

Desarrollo de un prototipo de barco de rescate controlado mediante teleoperación para emergencias marítimas.



Johan Vasquez

José Ricardo Andrade

Universidad Autónoma de occidente

Faculta de Ingeniería

Santiago de Cali

2025

Tabla de contenido

	Pág.
1. Título	...1
2. Participantes	...2
2.1 Estudiantes	...2
2.2 Director Académico del Proyecto	...2
3. Modalidad	...3
4. Planteamiento del Problema	...4
5. Justificación	...5
6. Objetivos	...6
6.1 Objetivo General	...6
6.2 Objetivo Específico	...6
7. Metodología	...7
7.1 Etapas del Proyecto	...7
7.1.1 Etapa 1	...7
7.1.2 Etapa 2	...7
7.1.3 Etapa 3	...7
7.1.4 Etapa 4	...7
7.1.5 Etapa 5	...7
8. Presupuesto	...8

1. Título

Desarrollo de un prototipo de barco de rescate controlado mediante teleoperación para emergencias marítimas.

2. Participantes

2.1 Estudiantes

Documento presentado por Johan Vásquez, José Ricardo Andrade con códigos 2175621 , respectivamente de Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería Eléctrica

2.2 DIRECTOR ACADÉMICO DEL PROYECTO DEL CURSO

El director académico del proyecto es el doctor Javier Ferney Castillo García, profesor de la facultad de ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente.

3. Modalidad

Proyecto del curso de Robótica para aplicar los conocimientos adquiridos en el desarrollo de este y llevarlos a resolver un problema de manera práctica.

4. Planteamiento del Problema

A lo largo de los últimos años las rutas marítimas han aumentado significativamente con la transportación de diferentes tipos de mercancía, el cual ha generado mucho incidentes en mar abierto el cual esto dificulta el rescate de las personas cuando se presentan las accidentes en alta mar el cual en muchas ocasiones los barcos de rescate tardan mucho en accionar los planes de primeros auxilios para la tripulación que está dentro, con esto se han perdido muchas vidas a lo largo de los últimos años ya que los barcos no cuentan con las adaptaciones necesarias para pasar incendios o derrames de aceites, el cual hace que las personas que tienen un mayor grado de complejidad para salir de las embarcaciones no puedan contar con la ayuda suficiente para ser rescatadas y así generar un riesgo mayor para salvar a las personas y controlar las llamas, en los últimos años diferentes industrias como son los chinos y alemanes han realizado diseños de barcos de rescate totalmente cerrados, pero se han presentado fallas en sus diseños a la hora de llevar personas en cantidad por la tripulación que debe tener para manejar dicha embarcación, el cual se ha buscado una idea o propuestas a los puertos donde puedan contar con una embarcación de rescate totalmente manejable a control remoto y con varias cámaras y sensores para ser guiada en ruta a las accidentes que se presentan en mitad del océano el cual esto ayudó más al manejo de los primeros auxilios que necesiten las personas que estén atrapadas, con dicha embarcación se busca reducir los altos porcentajes de muertes en alta mar por las accidentes presentadas y así dar un paso hacia el futuro innovando con embarcaciones totalmente manejadas a control remoto y así actuar en las diferentes etapas climáticas que se presenten en el momento dicha emergencia, con esto se buscaría aumentar la seguridad en las tripulaciones que viajan a diario de un país a otro y así poder tener un digno paso por alta mar mientras se dirigen a su destino y poder reducir el golpe en el medio ambiente cuando una embarcación derrama aceite o se hunde al fondo del mar.

Pregunta de investigación: ¿Hasta qué punto la implementación de embarcaciones de rescate marítimo manejadas a control remoto, equipadas con cámaras y sensores, mejora la eficiencia en los tiempos de respuesta y reduce la tasa de mortalidad en accidentes en alta mar, en comparación con los barcos de rescate convencionales con tripulación humana?

5. Justificación

El desarrollo de este prototipo busca generar un impacto significativo en la industria aeronáutica y marítima, al integrar tecnologías avanzadas de rescate en alta mar mediante una embarcación corta viento cerrada y controlada de forma remota. Este diseño está orientado a incrementar la seguridad, eficiencia y capacidad operativa durante misiones de rescate en condiciones extremas, tales como tormentas, incendios en embarcaciones o derrames de hidrocarburos.

A diferencia de los sistemas convencionales, este modelo propone una estructura cerrada aerodinámica, que reduce la resistencia al viento y mejora la estabilidad en oleajes fuertes, garantizando un desplazamiento más eficiente y seguro. La forma corta viento, inspirada en las nuevas generaciones de rescue crafts autónomos (como los desarrollados por Damen, Noras Rescue y Havyard), permite mantener el control incluso ante ráfagas superiores a 70 nudos, ofreciendo un comportamiento hidrodinámico predecible y confiable.

El prototipo incorpora tecnología de control remoto y sistemas de visión de 360°, lo cual permite que los operadores realicen maniobras precisas desde una estación segura, evitando riesgos humanos directos. Esta capacidad es esencial en operaciones donde el entorno representa una amenaza inmediata para el personal, como incendios en buques o zonas contaminadas por vertimientos de petróleo. Además, la integración de cámaras térmicas, sensores LIDAR y radar de proximidad permite un monitoreo continuo de la situación y la detección oportuna de personas u objetos flotantes.

La cabina cerrada hermética, fabricada con materiales compuestos ligeros (fibra de carbono o aluminio marino 5083), ofrece aislamiento térmico y protección contra humo, llamas o gases tóxicos. Esta característica, combinada con un sistema de ventilación controlada y filtración de aire, incrementa la seguridad de los ocupantes o rescatistas a bordo.

Desde una perspectiva de diseño mecatrónico, el sistema implementa propulsión eléctrica híbrida, lo que reduce emisiones y ruido, mejorando la capacidad de comunicación en operaciones de rescate. Los módulos de batería y control son fácilmente intercambiables, alineándose con criterios de modularidad y mantenibilidad presentes en las tendencias actuales de la ingeniería naval moderna.

En términos de impacto industrial, este prototipo busca complementar las operaciones aéreas de rescate utilizadas por helicópteros, ofreciendo una plataforma de apoyo marítimo que pueda operar de manera coordinada con aeronaves, drones o estaciones costeras. De esta forma, se amplía la cobertura de respuesta ante emergencias marítimas, integrando tecnologías de la aeronáutica, la robótica y la ingeniería naval en una sola solución.

6. Estado del Arte

La literatura sobre embarcaciones de rescate en el mar se divide en dos grandes líneas: soluciones convencionales reguladas por SOLAS/LSA (botes de rescate y fast rescue boats —FRB—, incluidas variantes totalmente cerradas), y plataformas emergentes no tripuladas (USV) y sistemas de percepción para detección y apoyo al rescate (visión térmica/RGB, fusión sensorial, UAV-USV colaborativos).

En la primera línea, la Convención SOLAS y el Código LSA definen requerimientos de diseño, desempeño y mantenimiento para botes de rescate, FRB y botes totalmente cerrados: flotabilidad inherente, compartimentación, capacidad de maniobra y resistencia al fuego, así como criterios de velocidad (≥ 20 nudos por ≥ 4 h en agua calma para FRB) y envolventes estancas para totally enclosed lifeboats. Estas exigencias se complementan con enmiendas recientes que endurecen la inspección y mantenimiento para reducir accidentes en botes durante drills.

Además de SOLAS, normativas nacionales como 46 CFR 160.156 (EE. UU.) detallan criterios de diseño, ergonomía (operabilidad con traje de inmersión) y performance; guías técnicas europeas puntualizan aspectos como el uso de motores fuera de borda y el almacenamiento seguro de combustible en botes de rescate.

En la segunda, los USV de rescate han madurado desde dispositivos teledirigidos (p.ej., EMILY) usados operacionalmente en crisis humanitarias, hasta plataformas con navegación asistida por

UAV y algoritmos de evasión de colisiones compatibles con COLREGs. Reportes de campo y prensa técnica documentan rescates reales con EMILY; trabajos académicos analizan navegación visual UAV a USV y revisiones recientes sintetizan el estado de los USV operativos. A nivel de percepción, hay evidencia sólida a favor de fusión RGB-térmico (LWIR) para detección de personas en superficie marina y tracking multiblanco, y surgen propuestas con LiDAR+térmico y datos sintéticos para robustecer modelos.

Brecha identificada: aunque existen botes cerrados certificados y USV para aproximación/arrastre, es limitada la literatura que integre en una sola plataforma: cabina cerrada para protección del rescatado, percepción multimodal a bordo, autonomía COLREG-aware y mecanismos seguros de izado/traslado con validación bajo oleaje, viento y spray real, manteniendo conformidad regulatoria (SOLAS/LSA) y procesos de mantenimiento seguros.

Marco teórico:

- SOLAS (Safety of Life at Sea): Convenio internacional de la OMI que fija los requisitos mínimos de seguridad marítima, incluyendo diseño de embarcaciones, equipos de rescate y protocolos de emergencia.
- Código LSA (Life-Saving Appliances): Conjunto de normas técnicas que regulan la construcción, desempeño y mantenimiento de dispositivos de salvamento, como botes de rescate y chalecos salvavidas.
- COLREGs: Reglamento internacional que establece reglas de navegación para evitar colisiones en el mar, esencial para sistemas autónomos que deben respetar trayectorias de seguridad.
- USV (Unmanned Surface Vehicle): Vehículo acuático superficial no tripulado, que puede ser teledirigido o autónomo, usado en misiones de rescate, monitoreo ambiental o defensa.
- ROV (Remotely Operated Vehicle): Vehículo submarino operado por control remoto, común en exploración y rescate en aguas profundas, útil como referencia en el diseño de control y sensado.
- UAV (Unmanned Aerial Vehicle): Dron aéreo empleado en apoyo de operaciones SAR, capaz de ampliar la cobertura visual y guiar a los vehículos de rescate en superficie.
- SAR (Search and Rescue): Conjunto de operaciones destinadas a localizar y asistir a personas en peligro en el mar, reguladas por normativas internacionales y apoyadas en nuevas tecnologías.
- Arquitectura naval: Rama de la ingeniería que estudia el diseño estructural de embarcaciones, considerando flotabilidad, estabilidad, resistencia y eficiencia hidrodinámica.
- Centro de carena: Punto geométrico donde actúa la fuerza de empuje de flotación; su correcta ubicación determina la estabilidad transversal del barco.
- Francobordo: Distancia vertical entre la cubierta y la línea de flotación; mayor francobordo implica más seguridad contra entrada de agua en condiciones adversas.
- Sensores RGB: Cámaras de luz visible que permiten detectar objetos y personas en entornos acuáticos, aunque limitadas por condiciones de luz.
- Cámara térmica (LWIR): Sensor infrarrojo que detecta diferencias de temperatura, útil para localizar personas en el agua en condiciones de oscuridad o niebla.
- LiDAR: Sistema láser que mide distancias generando mapas tridimensionales del entorno, empleado para navegación autónoma y detección de obstáculos.

