

# Informe 1 - Proyecto TICS: **Cercasco**

Carcasa Inteligente Desmontable para Casco de Ciclista

Matías Vigneau

Luis Valdenegro

Ezequiel Morales

Gabriel González

11 de Septiembre 2025

## **Resumen**

Este primer informe documenta el avance inicial del proyecto destinado a diseñar y prototipar una carcasa externa desmontable para cascos de ciclista que integre detección de proximidad y retroalimentación háptica, acompañada de iluminación trasera. El objetivo es presentar la motivación, los alcances, la solución propuesta, el diseño preliminar, los riesgos y su mitigación, el plan de trabajo y el protocolo de pruebas que se aplicará para validar el prototipo. El documento está escrito para lectura directa del profesor, describiendo de forma clara las decisiones de diseño y las etapas inmediatas a ejecutar.

# Índice

|  |    |
|--|----|
| 1. Introducción                                | 3  |
| 2. Objetivos y alcance                         | 5  |
| 3. Distribución del trabajo                    | 6  |
| 4. Estado del arte                             | 7  |
| 5. Idea del artefacto y especificación técnica | 8  |
| 6. Diseño preliminar y prototipado             | 9  |
| 7. Riesgos y mitigación                        | 9  |
| 8. Plan de trabajo                             | 10 |
| 9. Protocolo de pruebas y métricas             | 11 |
| 10. Consideraciones éticas y sostenibilidad    | 12 |
| 11. Conclusiones                               | 12 |

## 1. Introducción

La movilidad urbana presenta desafíos crecientes para la seguridad de ciclistas. En entornos con tráfico mixto, carriles estrechos y cambios de carril frecuentes, la atención del conductor y del ciclista no siempre coincide con el momento crítico en que se produce un riesgo. Esto provoca que, a pesar del uso de casco, persistan siniestros por adelantamientos o acercamientos por la retaguardia que podrían evitarse si el ciclista tuviera información adicional en tiempo real. El casco, como elemento de protección pasiva, cumple una función esencial, pero no transmite información preventiva; por tanto, existe una oportunidad clara para añadir un accesorio no invasivo que complemente la seguridad mediante detección y alertas.

Nuestra propuesta es una carcasa externa desmontable —un *pod* posterior— que aloje sensores de proximidad, un módulo de control basado en un ESP32 (con posibilidad de integrar cámara y conexión con una aplicación móvil) y un sistema de aviso al ciclista mediante motores de vibración y luces de advertencia. El criterio rector de diseño es no alterar la integridad ni la certificación del casco: la carcasa se sujetta externamente mediante correas, velcro y soportes blandos, y la electrónica es extraíble para mantenimiento. Para las alertas se incorporan dos motores de vibración tipo *coin*, ubicados en los laterales del casco, de modo que el ciclista pueda percibir de qué lado proviene el vehículo que se aproxima. Este enfoque permite trabajar sobre cascos comerciales sin comprometer su estructura, facilitando pruebas con usuarios reales y reduciendo riesgos legales, al mismo tiempo que mejora la usabilidad y la claridad de las señales de advertencia.

En este informe se recoge la motivación social y técnica, se especifican los objetivos del proyecto, se resume el estado del arte relevante para seleccionar tecnologías, se documenta la idea del artefacto y la especificación técnica preliminar, se describen las decisiones de diseño y prototipado, se analizan riesgos con sus correspondientes mitigaciones y se presenta el plan de trabajo y el protocolo de pruebas. El objetivo práctico es entregar, al final del periodo, un prototipo funcional que haya sido validado en laboratorio y testeado en campo con usuarios, aportando datos cuantitativos y cualitativos sobre su desempeño y aceptación.

## Imagenes Referenciales



Figura 1: Contexto urbano y vulnerabilidad del ciclista (imagen ilustrativa).

