asegurando la robustez de los componentes. No hemos establecido un objetivo de disponibilidad porcentual específico (ej. 99% del tiempo), ya que depende en gran medida de factores externos.

3.3.5 Mantenibilidad

Diseñamos HIDROLIGHT pensando en que su mantenimiento sea lo más sencillo y económico posible.

- **Tipo de Mantenimiento:** Se requiere mantenimiento preventivo básico. Principalmente consiste en la limpieza periódica de la entrada de agua para remover hojas, sedimentos u otros residuos que puedan obstruir el flujo o afectar la turbina. También incluye inspección visual de componentes y conexiones, y lubricación ocasional de rodamientos. Eventualmente, podría requerirse el reemplazo de componentes desgastados (como los rodamientos) tras un tiempo prolongado de uso.
- **Responsable del Mantenimiento:** El mantenimiento básico (limpieza, inspección) está diseñado para ser realizado por los propios usuarios tras recibir una capacitación sencilla. Para tareas más complejas (reemplazo de partes), prevemos un modelo donde técnicos locales capacitados o la organización implementadora puedan dar soporte.
- **Frecuencia:** La frecuencia de la limpieza dependerá de las condiciones específicas del sitio (cantidad de residuos en el agua). No hemos establecido frecuencias fijas obligatorias (como generación de estadísticas semanales/mensuales, que no aplica a nuestro sistema)

3.3.6 Portabilidad

La portabilidad es un pilar fundamental de nuestro diseño.

- **Diseño Específico:** HIDROLIGHT fue concebido desde el inicio como un sistema de **energía hidráulica portátil**.

- **Facilidad de Movilidad:** Sus dimensiones (1m x 20.5cm x 10.5cm) y peso están optimizados para que **dos personas puedan transportarlo e instalarlo** sin dificultad y sin necesidad de maquinaria. El diseño modular también contribuye a esto.
- **Adaptabilidad:** Puede instalarse en una amplia variedad de entornos con pequeños flujos de agua, tanto rurales como urbanos (riachuelos, canales, desagües, rigolas).

3.4 Otros requisitos

3.4.1 Requisitos legales

- **Derechos de Agua:** Dependiendo de la ubicación (rural, urbana, propiedad privada o pública), podría ser necesario investigar y cumplir con las regulaciones locales sobre el uso de cuerpos de agua, incluso para caudales pequeños.
- **Normativas Ambientales:** Aunque nuestro diseño busca un impacto mínimo, la instalación en ciertos ecosistemas podría estar sujeta a normativas ambientales locales o nacionales.

3.4.2 Requisitos culturales

- **Aceptación Comunitaria:** Nuestro enfoque incluye evaluar la percepción y aceptación de los usuarios en comunidades rurales y urbanas. La colaboración con líderes comunitarios es clave para la adopción.
- **Capacitación Adaptada:** La capacitación que proponemos para la instalación, operación y mantenimiento debe ser culturalmente apropiada, utilizando un lenguaje claro y métodos prácticos adaptados a los usuarios finales.
- **Impacto Social:** Diseñamos el proyecto con el objetivo explícito de mejorar la calidad de vida (estudio, actividades sociales, seguridad) y fomentar la conectividad y la autosuficiencia, aspectos que interactúan directamente con la dinámica social y cultural.

3.4.3 Otros requisitos

- **Sostenibilidad Ambiental:** Más allá del bajo impacto inherente, un requisito es minimizar activamente la alteración de ecosistemas. La elección del tornillo de Arquímedes se alinea con esto, ya que permite el paso de fauna acuática. Fomentar la educación sobre energías renovables es también parte de este requisito.
- **Empoderamiento Comunitario:** Un requisito fundamental no técnico es que el proyecto sirva para empoderar a las comunidades, no solo proporcionando energía, sino también fomentando la apropiación local de la tecnología y el desarrollo de capacidades básicas de mantenimiento.
- **Viabilidad Económica (Accesibilidad):** Un requisito clave desde el inicio fue lograr un costo de materiales y operación bajo para que la solución

sea accesible a comunidades con recursos limitados y organizaciones de ayuda.