- IMU (Inertial Measurement Unit): Dispositivo que integra acelerómetros y giroscopios para estimar posición, orientación y movimientos dinámicos de la embarcación.
 - GNSS/GPS: Conjunto de satélites que permite posicionamiento y navegación con alta precisión, indispensable para guiar la embarcación en operaciones de rescate.
 - Telemetría: Técnica que permite transmitir en tiempo real datos del barco (posición, velocidad, estado de sistemas) a una estación base para su supervisión.
 - Control PID: Algoritmo de control clásico usado en sistemas dinámicos; ajusta la dirección y velocidad del barco compensando errores entre posición deseada y real.
 - Fusión sensorial: Integración de datos de diferentes sensores (RGB, térmico, LiDAR) para mejorar la precisión de la percepción y reducir errores de detección.
 - Gemelo digital: Representación virtual del barco que simula su comportamiento real, permitiendo probar diseños y predecir fallas sin necesidad de arriesgar el prototipo físico.
 - Fiabilidad: Probabilidad de que un sistema funcione correctamente bajo condiciones definidas durante un tiempo determinado, clave en sistemas de rescate.
 - Mantenibilidad: Facilidad con la que un sistema puede ser reparado o ajustado, asegurando disponibilidad operativa en contextos críticos como rescates.
 - Motores brushless: Motores eléctricos sin escobillas de alta eficiencia y durabilidad, muy usados en vehículos RC por su bajo mantenimiento y buena potencia.
 - Baterías Li-Po: Fuente de energía ligera con alta densidad energética; proporcionan autonomía suficiente en prototipos, aunque requieren cuidados por su sensibilidad.
 - HMI (Human Machine Interface): Interfaz que conecta al operador con el sistema de control del barco, debe ser intuitiva para evitar errores en situaciones de emergencia.
- Definición de términos clave:
- SOLAS: Convención Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar; fija mínimos de construcción, equipos y operación.
 - Código LSA: Código de Dispositivos de Salvamento; especifica requisitos técnicos para botes de rescate, FRB y botes totalmente cerrados.
 - Bote de rescate totalmente cerrado: embarcación con envolvente rígida y estanca que protege a ocupantes del ambiente marino.
 - FRB (Fast Rescue Boat): bote rápido para recuperación de personas; ≥ 20 nudos por ≥ 4 h en calma, 6–8.5 m de eslora típica.
 - USV (Unmanned Surface Vehicle): embarcación superficial sin tripulación, teleoperada o autónoma, utilizada en SAR y otras misiones.
 - COLREGs: Reglamento Internacional para Prevenir Abordajes; referencia para algoritmos de evasión de colisiones en USV.

Antecedentes del tema: Históricamente, la transición de botes abiertos a botes totalmente cerrados buscó reducir exposición a olas, fuego y condiciones extremas; SOLAS/LSA consolidó estos requerimientos y, tras incidentes en drills, la OMI reforzó en 2006–2020 las obligaciones de mantenimiento e inspección para minimizar accidentes con artes de lanzamiento y release gear. Paralelamente, desde 2015 se demuestra en campo el uso de USV de rescate (EMILY) en operaciones reales, abriendo paso a arquitecturas híbridas UAV-USV.

Teorías y modelos relacionados:

- Arquitectura naval y estabilidad/maniobrabilidad: dimensionamiento y centro de carena, relación eslora–manga, francobordo, y potencia instalada para cumplir velocidad/alcance (FRB/RESC).
- Fiabilidad y mantenibilidad (RAM) de LSA: planes de inspección y pruebas periódicas conforme enmiendas SOLAS 2020.
- Percepción multimodal para SAR: modelos de fusión RGB–LWIR y LiDAR+térmico mejoran recall/precision en detección humana en entornos marinos con brillo solar, salpicaduras y fondos de bajo contraste.
- Autonomía y evitación de colisiones conforme COLREGs: enfoques como Dynamic Window Approach (DWA) adaptado a mar (viento/oleaje) para trayectorias seguras.
- Sistemas multi-robot (UAV–USV): navegación visual cooperativa donde el UAV proporciona situational awareness y tracking térmico, guiando al USV hacia múltiples víctimas (mass-casualty SAR).

Estudios previos:

La regulación y diseño de botes de rescate cerrados y Fast Rescue Boats (FRB) está ampliamente documentada en los lineamientos de la Organización Marítima Internacional (IMO), el Convenio SOLAS y el Código LSA, además de regulaciones complementarias como las del CFR. Estos marcos normativos establecen criterios de flotabilidad, estabilidad, potencia y operación, además de la necesidad de contar con cascos cerrados que protejan al personal rescatado en condiciones adversas. Aunque dichos estándares se orientan a embarcaciones de tamaño real, constituyen una base conceptual útil para la definición de requisitos técnicos en prototipos a escala, como el planteado en este microproyecto.

En el ámbito de casos operativos, destaca el USV de rescate EMILY, utilizado por la Guardia Costera en Grecia y en otros contextos humanitarios. Su implementación ha demostrado la viabilidad de reducir significativamente el tiempo de respuesta y el riesgo al personal de rescate. Este tipo de experiencias evidencian que incluso en formatos teledirigidos es posible mejorar la eficiencia en operaciones de Search and Rescue (SAR).

A nivel investigativo, se han propuesto esquemas de cooperación UAV–USV para operaciones de rescate masivo, como el marco desarrollado por Xiao et al., en el que un dron aéreo guía a un vehículo de superficie hacia múltiples objetivos mediante visión asistida. Por otro lado, diversas revisiones sobre USV recopilan tendencias en autonomía, comunicaciones y percepción, lo que resulta útil como referente tecnológico para evaluar el estado del arte y las posibilidades de miniaturización en plataformas a escala reducida.

En cuanto a la evitación de colisiones, estudios recientes plantean el uso de algoritmos como el Dynamic Window Approach (DWA) adaptados a las regulaciones COLREG y considerando efectos de viento y oleaje, lo que refuerza la necesidad de incorporar lógicas de seguridad incluso en prototipos pequeños. Finalmente, en materia de percepción, múltiples investigaciones demuestran el potencial de la fusión de cámaras RGB con sensores térmicos (LWIR) y de técnicas de tracking basadas en UAV, lo que incrementa la detección de personas en entornos marítimos.

Más recientemente, se han explorado configuraciones que incluyen LiDAR+térmico y el uso de datasets sintéticos para robustecer la capacidad de detección.

Análisis crítico:

- Fortalezas del estado actual:
 - Marco regulatorio claro para botes de rescate y botes cerrados facilita requisitos verificables (flotabilidad, envolvente, velocidad).
 - Evidencia operativa de USV teledirigidos reduce el riesgo para rescatistas en ambientes hostiles.
 - Percepción multimodal (RGB+LWIR) y cooperación UAV–USV muestran mejoras significativas en recall bajo variabilidad ambiental.
- Limitaciones:
 - Gran parte de los USV carecen de integración certificable con SOLAS/LSA cuando el objetivo es embarcar personas (no solo remolcar/arrastrar).
 - Muchos estudios de visión para SAR se validan en escenarios controlados o con datasets limitados; persisten desafíos en brillo espectral, oleaje alto y lluvia.
 - Pocas publicaciones describen mecanismos de transferencia/izaje del rescatado a bordo en un casco cerrado compacto manteniendo estabilidad y human factors (accesos, camillas, ergonomía con EPP).

Oportunidad para el microproyecto: diseñar un bote de rescate de cabina cerrada piloto asistido (teleoperado/autónomo con DWA–COLREG) y un módulo seguro de recuperación (rampa lateral/jersey net/roller + sujeción), respaldado por pruebas documentadas contra requisitos SOLAS/LSA aplicables a la función de rescate.

Conclusiones:

La revisión sugiere que el diseño de un bote de rescate cerrado que proteja al rescatado y a la tripulación es coherente con la evolución regulatoria SOLAS/LSA y con las tendencias tecnológicas en SAR (USV, sensado térmico/RGB, colaboración UAV–USV). Sin embargo, persiste una brecha en sistemas integrados que combinan cabina cerrada, percepción robusta, autonomía conforme a COLREGs y mecanismos de recuperación a bordo, con validación en mar real y trazabilidad regulatoria. Tu proyecto puede aportar un diseño de referencia y un protocolo de pruebas que conecte métricas de misión (tiempo de localización, tiempo de recuperación, seguridad del rescatado) con los requisitos normativos y de ingeniería de control modernos

7. Objetivos

7.1 Objetivo General

Desarrollar un prototipo de barco cerrado de rescate no tripulado, innovador y seguro, que integre sistemas de navegación y censado para optimizar la protección de las personas en accidentes marítimos y mejorar la eficacia de las operaciones de salvamento en alta mar.

7.2 Objetivo Específico

- Diseñar la estructura cerrada del barco de rescate mediante el uso de materiales resistentes y mecanismos de seguridad que garanticen la protección de las personas en entornos marítimos adversos.
- Implementar sistemas de navegación y sensado multimodal (GPS, cámaras y sensores de proximidad) que permitan la detección, localización y guiado eficiente en escenarios de emergencia.
- Desarrollar un sistema de control remoto con comunicación inalámbrica que asegure la maniobrabilidad del prototipo en distintas condiciones operativas y facilite su supervisión a distancia.
- Validar experimentalmente el desempeño del prototipo mediante pruebas en entornos controlados y simulaciones de mar abierto, evaluando variables como estabilidad, velocidad, capacidad de carga y tiempo de respuesta.
- Analizar los resultados obtenidos con técnicas estadísticas y comparativas para contrastarlos con estándares de seguridad marítima y referencias del estado del arte, identificando fortalezas, limitaciones y oportunidades de mejora.

8. Metodología

Tipo de investigación: Debido a que el proyecto está enfocado en el diseño de un barco cerrado de rescate se plantea una metodología de investigación principalmente experimental probando en diferentes entornos acuáticos un prototipo funcional con distintos cambios llevando a una mezcla con formas cuantitativas de investigación evaluando una forma más adecuada para el objetivo de un rescate seguro y optimizado adecuadamente. De este modo el objetivo no es netamente generar conocimiento sino llegar a aplicarlo a un entorno real llevando distintas teorías de innovación previamente investigadas y adaptadas a un diseño físico, tangible y optimizado; considerando este tipo de investigación también aplicada y parcialmente exploratoria, ya que integra un diseño con pruebas prácticas y escenarios controlados.

Población y muestra: Debido al planteamiento del objetivo como barco RC de rescate, la evaluación de la población de referencia se delimitó a los botes radiocontrolados RC con cabina cerrada equipados con distintos sensores que permiten su navegación remota no tripulada en la

tarea de rescate, usando como muestra las investigaciones funcionales del desarrollo de este tipo diseños que durante la fase prototipo se utilizaron medidas menores a 1m para posteriormente realizar construcciones a mayor escala en el prototipo final y etapas posteriores.

Técnicas de recolección de datos: Experimentos en entornos controlados acuáticos que permitan delimitar fallos de diseño, mejoras posibles y optimización de distintas características buscando adecuar de forma sistemática la estabilidad, capacidad y maniobrabilidad del barco para las distintas tareas que realizará en el entorno acuático así como implementar distintas mejoras progresivas para ello. Junto a ello evaluar cuantitativamente su desempeño en tareas en altamar y entornos acuáticos para una evaluación más precisa. Cada prueba experimental se realizará bajo las mismas condiciones iniciales: punto de salida fijo, verificación de motor apagado antes del inicio, señal de arranque única y tiempo máximo de prueba establecido; adicionalmente, todas las pruebas deberán repetirse al menos tres veces para garantizar resultados consistentes.

Uso de bitácoras de versiones, actualizaciones y fallos encontrados en las experimentaciones realizadas para garantizar el continuo progreso del prototipo buscando complementar los problemas presentados a futuro con el histórico de cambios hechos.

Encuestas a personal experimentado en el entorno acuático y marítimo para la recolección de experiencias con distintos dispositivos, vehículos no tripulados buscando tener una base de problemas en este tipo de entornos que pueden ayudar a la mejora del prototipo. Ya sea a personas expertas en el tema o usuarios de dispositivos y vehículos relacionados.

Instrumentos de recolección de datos: Dispositivos de medición de capacidades precisas tales como cronómetros, multímetros, básculas, entre otros que permitan la estimación precisa de sus características físicas que se requieren en las distintas evaluaciones y pruebas a realizar. Con el fin de asegurar mediciones confiables, los cronómetros se calibrarán mediante patrones de tiempo certificados, los multímetros serán contrastados con fuentes de voltaje y corriente de referencia, y las básculas se comprobarán con pesos patrón de calibración.