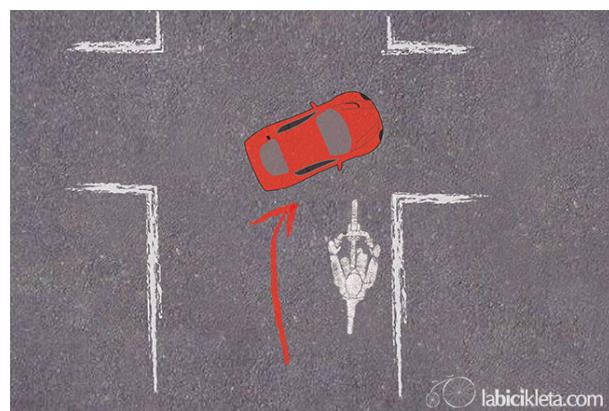


Figura 2: Caso común de accidente

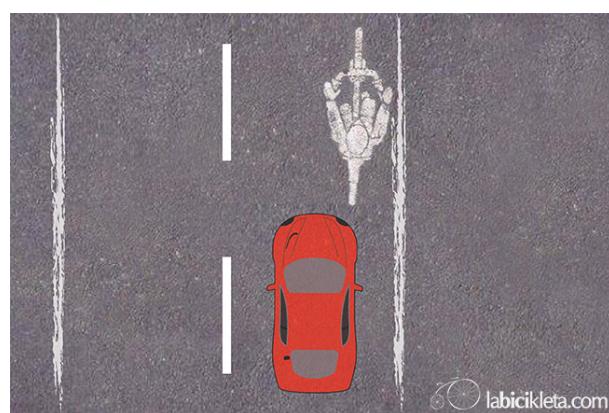


Figura 3: Caso alternativo

## 2. Objetivos y alcance

El objetivo general del proyecto es diseñar y construir un prototipo de carcasa externa desmontable para casco de ciclista que detecte aproximaciones laterales y traseras y notifique al usuario mediante vibraciones y luces de advertencia. Este objetivo se materializa en una solución enfocada a ser replicable en un entorno universitario, segura para el usuario y comprensible para cualquier persona.

Los objetivos específicos, expresados de forma narrativa para facilitar su lectura, son los siguientes: primero, revisar la normativa aplicable a cascós y accesorios para asegurar que el diseño no invalide certificaciones; segundo, definir una arquitectura mecánica y electrónica que permita la integración de sensores de proximidad con un microcontrolador asequible; tercero, desarrollar un diseño CAD del pod posterior optimizado para impresión 3D, priorizando ergonomía, ventilación, facilidad de montaje y sujeción mediante correas y velcro; cuarto, implementar el firmware de control con lógica de filtrado y detección de aproximación; quinto, validar el prototipo mediante ensayos en laboratorio y pruebas en campo con usuarios para ajustar umbrales y patrones de vibración y luces; y por último, documentar riesgos, resultados y lecciones aprendidas en una memoria que permita replicar el trabajo en el futuro.

El alcance de este primer informe se limita a definir y justificar la solución, elaborar el diseño preliminar y establecer el plan de pruebas y trabajo. La ejecución del prototipo y las pruebas está prevista como fase siguiente y será documentada en los informes posteriores.



Figura 4: Esquema funcional básico

### 3. Distribución del trabajo

El equipo está compuesto por cuatro integrantes con responsabilidades claras para garantizar avance y calidad. Luis asumirá la coordinación general y la implementación del firmware, encargándose de las lecturas de sensores, el filtrado de señales y la estrategia de alertas. Matias se concentrará en el diseño mecánico y la integración electrónica: realizará los modelos CAD, gestionará la impresión 3D y hará el montaje y las pruebas físicas. Ezequiel estará a cargo de desarrollar la programación de la aplicación móvil para la recopilación de datos y el enlace con el prototipo, asegurando así el correcto funcionamiento e interoperabilidad del artefacto. Gabriel será responsable de las pruebas y la usabilidad, organizando los ensayos en laboratorio y campo, recopilando datos y encuestas de usuarios.