Checklists de homologación que permiten inspeccionar las distintas características físicas y técnicas del barco de rescate para garantizar que sus características físicas son adecuadas para los distintos objetivos planteados al inicio de la investigación permitiendo la verificación del cumplimiento de las dimensiones planteadas, pesos, sistemas de alimentación, operatividad, y otros requisitos de seguridad buscando mantener un cumplimiento de los estándares mínimos de confiabilidad y seguridad requeridos, junto a los estándares de homologación del mismo planteados en distintos lineamientos a evaluar. Los ítems obligatorios en estas listas incluirán: dimensiones máximas de 40 cm x 25 cm sin restricción de altura, uso exclusivo de baterías como fuente de energía, instalación de un interruptor ON/OFF visible y accesible, capacidad de detener el motor por completo, empleo exclusivo de hélices acuáticas y comprobación de que el bote pueda completar el recorrido bajo radiocontrol sin asistencia externa. Estos criterios serán revisados en cada prueba como condición para validar los resultados.

Bitácoras digitales, registros fotográficos y repositorios de cambios que permitan un fácil acceso al histórico de versiones del diseño.

Cuestionarios estructurados y registro de con grabadora de audio de distintas respuestas obtenidas que pueden retroalimentar la creación del diseño.

Procedimiento de recolección de datos: Los experimentos se llevarán a cabo en lugares controlados tales como piscinas semi olímpicas y entornos acuáticos de fácil acceso, previamente a cualquier inicio se evaluarán mediante las checklist el cumplimiento de los requisitos reglamentados junto a las condiciones iniciales en cada fase de experimentación permitiendo llevar el registro de lo evaluado en cada prueba y posteriormente, evaluar sus capacidades tanto cualitativamente mediante el comportamiento en su movimiento, como cuantitativamente con las distintas herramientas de medición directa como cronómetros y demás, que permitan añadir al registro sus capacidades de maniobrabilidad. Los experimentos se repetirán varias veces buscando fallos repetitivos para descartar cualquier imprevisto por casos aislados junto a la exportación de múltiples datos cruciales para la evaluación de cada experimento realizado. Para estandarizar este proceso, se establecerá un protocolo que contemple la repetición mínima de tres ensayos por condición de prueba, la documentación de las variables ambientales presentes (temperatura, oleaje, viento) y la definición de criterios de éxito o fallo en cada ejecución, considerando como éxito el cumplimiento de las dimensiones y sistemas exigidos, la finalización del recorrido bajo radiocontrol dentro del tiempo establecido y la estabilidad del prototipo durante la prueba, mientras que se considerará fallo la pérdida de control, la necesidad de asistencia externa, el incumplimiento de las medidas reglamentadas o la incapacidad de detener el motor mediante el interruptor ON/OFF.

Del mismo modo se usarán las checklists para la extensión de información precisa dentro del contenido de bitácoras de cada experimento declarando fallos ocurridos, capacidades alcanzadas, acciones correctivas aplicadas, evidencias fotográficas y deterioros observados en cada fase de experimentación manteniendo una trazabilidad de cambios detectando patrones de fallos junto a mejoras progresivas obtenidas. La gestión de los datos recolectados seguirá un protocolo definido: se registrarán en bitácoras digitales organizadas por fecha, tipo de prueba y versión del prototipo; se respaldarán en repositorios fotográficos y se categorizarán en tablas de análisis diferenciando datos cuantitativos (tiempos, cargas, distancias) de cualitativos (fallos, observaciones, desempeño).

Análisis de datos: Mediante los datos obtenidos en las fases de experimentación y la documentación realizada según la misma, se realizará una comparativa con las encuestas, versiones anteriores del barco, reglamentaciones y otros datos relevantes para posteriormente realizar el planteamiento de las soluciones a problemas presentados desde los incumplimientos de reglamentación hasta errores y fallos vistos en la experimentación buscando así proponer nuevas hipótesis de solución que permitan regresar a la fase de experimentación para aplicar nuevas evaluaciones, análisis y recolección de datos buscando llegar a conclusiones sólidas en cada apartado de mejora durante todo el proceso de diseño del barco cerrado de rescate hasta llegar a un modelo que permita una solución adecuada a los objetivos planteados inicialmente. Para lograr un análisis riguroso, los datos cuantitativos se evaluarán mediante promedios y desviaciones que permitan comparar el desempeño entre pruebas y versiones del prototipo. Los datos cualitativos se organizarán por categorías, integrando la información de encuestas, observaciones y bitácoras para identificar patrones de fallos, mejoras percibidas y adecuaciones de diseño que orienten los ajustes en las siguientes fases.

Consideraciones éticas: Privacidad y confidencialidad: Toda información recolectada a través de encuestas y otros medios que involucren experiencias serán tratados de manera confidencial, evitando la divulgación de datos personales y permitiendo el anonimato en la colaboración del proyecto. Al mismo tiempo para el uso de esta información se realizará un consentimiento del uso de la misma.

Los resultados, observaciones y bitácoras se mantendrán registrados sin alteraciones permitiendo un registro válido del mismo modo que se mantiene veraz y sin alteraciones. Al mismo tiempo se mantendrá un archivo organizado para el compromiso de una trazabilidad adecuada.

Finalmente se respetarán los lineamientos reglamentados y de seguridad para un proyecto no dañino para las personas y el entorno en el que se usa, buscando así mantener un diseño no agresivo contra el medioambiente y el usuario.

Limitaciones de la investigación: Se considera la utilización del único prototipo de barco de rescate RC, que facilita el contraste de los resultados entre las diferentes configuraciones con las que se trabaja, pero reduce la posibilidad de generalizar hacia otros barcos. El análisis comparativo queda limitado a las distintas configuraciones del único prototipo de referencia, así que no se dispondrá de una muestra amplia de barcos. También las pruebas se llevarán a cabo fundamentalmente en entornos controlados, como piscina semiolímpica o piscina de pruebas, que si bien favorecen la evaluación de la estabilidad y la maniobrabilidad, no reproducen con total fiabilidad las condiciones del ámbito marítimo abierto. Factores externos como las ráfagas de viento, el oleaje o las interferencias electromagnéticas pueden influir en los resultados, no siempre controlables. Otra de las limitaciones importantes hace referencia a la validez de los instrumentos de medición, ya que los sensores de telemetría, los cronómetros y demás recursos que se utilizan presentan márgenes de error, lo que puede incidir en la precisión de los datos. Igualmente, la información cualitativa que se recoge a partir de entrevistas y encuestas podría estar influenciada por sesgos en las respuestas de las personas que participan. Para reducir estos sesgos, se documentarán los criterios de selección de componentes y configuraciones, se aplicarán controles sistemáticos en cada fase experimental (condiciones iniciales estandarizadas, repetición mínima de pruebas, verificación de instrumentos) y se realizarán pruebas comparativas entre diferentes configuraciones del prototipo siempre que sea posible, fortaleciendo así la fiabilidad de los resultados y la validez global del proyecto.

8.1. Etapas del Proyecto

Para realizar este proyecto de manera satisfactoria, se plantea una secuencia lógica que se realizará durante 12 semanas.

8.1.1 Etapa 1

Investigación y análisis preliminar

Durante la primera semana, se realizará una revisión bibliográfica y tecnológica enfocada en sistemas de control de estabilidad para embarcaciones, analizando diferentes soluciones

empleadas en barcos modernos, tales como estabilizadores activos, quillas retráctiles y sistemas giroscópicos de compensación. Como resultado, se establecerán los requerimientos técnicos y operativos del sistema de control de estabilidad para el prototipo de barco de rescate corta viento desarrollado en la Universidad Autónoma de Occidente

Figura1.

Robot Móvil



(Laboratorio de Análoga UAO)

8.1.2 Etapa 2

Diseño y Desarrollo del sistema de control de estabilidad

Se desarrollará un diseño inicial del sistema de control de estabilidad mediante un modelo matemático que represente la dinámica del barco en diferentes condiciones de navegación, considerando los grados de libertad del sistema (balanceo, cabeceo y guiñada). En este diseño se tendrán en cuenta las características físicas de la embarcación, tales como la masa total, momento de inercia, centro de gravedad y distribución de cargas. Asimismo, se incorporarán las fuerzas y momentos externos que actúan sobre el barco, como la gravedad, la sustentación hidrodinámica, la resistencia del agua, la fricción y las fuerzas de propulsión.

Paralelamente, se diseñará un controlador adecuado para mantener la estabilidad dinámica, el cual podría implementarse bajo una estrategia PID, adaptativa o de control robusto, ajustando los parámetros necesarios para garantizar un rendimiento óptimo en diferentes condiciones marítimas, tales como oleaje irregular, corrientes laterales o maniobras de rescate.

8.1.3 Etapa 3

Integración del sistema de control de estabilidad al movimiento del robot

Implementar el sistema de control de estabilidad en el software de control del Robot, puede ser ROS, teniendo en cuenta las interfaces de Harvis y Gazebo con el fin de observar y simular el sistema, posterior a ello integrar los diferentes sensores y actuadores al sistema y el Robot. Realizar pruebas para verificar el correcto funcionamiento del sistema de control de estabilidad en diferentes condiciones de operación.

8.1.4 Etapa 4

Validación del sistema

Verificación del montaje del sistema de control de estabilidad mediante evaluaciones de rendimiento en un entorno simulado y uno real con el fin de evaluar la capacidad del robot para mantener su posición en diferentes tipos de terreno, medir la precisión, velocidad y eficiencia en las tareas del robot con los diferentes tipos de desplazamiento, detectar y corregir los posibles errores del sistema.

8.1.5 Etapa 5

Documentación y entrega final

Elaboración del manual de usuario, documentando de manera detallada el funcionamiento del sistema, incluyendo instrucciones de uso y mantenimiento, así como tipo de control utilizado. Analizar los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto y las pruebas realizadas al sistema de control de estabilidad, de igual manera concluir sobre la eficacia, cumplimiento y limitaciones del sistema. Redacción del informe final detallado donde abarca todo el proceso de desarrollo, desde la fase de idea, investigación, hasta la implementación, pruebas y resultados obtenidos. Finalmente se prepara la presentación y comunicación de resultados con el equipo de trabajo, personal involucrado en el desarrollo del proyecto del curso

9. Presupuesto

Para llevar a cabo este proyecto de robótica, se debe tener presente unos ítems monetarios que serán necesarios para realizar un correcto desarrollo de las actividades y obtener resultados para culminar de manera correcta y satisfactoria el proyecto del curso:

- Honorarios asesorías: Con el fin de ser orientados y aclarar dudas que puedan surgir mediante el desarrollo del proyecto, es necesario tener un acompañamiento de una hora semanal con el profesor de Robótica.
- Herramientas de consulta y escritorio: Valor de los computadores ya existentes pertenecientes a los participantes del proyecto de robótica
- Transporte: Debido a que varios participantes viven en una zona retirada de la Universidad Autónoma de Occidente, se debe incurrir en gastos de desplazamiento para lograr dentro de los espacios universitarios llevar a cabo el desarrollo del proyecto

- Software: Ya que se pretende realizar el diseño de un sistema, se debe tener presente modelados CAD, así como uso del software ROS y sus diferentes extensiones como Hrvís y Gazebo.
- Materiales y equipos: Filamento, 2 motores Brushless, Baterías, ESP32, Interruptor, 2ECC, 2 hélices,

Selección de componentes

Motores:

La elección del sistema de propulsión es un aspecto crítico en el desempeño de la embarcación, ya que determina la potencia, la eficiencia energética y la maniobrabilidad en escenarios de rescate. Para seleccionar el motor más adecuado se establecieron criterios de evaluación ponderados (potencia, eficiencia, durabilidad, disponibilidad y costo), asignando un peso porcentual a cada uno en función de su relevancia para el proyecto.

En la tabla se comparan diferentes alternativas (motor DC brushed, motor brushless 2200KV y motor brushless 1400KV), calificadas en una escala de 0 a 5. El resultado ponderado muestra que el motor brushless de 1400KV ofrece el mejor equilibrio entre rendimiento, eficiencia y costo, superando a las demás opciones.

1	2	3	4	5
Especificación	Ponderación	Motor DC brushed	Motor Brushless 2200KV	Motor Brushless 1400KV (seleccionado)
Potencia	30%	2	5	4
Eficiencia energética	25%	2	4	5
Durabilidad	20%	2	4	5
Disponibilidad	15%	5	4	4
Costo	10%	5	3	4
100%	100%	2,85	4,15	4,45

Baterías:

La autonomía y la estabilidad energética de la embarcación dependen directamente de la batería seleccionada, por lo que este componente se evaluó de forma comparativa entre diferentes tecnologías: NiMH 7.2V 3000mAh, Li-Ion 3S 2600mAh y Li-Po 3S 2200mAh.

Se definieron criterios de evaluación con ponderaciones específicas: densidad energética, peso, seguridad, disponibilidad y costo. Cada batería fue calificada en una escala de 0 a 5 de acuerdo con su desempeño en cada aspecto.

En la tabla se observa que la batería Li-Po 3S 2200mAh obtiene el puntaje más alto, destacándose por su alta densidad energética y bajo peso, características críticas en un prototipo a escala donde la relación potencia-peso es determinante. Aunque implica mayores

cuidados en seguridad, ofrece la mejor relación entre autonomía y rendimiento, justificando su elección frente a las demás opciones.

Casco:

1	2	3	4	5
Especificación	Ponderación	NiMH 7.2V 3000mAh	Li-Ion 3S 2600mAh	Li-Po 3S 2200mAh
Densidad energética	30%	2	3	5
Peso	25%	2	4	5
Seguridad	20%	5	4	3
Disponibilidad	15%	5	4	4
Costo	10%	4	3	4
100%	100%	3,25	3,55	4,45

La estructura del casco constituye la base física del prototipo, ya que asegura la flotabilidad, la resistencia mecánica y la protección de los componentes internos frente al agua. Para su selección se compararon tres alternativas: plástico ABS, fibra de vidrio y PLA impreso en 3D con recubrimiento.

Los criterios de evaluación definidos fueron: resistencia mecánica, peso, facilidad de fabricación, impermeabilidad y costo. Cada opción fue calificada en una escala de 0 a 5, asignando ponderaciones de acuerdo con su importancia en el desempeño del prototipo.

En la tabla se evidencia que el PLA 3D con recubrimiento obtuvo el mejor puntaje global, destacando por su ligereza, facilidad de manufactura mediante impresión 3D y versatilidad para modificaciones rápidas en el diseño. Aunque la fibra de vidrio presenta mayor resistencia, su complejidad de fabricación y costos hacen menos viable su uso en la etapa de prototipado.

1	2	3	4	5
Especificación	Ponderación	Plástico ABS	Fibra de vidrio	PLA 3D + recubrimiento
Resistencia mecánica	30%	3	5	4
Peso	20%	4	4	5
Facilidad de fabricación	20%	4	3	5
Impermeabilidad	20%	3	5	4
Costo	10%	5	3	4
100%	100%	3,8	4,1	4,4

Sensado:

La capacidad de percibir el entorno es fundamental en un barco de rescate no tripulado, ya que permite la detección de obstáculos, la navegación segura y la evaluación de escenarios de emergencia. Para definir la tecnología de sensado más adecuada, se compararon distintas alternativas: cámara RGB, cámara térmica (LWIR), LiDAR, ultrasonido y radar.

Se establecieron criterios de evaluación con ponderaciones: nivel de detalle, costo, operación en tiempo real, alcance, robustez frente a condiciones climáticas y facilidad de integración. Cada opción fue calificada en una escala de 0 a 5.

En la tabla se observa que la cámara RGB obtiene la puntuación más alta, debido a su capacidad de ofrecer alta resolución visual en tiempo real, bajo costo relativo y facilidad de integración con el sistema de procesamiento. Aunque sensores como LiDAR o radar ofrecen mayor alcance y robustez, sus altos costos y complejidad técnica los hacen menos viables en la etapa de prototipado

1	2	3	4	5	6	7
Especificación	Ponderación	Cámara RGB (seleccionada)	Cámara térmica (LWIR)	LiDAR	Ultrasonido	Radar
Detalle / resolución	25%	5	3	5	1	2
Costo	15%	4	3	2	5	3
Tiempo real	20%	5	4	4	3	4
Alcance	10%	3	3	5	2	5
Robustez climática	15%	2	4	3	5	5
Facilidad de integración	15%	4	3	3	4	3
Total (0-5)	100%	4,35	3,45	3,65	3,10	3,65

- Impermeabilización

La protección de los componentes electrónicos frente al agua es un aspecto crítico en el diseño de un barco de rescate no tripulado. Una falla en la impermeabilización comprometería la funcionalidad completa del prototipo, por lo que se evaluaron tres opciones principales: resina epóxica, silicona marina y recubrimiento acrílico.

Los criterios de evaluación definidos fueron: resistencia al agua, durabilidad, peso adicional, disponibilidad y costo. Cada alternativa fue calificada en una escala de 0 a 5, aplicando ponderaciones de acuerdo con la importancia de cada criterio para garantizar la fiabilidad del sistema.

En la Tabla X se observa que el recubrimiento acrílico obtuvo un puntaje competitivo, destacando por su ligereza, facilidad de aplicación y buen desempeño en pruebas de impermeabilidad. Aunque la resina epóxica ofrece mayor resistencia, incrementa el peso del casco y dificulta modificaciones posteriores. La silicona marina es altamente accesible, pero menos uniforme en aplicaciones a gran escala

1	2	3	4	5
Especificación	Ponderación	Resina epólica	Silicona marina	Recubrimiento acrílico
Resistencia al agua	30%	5	4	4
Durabilidad	25%	5	4	4
Peso adicional	15%	3	4	5
Disponibilidad	15%	4	5	4
Costo	15%	3	5	4
100%	100%	4,1	4,45	4,35

Presupuesto

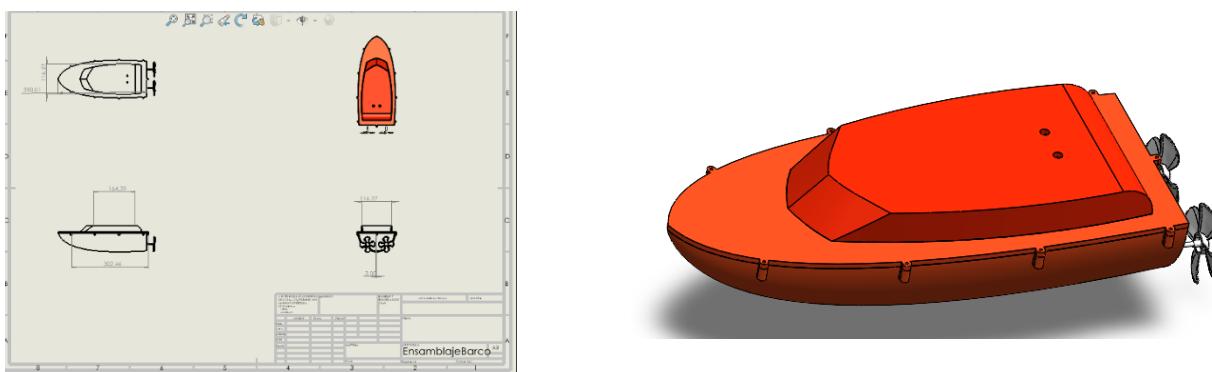
Concepto	UAO		Fuente Externa	
	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie
1.Personal ▪ Estudiante ▪ Profesor	por parte de los estudiantes del proyecto			
2.Viáticos	-\$200.000	-	-	-
4.Materiales			610.000	1 kg dePLA 3 Motor Brushless Arduino Uno 4 Aspas de motor Silicona impermeable Modulo cargador baterias 4 Baterías lipo Cámaras
5.Equipos Impresora 3d			impresora propia(\$1000.000)	
6.Imprevistos 10% del total			80.000	
TOTAL	\$2000.000		790.000	

10. Cronograma

No.	ACTIVIDADES	ESTADO	SEMANAS											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Revisión de textos y tecnología existentes en la UAO	PENDIENTE												
	Consultar expertos y usuarios de robot híbridos en el													
2	Laboratorio de Robótica de la UAO	PENDIENTE												
3	Generación de ideas acorde al desarrollo de la solución	PENDIENTE												
4	Modelado y simulación de diferentes propuestas	PENDIENTE												
5	Selección de sensores, actuadores e instrumentación	PENDIENTE												
	Diseño de controlador para el sistema de estabilidad que cumpla con los parámetros necesarios de rendimiento en los diferentes terrenos	PENDIENTE												
6	Implementar el sistema de control de estabilidad en el software ROS	PENDIENTE												
	Realizar pruebas para verificar el correcto funcionamiento del sistema de control de estabilidad en diferentes condiciones de operación, intercambiando los diferentes sensores y actuadores del sistema	PENDIENTE												
8	Verificación del montaje del sistema de control de estabilidad, simulando un entorno y otro real para evaluar la capacidad del robot	PENDIENTE												
9	Detectar y corregir los posibles errores del sistema de control de estabilidad para robot híbrido	PENDIENTE												
10	Elaboración manual de usuario	PENDIENTE												
11	Analisis de resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto	PENDIENTE												
12	Presentación y sustentación final del proyecto del curso	SIN PROGRAMAR												

Modelo CAD

El modelado en SolidWorks permitió una visualización detallada y realista del proyecto. Esto facilita la identificación de posibles problemas o áreas de mejora, lo que a su vez contribuye a minimizar los riesgos y costos asociados con cambios de diseño durante etapas de finalización del Proyecto. Además, que el diseño modelado se usó para imprimirlo en una impresora 3D para realizar el montaje del robot y conectar entre si todas las partes que lo conformaran.



(Modelado 3D,Vistas Isométricas -Barco de Rescate)

Resultados

El modelo se fabrica con el propósito de validar el correcto funcionamiento del sistema de control y navegación del barco de rescate, considerando los distintos desplazamientos y condiciones que puedan presentarse durante la operación. Se realizan pruebas experimentales para verificar que el sistema de control de estabilidad mantenga la embarcación estable, maniobrable y segura en todo momento, garantizando una navegación suave y confiable incluso bajo condiciones marítimas adversas.



REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y NO FUNCIONALES

Tabla de contenidos

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1. Requerimientos Funcionales | 1 |
| 2. Requerimientos No funcionales | |
| 2 | |

1. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

 Universidad AUTÓNOMA de Occidente	Universidad Autónoma de Occidente	Rev.: <u>000</u>
Title: FUNCTIONAL REQUIREMENTS	Document: ERF-001	Page: 1 de 1

Ref #	Functions	Category
1.	Locomoción suave:	
1.1	El barco debe poder cambiar de modo de locomoción suave y controlada, en el cambio de los motores para garantizar la estabilidad durante la transición.	

2.	Control de estabilidad dinámica:	
2.1	El sistema de estabilidad debe controlar el centro de gravedad del barco para mantenerlo en posición vertical, con los motores darla la dirección y estabilidad	
3	Giros y movimientos:	
3.1	debe estar equipado con un sistema de puesta en marcha que permita el control diferencial de los motores para lograr movimientos longitudinales (adelante y atrás) y rotacionales (giros en ambos sentidos). Esto implica la implementación de algoritmos de control que ajusten independientemente la velocidad de las hélices en cada lado del barco para generar movimientos lineales y angulares precisos.	
4	Tele operación (control remoto):	
4.1	El sistema de control del barco permitirá la operación remota del robot móvil mediante un control remoto . El operador utilizará el control para enviar comandos de movimiento al robot, permitiendo un control intuitivo y preciso de sus acciones.	
5	Eficiencia energética:	
5.1	Se requiere que el barco opere de manera eficiente desde el punto de vista energético para maximizar su tiempo de operación.	
6	Navegación y maniobra en entornos complejos	
6.1	El barco debe navegar y maniobrar de manera efectiva en entornos complejos, como mareas altas , obstáculos y condiciones cambiantes, utilizando sensores y sistemas de control autónomo para mantener la estabilidad y eficiencia.	
7	Control del centro de gravedad para estabilidad	
7.1	Se requiere que el sistema de control de estabilidad del robot móvil garantice el centro de gravedad para mantener el equilibrio mientras se desplaza en el agua . Es esencial que evite que el barco se vuelque o pierda estabilidad durante la locomoción.	

1. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

 Universidad AUTÓNOMA de Occidente	Universidad Autónoma de Occidente	Rev.: 000
Title: NON-FUNCTIONAL REQUIREMENTS	Document: ERF-001	Page: 1 of 1

Ref #	Description	Category
1.	Software	
1.1	Arduino IDE 2.3.2	
1.3	Ros2 Humble	
2.	Hardware	
2.1	Motores Brushles	
2.3	Arduino UNO	
2.5	Hélices	
2.6	Batería 18650 12v 2200mah	
2.9	Control Remoto y Receptor	

Manuel de Usuario

Tabla de contenidos

1	Introducción	pág. ...1
1.1	Objetivo	...1
1.2	Requerimientos	...2
2	Desarrollo en ROS 2	...3
2.1	Conexión con el Barco	...4
2.2	Uso del aplicativo	...5
2.3	Precauciones	...6
3	Mas información	...7

1. Introducción

El presente manual tiene como finalidad dar a conocer al usuario los detalles y las funcionalidades del robot híbrido, este pretende ser una guía para el correcto uso de dicho robot, Este manual guiará al usuario a través de los siguientes pasos:

1. Preparación del Entorno de Trabajo:

- Configuración del hardware y software necesarios, incluyendo un ordenador con sistema operativo Linux y de ROS2.

2. Diseño del Sistema de Control de Estabilidad:

- Creación de un modelo matemático que represente la dinámica del robot, teniendo en cuenta sus grados de libertad, características físicas (masa, inercia, distribución de masa), y las fuerzas y momentos que actúan sobre él (gravedad, fricción, fuerza de empuje).

3. Implementación del Controlador:

- Diseño e implementación de un controlador adecuado (PID, adaptativo u otro) para mantener la estabilidad del robot en diferentes terrenos.
- Ajuste de los parámetros del controlador para optimizar el rendimiento en diversas condiciones operativas

4. Integración de Sensores y Actuadores:

- Conexión y configuración de los sensores y actuadores del robot dentro del sistema ROS2.
- Verificación de la comunicación y funcionalidad de estos dispositivos

5. Simulación y Pruebas:

- Uso de Gazebo para simular el comportamiento del robot y validar el sistema de control en un entorno virtual.
- Realización de pruebas en diferentes condiciones de operación para evaluar la precisión, velocidad y eficiencia del robot en su tarea de mantener la estabilidad.

6. Verificación en Entornos Reales:

- Evaluación del rendimiento del sistema de control de estabilidad en entornos reales.
- Identificación y corrección de posibles errores para asegurar el correcto funcionamiento del robot en diversas situaciones.

7. Mantenimiento y Actualización:

- Procedimientos para mantener y actualizar tanto el software como el hardware del robot.

Este manual está diseñado para ayudar al usuario a comprender y aplicar cada uno de estos pasos de manera efectiva, asegurando el correcto desarrollo y operación del sistema de control de estabilidad del robot.

Objetivo:

El objetivo de este manual es proporcionar al usuario las instrucciones necesarias para configurar, implementar y verificar el sistema de control y estabilidad del barco de rescate no tripulado, garantizando su correcto funcionamiento durante las operaciones de navegación y teleoperación en entornos marítimos.

2. Requerimientos.

Requerimientos de Hardware

1. Ordenador Portátil o de Escritorio:

- El usuario debe disponer de un ordenador portátil o un equipo de escritorio.
- El equipo debe contar con un sistema operativo Linux (Ubuntu 20.04 LTS o superior recomendado).

2. Capacidad de Procesamiento:

- Procesador de al menos 4 núcleos.
- Memoria RAM mínima de 8 GB (16 GB recomendada).
- Almacenamiento disponible de al menos 50 GB.

3. Interfaces y Conectividad:

- Puertos USB para conectar sensores y actuadores.
- Conexión a internet para descargar y actualizar software.

Requerimientos de Software

4. Sistema Operativo:

- Distribución de Linux compatible, preferiblemente Ubuntu 20.04 LTS o superior.

5. Middleware de Robótica:

- ROS2 (Robot Operating System 2) instalado y configurado correctamente.

6. Simulación y Desarrollo:

- Gazebo instalado para la simulación del robot.

- Herramientas de desarrollo integradas (IDE), como Visual Studio Code o PyCharm, con plugins de ROS2.

7. Librerías y Dependencias:

- Todas las librerías y dependencias necesarias para ROS2 y Gazebo deben estar instaladas.

Conocimientos y Habilidades

8. Programación:

n:

- Conocimientos básicos de programación en Python y/o C++.
- Familiaridad con el entorno de desarrollo integrado (IDE) utilizado.

9. ROS2:

- Comprensión básica de los conceptos y herramientas de ROS2.
- Experiencia en la creación y manejo de nodos, temas, servicios y acciones en ROS2.

10. Simulación:

- Habilidad para utilizar Gazebo para la simulación de robots.
- Conocimientos en la integración de modelos y plugins en Gazebo.

Procedimientos de Configuración

11. Instalación de ROS2:

- Instrucciones detalladas para la instalación y configuración de ROS2.
- Verificación de la correcta instalación mediante la ejecución de nodos de prueba.

12. Configuración de Gazebo:

- Guía para instalar Gazebo y configurar un entorno de simulación.
- Instrucciones para integrar modelos de robots y sensores en Gazebo.

Requerimientos Operativos

13. Integración de Sensores y Actuadores:

- Procedimientos para la conexión y configuración de sensores y actuadores con el sistema ROS2.
- Verificación de la comunicación y funcionalidad de los dispositivos integrados.

14. Control de Estabilidad:

- Implementación del controlador de estabilidad (PID, adaptativo u otro).
- Ajuste de parámetros del controlador para diferentes terrenos y condiciones operativas.

15. Pruebas y Verificación:

- Instrucciones para realizar pruebas de funcionalidad en entornos simulados y reales.
- Evaluación del rendimiento del sistema de control de estabilidad en diversos tipos de terreno.
- Métodos para medir precisión, velocidad y eficiencia del robot.

16. Detección y Corrección de Errores:

- Procedimientos para identificar y corregir posibles errores en el sistema.
- Guía para el mantenimiento y actualización del software y hardware del robot.

18. Soporte Técnico:

- Información de contacto para recibir soporte técnico y resolver dudas.
- Recursos adicionales como foros, comunidades y documentación en línea Principio del formulario

3. Desarrollo en ROS2

3.1 Conexión con el robot

Para establecer una conexión adecuada entre el sistema y el robot en un entorno Linux (Ubuntu), sigue estos pasos:

Preparación del entorno

Instalación de ROS2:

- Asegurarse de tener ROS2 Humble instalado en el ordenador. Para Ubuntu 20.04, siguiendo estos comandos

```
sudo apt update && sudo apt install -y software-properties-common  
sudo add-apt-repository universe  
sudo apt update && sudo apt install -y curl gnupg2 lsb-release  
sudo curl -sSL https://raw.githubusercontent.com/ros/rosdistro/master/ros.asc | gpg --dearmor | sudo apt-key add -  
sudo sh -c "echo \"deb [arch=amd64,arm64] http://packages.ros.org/ros2/ubuntu ${lsb_release -cs} main\" > /etc/apt/sources.list.d/ros2-latest.list"  
sudo apt update  
sudo apt install -y ros-humble-desktop  
source /opt/ros/humble/setup.bash
```

- Configura el entorno de ROS2 añadiendo las siguientes líneas al final del archivo

```
source /opt/ros/humble/setup.bash
```

Instalación de dependencias: Instalar las herramientas adicionales necesarias:

```
sudo apt install -y python3-colcon-common-extensions  
sudo apt install -y ros-humble-gazebo-ros-pkgs
```

Configuración de ROS2 para el Robot

Creación del Espacio de Trabajo: Crea y configura un espacio de trabajo para ROS2

```
mkdir -p ~/ros2_ws/src  
cd ~/ros2_ws  
colcon build
```

Configuración de Nodos

- Crear nodos para la comunicación con el robot. Un nodo para recibir comandos de movimiento:

```
python                                Copiar cōd

# src/movimiento_robot.py
import rclpy
from rclpy.node import Node
from geometry_msgs.msg import Twist

class MovimientoRobot(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('movimiento_robot')
        self.publisher_ = self.create_publisher(Twist, 'cmd_vel', 10)
        timer_period = 0.5
        self.timer = self.create_timer(timer_period, self.timer_callback)

    def timer_callback(self):
        msg = Twist()
        msg.linear.x = 1.0
        msg.angular.z = 0.5
        self.publisher_.publish(msg)
```

Construcción y Ejecución:

```
def main(args=None):
    rclpy.init(args=args)
    nodo_movimiento_robot = MovimientoRobot()
    rclpy.spin(nodo_movimiento_robot)
    nodo_movimiento_robot.destroy_node()
    rclpy.shutdown()

if __name__ == '__main__':
    main()
```

- Compila y ejecuta los nodos:

```
colcon build
source install/setup.bash
ros2 run nombre_del_paquete movimiento_robot
```

2.2 Uso del aplicativo

El uso del aplicativo implica la interacción del usuario con el sistema ROS2 para controlar el robot. Aquí se detallan los pasos principales

Iniciar el Sistema

Lanzar ROS2: Inicia ROS2 y lanza los nodos necesarios

```
source ~/ros2_ws/install/setup.bash  
ros2 launch paquete_lanzamiento archivo_lanzamiento.launch.py
```

Control del Movimiento

Enviar Comandos: Utiliza un nodo de tele operación para enviar comandos al robot:

```
ros2 run teleop_twist_keyboard teleop_twist_keyboard
```

Monitoreo del Sistema

Visualización de Datos: Usar rqt para monitorear los datos en tiempo real

```
rqt
```

Revisión de Estados: revisa el estado de los nodos, tópicos y servicios

```
ros2 node list  
ros2 topic list  
ros2 service list
```

2.1 Precauciones

Al trabajar con robots, es fundamental tomar ciertas precauciones para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema:

Seguridad Física

Entorno Seguro:

- Asegúrate de que el área de operación del robot esté libre de obstáculos y personas para evitar accidentes.

Límites de Movimiento:

- Implementa límites en la velocidad y aceleración del robot para prevenir movimientos bruscos y daños.

Seguridad del Sistema

Monitoreo Constante:

- Monitorea continuamente el estado de la conexión y la batería del robot.

Detección de Errores:

- Implementa mecanismos de detección y notificación de errores. Asegúrate de que el sistema pueda detener el robot en caso de emergencia.

Mantenimiento y Actualizaciones

Actualización Regular:

- Mantén el software y firmware del robot actualizados para garantizar la compatibilidad y seguridad.

Revisión Periódica:

- Realiza revisiones periódicas del hardware y los sensores para asegurar su correcto funcionamiento.

Pruebas en Entornos Controlados

Simulación Antes de Implementar:

- Usa simuladores como Gazebo para probar los cambios y nuevas implementaciones antes de aplicarlas en el entorno real.

Validación de Controladores:

- Valida los controladores (PID, adaptativo u otro) en diversas condiciones para asegurar la estabilidad y eficiencia del robot.

Siguiendo estas directrices, podrás desarrollar, conectar y utilizar eficazmente el robot con ROS2 Humble, asegurando al mismo tiempo un entorno de trabajo seguro y controlado.

4 más información

Nombre	Correo Electrónico
Johan Vásquez	Johan.vasquez@uao.edu.co

Pruebas de integración

Tabla de contenidos

1	Prueba de Integración de Locomoción	...1
2	Prueba de Integración de Adaptabilidad y Eficiencia Energética	...2
3	Prueba de Integración de Control de Estabilidad Estática y Dinámica	...3
4	Prueba de Integración de Teleoperación (teclado)	...4

Requerimientos

1. Hardware requerido:

- Ordenador portátil o de escritorio con sistema operativo Linux o Robot equipado con Hélices
- Conexiones y cables necesarios para los sensores y actuadores.
- Arduino UNO
- Motores Brushless

Software requerido:

- Sistema Operativo Linux(Ubuntu 20.04 o superior)
- ROS2 Humble (Robot Operating System 2) instalado y configurado.
- Gazebo para la simulación del entorno.
- Paquetes de ROS2 Humble para control de motores y procesamiento de sensores.

Procedimiento

1. Configuración Inicial:

- Asegurarse de que ROS2 y Gazebo estén correctamente instalados y configurados en el ordenador.
- Verificar que todos los sensores y actuadores estén conectados y operativos.

Preparación del Entorno de Simulación: o Iniciar Gazebo y cargar el modelo del robot.

- Configurar el entorno simulado con obstáculos

Implementación del Controlador:

- Integrar el controlador de locomoción en ROS2.
- Configurar los nodos de ROS2 para recibir datos de los sensores y enviar comandos a los actuadores

Ejecución de la Prueba en Simulación:

- Iniciar el sistema de desplazamiento en ROS2.
- Comenzar en modo ruedas y navegar por el entorno simulado.
- Observar y registrar el comportamiento del robot en modos de locomoción.

Ejecución de la Prueba en Entorno Real:

- Replicar el procedimiento de simulación en un entorno real con condiciones controladas.
- Asegurarse de que el robot pueda cambiar entre modos de locomoción.

Resultado Esperado

- Los sensores deben proporcionar datos precisos para el desplazamiento, y los actuadores deben responder correctamente a los comandos.
- El barco debe poder operar de manera estable bajo diferentes condiciones de navegación. En modo de desplazamiento convencional, la embarcación debe navegar suavemente sobre la superficie del agua y mantener control y estabilidad en entornos marítimos adecuados.

Resultado obtenido

Éxito en la Integración:

- Se observa un desplazamiento preciso y estable en ambos modos de locomoción, tanto en el entorno simulado como en el entorno real.
- Los sensores proporcionan datos precisos y los actuadores responden correctamente a los comandos.

Comentarios

Problema: Desviaciones en la Trayectoria de Navegación:

- El robot presenta desviaciones significativas en la trayectoria durante la navegación en terrenos irregulares.
- Solución: Calibrar los sensores de odometría y realizar ajustes en los algoritmos de navegación para corregir las desviaciones y mejorar la precisión del seguimiento de la trayectoria.

Problema: Pérdida de Conexión Intermitente:

- El robot experimenta pérdidas intermitentes de conexión con el sistema durante la prueba.
- Solución: Verificar y asegurar todas las conexiones físicas y eléctricas entre el robot y el sistema. Revisar la configuración de red

Prueba de Integración de Adaptabilidad y Eficiencia Energética.

1. Hardware requerido:

- Ordenador portátil o de escritorio con sistema operativo Linux
- Actuadores para la locomoción (motores para ruedas y patas).
- Robot equipado con ruedas y patas.
- Baterías o fuente de energía del robot
- Conexiones y cables necesarios para los sensores y actuadores.
- Arduino UNO

Software requerido:

- Sistema operativo Linux (Ubuntu 20.04 LTS o superior).
- ROS2 (Robot Operating System 2) instalado y configurado.

- Gazebo para la simulación del entorno. o Paquetes de ROS2 para control de motores, procesamiento de sensores y monitoreo energético.
- Herramientas de análisis y visualización de datos energéticos “si esta implementado sino quitarlo”.

Tipo de prueba

- Integración

Objetivo

- Verificar que el sistema del robot se adapta a diferentes condiciones de operación mientras optimiza la eficiencia energética, manteniendo la funcionalidad y la estabilidad del robot.

Descripción

- Esta prueba debe asegurar que el robot pueda operar de manera eficiente en términos de consumo energético en diferentes condiciones de terreno. Se evaluará la adaptabilidad del robot y su eficiencia energética tanto en un entorno simulado como en un entorno real.

Procedimiento

1. Configuración inicial:

- Asegurarse de que ROS2 y Gazebo estén correctamente instalados y configurados en el ordenador.
- Verificar que todos los sensores y actuadores del robot estén conectados y operativos.
- Instalar herramientas de monitoreo energético en el sistema. “si esta implementado sino quitarlo”.

Preparación del entorno de simulación:

- Iniciar Gazebo y cargar el modelo del robot.
- Configurar el entorno simulado con diferentes tipos de terreno
- Configurar obstáculos que requieran adaptaciones en la locomoción.

Implementación del controlador:

- Integrar el controlador de locomoción y navegación en ROS2.
- Configurar los nodos de ROS2 para recibir datos de los sensores, monitorear el consumo de energía y enviar comandos a los actuadores.

Ejecución de la prueba en simulación:

- Iniciar el sistema de desplazamiento en ROS2.
- Comenzar en modo ruedas y desplazarse por el entorno simulado, monitoreando el consumo energético.
- Registrar los datos de consumo energético y adaptabilidad del robot.

Ejecución de la prueba en entorno real:

- Replicar el procedimiento de simulación en un entorno real con condiciones controladas.
- Asegurarse de que el robot pueda cambiar entre modos de locomoción y operar de manera eficiente.
- Monitorear y registrar el consumo energético en tiempo real durante la operación.

Resultado esperado

- El sistema debe monitorear el consumo energético en tiempo real
- Los datos energéticos deben ser precisos y mostrar una optimización en el uso de la energía en función del agua y las condiciones operativo

Resultado obtenido

Éxito en la Adaptabilidad y Eficiencia Energética:

- Se observa una optimización significativa en el consumo energético del robot, con una reducción notable en el agua
- Los datos energéticos recopilados muestran una clara correlación entre el tipo de agua y el consumo energético, con una eficiencia mejorada en diferentes entornos

Comentarios

Desempeño del Controlador de Locomoción y Navegación:

- Observar cómo el controlador de locomoción y navegación del robot responde a diferentes tipos de terreno y condiciones operativas
- Evaluar la capacidad del controlador para tomar decisiones adaptativas en tiempo real y optimizar el uso de la energía en función del entorno

Impacto de los Obstáculos en la Eficiencia Energética:

- Analizar cómo la presencia de obstáculos en el entorno afecta la eficiencia energética del robot y su capacidad para adaptarse.
- Identificar posibles mejoras en la detección y evasión de obstáculos para minimizar el consumo energético durante la navegación.

Prueba de Integración de Control de Estabilidad Estática y Dinámica

Requerimientos

1. Hardware requerido:

- Ordenador portátil o de escritorio con sistema operativo Linux
- Robot equipado con ruedas y patas. o Sensores de estabilidad.
- Actuadores para la locomoción
- Conexiones y cables necesarios para los sensores y actuadores
- Plataforma de prueba con diferentes tipos de terreno (plano, inclinado, irregular).

Software requerido:

- Sistema operativo Linux (Ubuntu 20.04 LTS o superior).
- ROS2 Humble(Robot Operating System 2) instalado y configurado.
- Gazebo para la simulación del entorno.
- Paquetes de ROS2 para control de motores, procesamiento de sensores y algoritmos de control de estabilidad.
- Herramientas de análisis y visualización de datos de estabilidad.

Tipo de Prueba

- Integración

Objetivo

- Verificar que el sistema de control de estabilidad del robot funciona correctamente en condiciones estáticas y dinámicas, manteniendo la estabilidad 40 del robot en diferentes tipos de terreno y durante distintas maniobras

Descripción

- Esta prueba consiste en que el robot debe mantener su estabilidad tanto en situaciones estáticas (cuando está detenido) como en dinámicas (cuando está en movimiento). Se evaluará el desempeño del sistema de control de estabilidad en diferentes condiciones de operación, incluyendo cambios de terreno y maniobras rápidas.

Procedimiento

1. Configuración inicial:

- Asegurarse de que ROS2 y Gazebo estén correctamente instalados y configurados en el ordenador.
- Verificar que todos los sensores de estabilidad y actuadores del robot estén conectados y operativos.

Preparación del entorno de simulación:

- Iniciar Gazebo y cargar el modelo del robot.
- Configurar el entorno simulado con diferentes tipos de terreno (plano, inclinado, irregular).
- Configurar obstáculos que requieran maniobras de estabilidad.

Implementación del controlador:

- Integrar el controlador de estabilidad en ROS2.
- Configurar los nodos de ROS2 para recibir datos de los sensores de estabilidad y enviar comandos a los actuadores.

Ejecución de la prueba en simulación:

- Iniciar el sistema de control de estabilidad en ROS2.
- Evaluar la estabilidad del robot en una posición estática en terreno plano, inclinado e irregular.
- Iniciar el desplazamiento y evaluar la estabilidad del robot durante maniobras dinámicas (cambios de dirección, aceleraciones y desaceleraciones).

Ejecución de la prueba en entorno real:

- Replicar el procedimiento de simulación en un entorno real con condiciones controladas.
- Asegurarse de que el robot mantenga la estabilidad en posición estática y durante el movimiento en las diferentes condiciones
- Monitorear y registrar los datos de estabilidad en tiempo real durante la operación.

Resultado esperado

- El robot debe mantener la estabilidad en posición estática en todos los tipos de terreno.
- Durante el movimiento, el robot debe mantener la estabilidad y corregir cualquier inclinación o desequilibrio en tiempo real.
- Los datos de los sensores de estabilidad deben ser precisos y el sistema de control debe reaccionar adecuadamente a los cambios en las condiciones del terreno y las maniobras

Resultado Obtenido

Éxito Completo:

- El robot mantiene la estabilidad en todas las condiciones estáticas y dinámicas.
- Los datos de los sensores de estabilidad son precisos y el sistema de control responde eficazmente a los cambios en el terreno y las maniobras.

Estabilidad Estática Adecuada, pero Problemas Dinámicos:

- El robot mantiene la estabilidad en condiciones estáticas, pero muestra dificultades durante las maniobras dinámicas.
- Posible necesidad de ajustes en los algoritmos de control dinámico.

Estabilidad Dinámica Adecuada, pero Problemas Estáticos:

- El robot se comporta bien durante las maniobras dinámicas, pero muestra problemas de estabilidad en condiciones estáticas.
- Puede requerir recalibración de los sensores o ajustes en los algoritmos de control estático.

Comentarios

Inestabilidad en Terreno Inclinado:

- Problema: El robot muestra inclinación excesiva en terrenos inclinados.
- Solución: Ajustar los parámetros del controlador para compensar la inclinación y mejorar la estabilidad.
- Prueba de Integración de Tele operación (Control Remoto por teclado)
- Requerimientos

Hardware requerido:

- Ordenador portátil o de escritorio con sistema operativo Linux
- Robot equipado con ruedas y patas.
- Controlador remoto por teclado (puede ser un joystick, gamepad, o interfaz personalizada).
- Actuadores para la locomoción
- Conexiones y cables necesarios para los sensores y actuadores.
- Conexión a internet o red local para comunicación remota.
- Router o punto de acceso Wi-Fi para conectividad de red.

Software requerido:

- Sistema operativo Linux (Ubuntu 20.04 LTS o superior).
- ROS2 Humble (Robot Operating System 2) instalado y configurado.
- Paquetes de ROS2 para tele operación.
- Gazebo para la simulación del entorno (opcional, para pruebas previas).
- Drivers y software para el controlador remoto.
- Herramientas de visualización de datos (por ejemplo, RViz).

Tipo de Prueba

- Integración

Objetivo

- Verificar que el sistema de tele operación permite controlar el robot de manera remota y precisa, incluyendo el desplazamiento y cambio de modos de locomoción. **Descripción**
- El control del robot se puede controlar a distancia con un controlador externo. Se evaluará la capacidad del sistema para recibir comandos de tele operación y ejecutar movimientos precisos.

Procedimiento

Configuración inicial:

- Asegurarse de que ROS2 esté correctamente instalado y configurado en el ordenador.
- Verificar que todos los sensores, actuadores y el controlador remoto estén conectados y operativos.
- Instalar y configurar los paquetes de ROS2 necesarios para tele operación.

Preparación del entorno de simulación (Opcional):

- Iniciar Gazebo y cargar el modelo del robot.
- Configurar el entorno simulado con diferentes tipos de terreno y obstáculos

Implementación del controlador:

- Integrar el controlador de tele operación en ROS2.
- Configurar los nodos de ROS2 para recibir comandos del controlador remoto y enviar comandos a los actuadores del robot.

Ejecución de la prueba en simulación (Opcional):

- Iniciar el sistema de tele operación en ROS2.
 - Usar el controlador remoto para navegar el robot en el entorno simulado.
 - Evaluar la respuesta del robot a los comandos de tele operación, incluyendo cambios de dirección, velocidad y modos de locomoción.
 - Registrar los datos de control y comportamiento del robot en el entorno simulado.
5. Ejecución de la prueba en entorno real:
- Replicar el procedimiento de simulación en un entorno real con condiciones controladas.
 - Usar el controlador remoto para navegar el robot en diferentes tipos de terreno.
 - Evaluar la precisión y la latencia en la respuesta del robot a los comandos de tele operación.
 - Registrar los datos de control y comportamiento del robot en el entorno real.

Resultado Esperado

- El robot debe responder de manera precisa y en tiempo real a los comandos del controlador remoto.
- Debe ser posible cambiar entre modos de locomoción usando el controlador remoto.
- El sistema de tele operación debe funcionar sin interrupciones y con mínima latencia.
- Los movimientos del robot deben ser suaves y controlados, incluso en terrenos difíciles.

Resultado Obtenido

- Éxito en la teleoperación: El robot responde de manera precisa y en tiempo real a los comandos del controlador remoto. Los movimientos son suaves y controlados, y es posible cambiar entre modos de locomoción sin problemas.
- Latencia aceptable: La latencia entre la emisión de comandos desde el controlador remoto y la ejecución de acciones por parte del robot es mínima, lo que garantiza una teleoperación fluida y sin retrasos perceptibles.
- Estabilidad durante la teleoperación: El robot mantiene su estabilidad tanto en situaciones estáticas como dinámicas, lo que garantiza un control preciso y seguro durante la teleoperación, incluso cuando se enfrenta a obstáculos o cambios repentinos en el terreno.

Comentarios

- Es importante realizar pruebas exhaustivas tanto en entornos simulados como en entornos reales para garantizar que el sistema de teleoperación funcione de manera confiable en diferentes condiciones.
- Durante las pruebas, es crucial monitorear y registrar datos relevantes, como la latencia en la comunicación, el consumo de energía del robot y cualquier anomalía en el comportamiento durante la teleoperación.

La visualización en tiempo real de la posición y el estado del robot mediante herramientas como RViz puede ayudar a los operadores a realizar un seguimiento preciso de la teleoperación y a identificar cualquier problema potencial.

Diagrama de Secuencia:

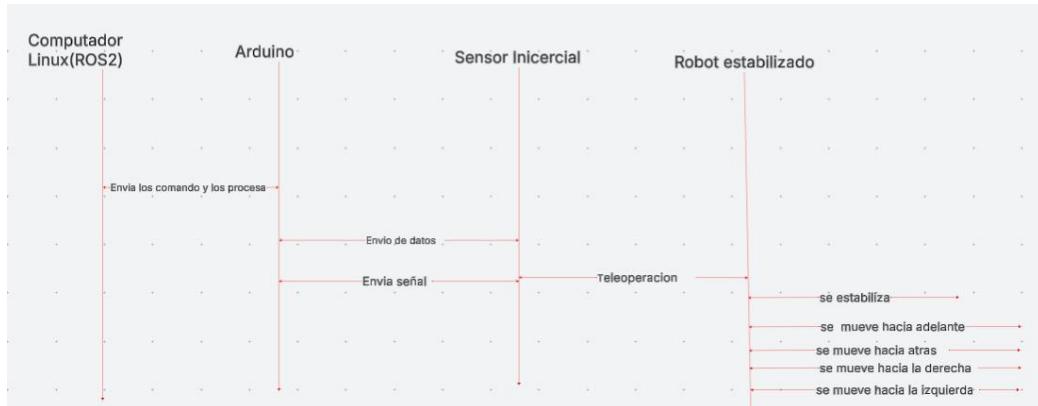
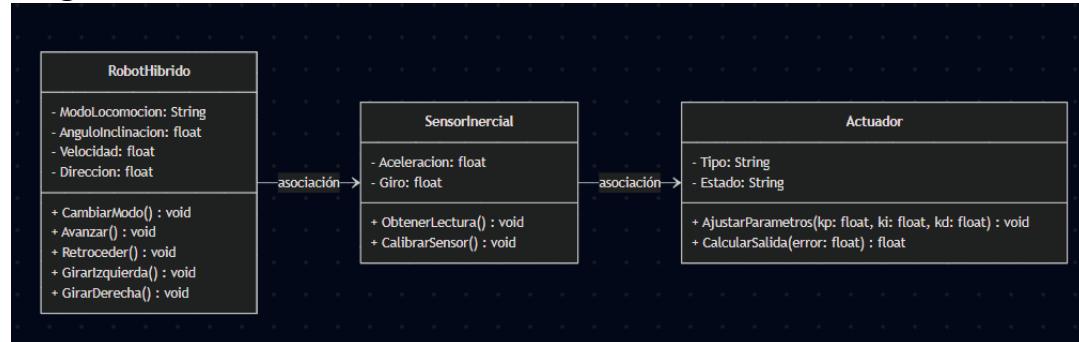


Diagrama de clases



Casos de uso

Tabla de contenido

- El barco de rescate no tripulado debe ser capaz de desplazarse y maniobrar de manera efectiva en entornos marítimos complejos, incluyendo oleaje irregular, corrientes cambiantes y obstáculos flotantes.
- El barco debe integrar sistemas de control inteligentes que permitan tomar decisiones adaptativas en tiempo real, basadas en la retroalimentación sensorial y en las condiciones del entorno marino.
- La embarcación debe mantener una navegación estable y controlada en todo momento, garantizando transiciones suaves entre diferentes regímenes de operación (desplazamiento recto, maniobras de giro, aproximación al objetivo, etc.).
- Se requiere que el sistema opere de manera energéticamente eficiente para maximizar la autonomía del barco durante misiones prolongadas de rescate.
- El sistema de estabilidad debe regular el comportamiento dinámico del casco, controlando balanceo y cabeceo para mantener la embarcación en una posición segura y estable bajo diferentes condiciones de mar.

6. El sistema de control del barco debe permitir su operación remota mediante una interfaz de mando, desde la cual el operador envía instrucciones de navegación y maniobra de forma precisa y confiable.

 Universidad AUTÓNOMA de Occidente	<p>Universidad Autónoma de Occidente</p> <p>Desarrollo de un prototipo de barco de rescate controlado mediante tele operación para emergencias marítimas.</p>	<u>Rev.:</u> <u>000</u>	
<p>Title: CASO DE USO</p> <p>El robot híbrido debe poder desplazarse y maniobrar de manera efectiva en entornos complejos, como obstáculos y condiciones cambiantes.</p>	<p>Document: CUR-001</p>	<p>Page: 1 de 1</p>	

GENERAL INFORMATION	
Actors	Usuario (Operador del Robot)
Propuse	Permitir que el robot híbrido se desplace y maniobre de manera efectiva en entornos complejos, como obstáculos y condiciones cambiantes, utilizando sensores y sistemas de control autónomo para mantener la estabilidad y eficiencia.
Summarize	Este caso de uso describe cómo el robot híbrido recopila datos del entorno mediante sensores, y se mueve de manera efectiva mientras evita obstáculos y se adapta a condiciones cambiantes. El robot debe utilizar sus sensores y sistemas de control para adaptarse a estos entornos y mantener su estabilidad y eficiencia en el movimiento
Type	Funcional

Curso normal de los eventos	
Acción de los actores	Respuesta del sistema
<ul style="list-style-type: none"> • El robot está encendido y operando. • Los sensores del robot están calibrados y funcionando correctamente. • El sistema de control autónomo está activado. • El robot comienza a moverse • El robot ajusta su modo de locomoción (ruedas) según las 	<ul style="list-style-type: none"> • El robot debe estabilizarse antes de iniciar su desplazamiento • El robot se ha desplazado de manera efectiva a través del entorno complejo. • El robot ha evitado obstáculos y ha mantenido la estabilidad. • Se ha actualizado el mapa del entorno (si aplica)

condiciones del terreno detectadas por el sensor inercial. <ul style="list-style-type: none"> • El robot realiza maniobras para evadir el obstáculo 	
---	--

Curso alternativo de los eventos
Respuesta del sistema
<p>1. Fallo en sensor inercial, el robot no es capaz de estabilizarse se debe recalibrar el sensor.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El operador es notificado de las condiciones y puede decidir detener el robot o ajustar manualmente la estrategia de desplazamiento.

2. **El robot híbrido debe integrar sistemas de control autónomo que le permitan tomar decisiones adaptativas en tiempo real basadas en la retroalimentación sensorial y las condiciones del entorno.**

 Universidad AUTÓNOMA de Occidente	Universidad Autónoma de Occidente Desarrollo de un prototipo de barco de rescate controlado mediante tele operación para emergencias marítimas.	<u>Rev.:</u> <u>000</u>
Title:	Document:	Page:
CASO DE USO El robot híbrido debe integrar sistemas de control autónomo que le permitan tomar decisiones adaptativas en tiempo real basadas en la retroalimentación sensorial y las condiciones del entorno.	CUR-001	1 de 1

GENERAL INFORMATION	
Actors	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de Control Autónomo (SCA) • Sensores del Robot

Propose	Permitir que el robot híbrido integre sistemas de control autónomo que le permitan tomar decisiones adaptativas en tiempo real basadas en la retroalimentación sensorial y las condiciones del entorno.
Summarize	Este caso de uso describe cómo el robot híbrido integra sistemas de control autónomo para tomar decisiones adaptativas en tiempo real. El SCA utiliza la retroalimentación sensorial proporcionada por los sensores del robot para evaluar las condiciones del entorno y ajustar el comportamiento del robot de manera apropiada.
Type	Funcional

Curso normal de los eventos	
Acción de los actores	Respuesta del sistema
<ul style="list-style-type: none"> • El robot está encendido y operando correctamente. • Los sensores del robot están calibrados y funcionando correctamente. • Basándose en el análisis de la situación, el SCA toma decisiones adaptativas en tiempo real para ajustar el comportamiento del robot. El SCA puede decidir cambiar la velocidad o dirección de movimiento del robot, activar un modo de locomoción diferente y detener el robot temporalmente. 	El robot ha tomado decisiones adaptativas en tiempo real según la retroalimentación sensorial y las condiciones del entorno.
Curso alternativo de los eventos	
Respuesta del sistema	
<p>1. Fallo en la Retroalimentación Sensorial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El SCA detecta el fallo en la retroalimentación sensorial. • El SCA activa un modo de operación seguro, como detener el robot o reducir su velocidad. • Se notifica al operador del fallo en la retroalimentación sensorial para su intervención manual o reparación. 	

El robot debe poder cambiar de modo de locomoción suave y controlada para garantizar la estabilidad durante la transición.

 Universidad Autónoma de Occidente	Universidad Autónoma de Occidente Desarrollo de un prototipo de barco de rescate controlado mediante tele operación para emergencias marítimas.	<u>Rev.:</u> <u>000</u>
---	--	----------------------------

Curso alternativo de los eventos

Respuesta del sistema

<p>Title: CASO DE USO El robot debe poder cambiar de modo de locomoción suave y controlada para garantizar la estabilidad durante la transición.</p>	<p>Document : CUR-001</p>	<p>Page : 1 de 1</p>
---	---------------------------	----------------------

GENERAL INFORMATION	
Actors	Sistema de Control del Robot
Propose	Permitir que el robot cambie de modo de locomoción de manera suave y controlada, garantizando la estabilidad durante la transición.
Summarize	Este caso de uso describe cómo el sistema de control del robot facilita el cambio de modo de locomoción, asegurando una transición suave y controlada para mantener la estabilidad del robot.
Type	Funcional

Curso normal de los eventos

Acción de los actores	Respuesta del sistema
<ul style="list-style-type: none"> • El sistema de control del robot recibe la orden de cambiar el modo de locomoción. • El sistema de control del sensor inercial del robot monitorea constantemente la estabilidad del robot y realiza ajustes dinámicos según sea necesario para mantenerla. • El sistema de control del robot ajusta los parámetros relevantes (como la posición de los actuadores o la velocidad de los motores) 	<p>El robot ha cambiado con éxito de modo de locomoción, manteniendo la estabilidad durante la transición.</p>

Fallo en la Transición:

- El sistema de control del robot revierte la transición y vuelve al modo de locomoción anterior.
- Se notifica al operador del fallo en la transición y se proporciona información sobre cómo abordar la situación.

GENERAL INFORMAT ION	
Actors	Sistema de Gestión de Energía del Robot
Propuse	Garantizar que el robot híbrido opere eficientemente desde el punto de vista energético, para maximizar su autonomía.
Summariz e	Este caso de uso describe cómo el sistema de gestión de energía del robot supervisa y controla el uso de energía del robot híbrido para garantizar una operación eficiente. El objetivo principal es maximizar la autonomía del robot al minimizar el consumo de energía.
Type	Funcional

Curso normal de los eventos	
Acción de los actores	Respuesta del sistema
<ul style="list-style-type: none"> • El sistema de gestión de energía del robot monitorea continuamente el consumo de energía de los diferentes componentes y sistemas del robot. • Si se detecta un consumo anormal de energía o una situación que pueda afectar la autonomía del robot, el sistema de gestión de energía emite alertas para notificar al operador y tomar medidas correctivas. 	El robot ha operado de manera eficiente desde el punto de vista energético.
<ul style="list-style-type: none"> • Basándose en la información recopilada sobre el consumo de energía, el sistema de gestión de energía optimiza la operación del robot para reducir el consumo de energía siempre que sea posible. 	

Curso alternativo de los eventos	
Respuesta del sistema	
1. Fuente de Energía Insuficiente:	
<ul style="list-style-type: none"> • El sistema de gestión de energía del robot reduce la velocidad de movimiento o desactiva ciertos componentes. • Se notifica al operador sobre la situación y se buscan soluciones alternativas, como recargar la batería o cambiar a una fuente de energía diferente. 	
2. Fallo en el Sistema de Gestión de Energía:	
<ul style="list-style-type: none"> • El robot opera con una gestión de energía estándar, priorizando la conservación de energía cuando sea posible. • Se notifica al operador sobre el fallo del sistema de gestión de energía para su intervención manual o reparación. 	

Se requiere que el robot híbrido opere de manera eficiente desde el punto de vista energético para maximizar su autonomía.

 Universidad AUTÓNOMA de Occidente	Universidad Autónoma de Occidente Desarrollo de un prototipo de barco de rescate controlado mediante tele operación para emergencias marítimas.	<u>Rev.:</u> <u>000</u>
Title: CASO DE USO Se requiere que el robot híbrido opere de manera eficiente desde el punto de vista energético para	Docume nt: CUR- 001	Pag e: 1 de 1

maximizar su autonomía.		
----------------------------	--	--

Historic review

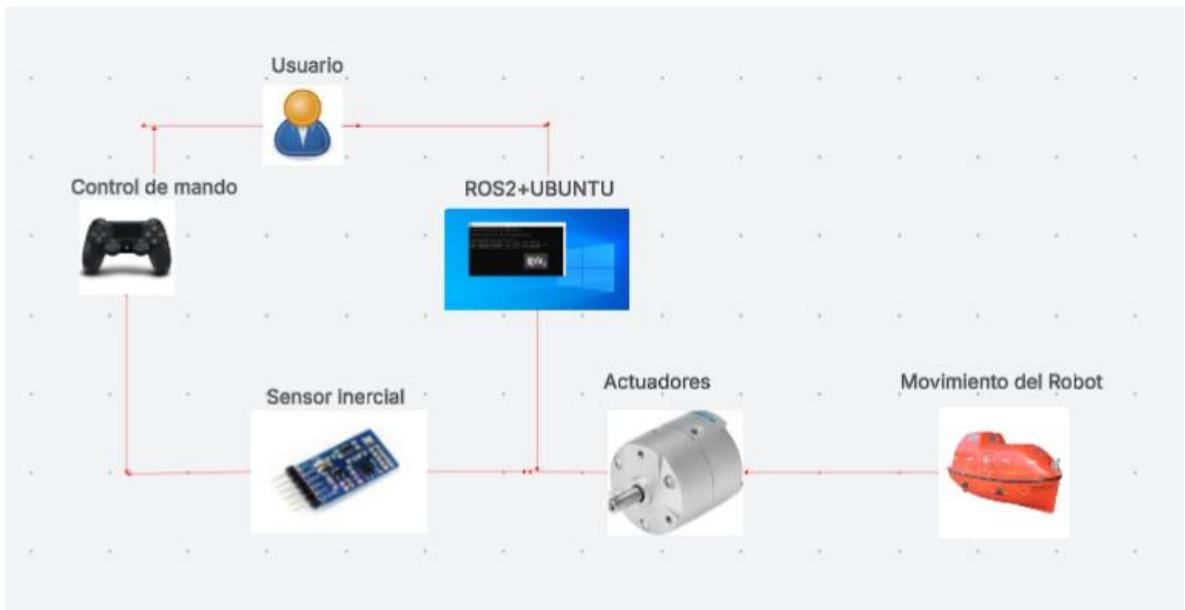
El sistema de control del robot debe permitir la operación remota del robot mediante un control remoto. El operador

GENERAL INFORMATION	
Actors	<ul style="list-style-type: none"> • Operador (persona que controla el robot) • Sistema de Control del Robot
Propose	Permitir que el operador controle el robot de manera remota utilizando un teclado para enviar comandos de movimiento.
Summarize	Este caso de uso describe cómo el sistema de control del robot permite la operación remota a través de un teclado. El operador puede enviar comandos de movimiento que el robot ejecutará en tiempo real, proporcionando una forma intuitiva y precisa de controlar el robot a distancia.
Type	Funcional
Curso normal de los eventos	
Acción de los actores	
<ul style="list-style-type: none"> • El sistema de control del robot confirma la conexión y disponibilidad del teclado. • El operador presiona las teclas configuradas para enviar comandos de movimiento (adelante, atrás, izquierda, derecha, etc.) • El sistema de control del robot procesa los comandos enviados desde el teclado y traduce estos movimientos en acciones correspondientes del robot. • El operador monitorea el movimiento del robot y realiza 	El robot ha ejecutado los comandos de movimiento enviados por el operador a través del teclado.
ajustes en tiempo real utilizando las teclas para navegar por el entorno.	

Curso alternativo de los eventos	
Respuesta del sistema	
<p>1. Pérdida de Conexión:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sistema de control del robot detiene el movimiento del robot inmediatamente para evitar accidentes. • El operador recibe una notificación sobre la pérdida de conexión y puede intentar restablecerla. <p>2. Comando Inválido:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sistema de control ignora el comando inválido y mantiene la operación actual del robot. • El operador recibe una notificación sobre el comando inválido y puede corregir su acción. 	
<p style="text-align: center;">utilizará el control para enviar comandos de movimiento al robot.</p>	

 Universidad AUTÓNOMA de Occidente	Universidad Autónoma de Occidente Desarrollo de un prototipo de barco de rescate controlado mediante tele operación para emergencias marítimas.	<u>Rev.:</u> <u>000</u>
Title: CASO DE USO El sistema de control del robot debe permitir la operación remota del robot mediante un teclado. El operador utilizará el teclado para enviar comandos de movimiento al robot.	Document: CUR-001	Page: 1 de 1

Diagrama Conceptual



Conclusiones

- El incremento de accidentes en alta mar evidencia la necesidad de modernizar los sistemas de respuesta ante emergencias. El proyecto propone una embarcación de rescate controlada de forma remota, capaz de operar en condiciones adversas y llegar con mayor rapidez al lugar del incidente, lo que contribuye significativamente a mejorar la seguridad marítima y reducir la pérdida de vidas humanas.
- La implementación de cámaras, sensores y control remoto convierte esta embarcación en una herramienta de apoyo eficaz para las operaciones de rescate, especialmente en situaciones donde los barcos tripulados tardan en actuar o no pueden acercarse por incendios, derrames o riesgos estructurales. Su diseño facilita maniobras más seguras y precisas, optimizando los primeros auxilios y la evacuación.
- El desarrollo de una embarcación de rescate autónoma o teleoperada representa un avance importante hacia la innovación tecnológica en el sector marítimo. Este tipo de solución no solo mejora la respuesta ante emergencias, sino que también reduce el impacto ambiental producido por derrames y hundimientos, ofreciendo un modelo replicable para puertos y flotas que buscan incrementar su eficiencia y seguridad.

Referencias

- Gallagher, J. E., & Oughton, E. J. (2023). Assessing thermal imagery integration into object detection methods on air-based collection platforms. *Scientific Reports*, 13(1).
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-34791-8>
- Yuan, X., Tong, C., He, G., & Wang, H. (2023). Unmanned Vessel Collision Avoidance Algorithm by Dynamic Window Approach Based on COLREGs Considering the Effects of the Wind and Wave. *Journal Of Marine Science And Engineering*, 11(9), 1831.
<https://doi.org/10.3390/jmse11091831>
- De Andrade, E. M., Sales, J. S., & Fernandes, A. C. (2025). Operative Unmanned Surface Vessels (USVs): A Review of Market-Ready Solutions. *Automation*, 6(2), 17.
<https://doi.org/10.3390/automation6020017>
- Yeom, S. (2024). Thermal Image Tracking for Search and Rescue Missions with a Drone. *Drones*, 8(2), 53. <https://doi.org/10.3390/drones8020053>
- Ponzini, F., Van Hamme, D., & Martelli, M. (2025). Human detection in marine disaster search and rescue scenario: a multi-modal early fusion approach. *Ocean Engineering*, 340, 122341.
<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2025.122341>
- EMILY: Hydronalix Finds new Uses for Unmanned Surface Vessel Technology. (s. f.). *Marine Technology News*. <https://www.marinetechnews.com/news/emily-hydronalix-finds-unmanned-612393>
- Simon, M. (2016, 12 enero). A Robot Life Preserver Goes to Work in the Greek Refugee Crisis. *WIRED*. <https://www.wired.com/2016/01/a-robot-life-preserved-goes-to-work-in-the-greek-refugee-crisis>
- International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974. (s. f.). [https://www.imo.org/en/about/conventions/pages/international-convention-for-the-safety-of-life-at-sea-\(solas\)-1974.aspx](https://www.imo.org/en/about/conventions/pages/international-convention-for-the-safety-of-life-at-sea-(solas)-1974.aspx)
- 46 CFR § 160.156-7 - Design, construction and performance of rescue boats and fast rescue boats. (s. f.). LII / Legal Information Institute. <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/46/160.156-7>
- ItoS - SOLAS Chapter III - Life-saving appliances and arrangements - Netherlands Regulatory Framework (NeRF) – Maritime. (s. f.). https://puc.overheid.nl/nsi/doc/PUC_1346_14/7
- UAV assisted USV visual navigation for marine mass casualty incident response. (2017, 1 septiembre). IEEE Conference Publication | IEEE Xplore.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8206510>