Cada uno de nosotros colabora de forma interdependiente en la compra de componentes, montaje y ejecución de pruebas, manteniendo reuniones semanales de coordinación y reportes de avance. Esta organización busca un equilibrio entre especialización y trabajo conjunto que permita iterar rápidamente sobre el diseño.

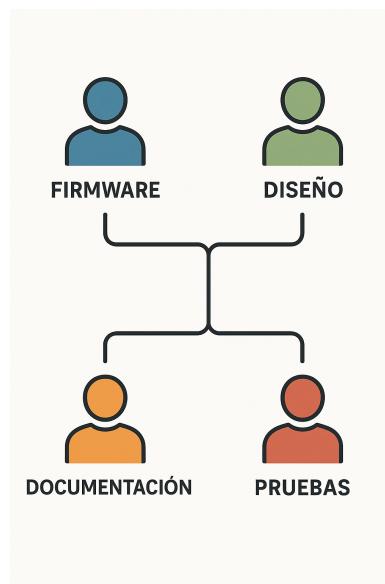


Figura 5: Roles y responsabilidades (representación esquemática).

## 4. Estado del arte

Existen múltiples aproximaciones al problema de mejorar la seguridad del ciclista. Las soluciones comerciales más extendidas se centran en la iluminación (luces traseras integradas, tiras LED) y en la conectividad con el teléfono (aplicaciones que indican maniobras). En el ámbito académico y de prototipaje avanzado, se observan proyectos que combinan detectores de proximidad con avisos al ciclista mediante vibración o señales sonoras. Sin embargo, muchos de estos proyectos han encontrado limitaciones prácticas: los sensores ultrasónicos resultan económicos pero presentan alcance y precisión limitados en entornos urbanos; por su parte, los radares y sensores ToF ofrecen mayor robustez, aunque a un costo mayor y con mayor complejidad de integración.

Los estudios sobre retroalimentación mediante vibración muestran que esta es un medio eficiente para transmitir información direccional y de urgencia sin interferir con la vista ni con el oído del ciclista. Además, la evidencia sugiere que patrones simples (pulsos cortos vs. vibración sostenida) son fácilmente distinguibles por los usuarios y pueden ser asociados intuitivamente a niveles de alerta.

A partir de esta revisión, se decide priorizar sensores ToF y/o módulos radar para la detección, y avisos al ciclista mediante vibraciones y luces integradas en la carcasa como canal principal de notificación. Esta combinación ofrece el mejor equilibrio entre fiabilidad de detección, claridad de la alerta y facilidad de uso en un prototipo de curso.

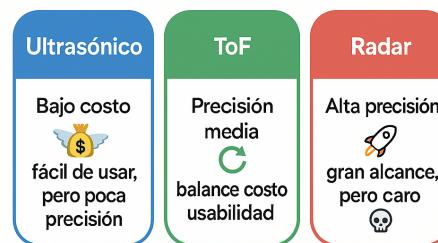


Figura 6: Resumen comparativo de tecnologías de detección (ultra / ToF / radar).

## 5. Idea del artefacto y especificación técnica

La propuesta concreta es una carcasa posterior modular, fabricada con impresión 3D, que contiene la electrónica, batería y se fija al casco mediante correas y velcro, utilizando almohadillas blandas para no dañar la estructura del casco. El pod posterior aloja un microcontrolador (ESP32 o equivalente), un sensor ToF en la primera iteración (con posibilidad de añadir sensores laterales o un módulo radar en versiones posteriores), un motor vibrador para la retroalimentación y una pequeña tira de LEDs en la parte exterior para mejorar la visibilidad.

La lógica de operación se centra en un bucle de muestreo de distancia con filtrado sencillo (media móvil) y cálculo de la velocidad relativa de acercamiento. Se definen tres estados de salida: normal (sin alerta), preventiva (vibraciones intermitentes suaves y luces intermitentes) e inminente (vibración sostenida y luces intensas). En caso de detección de fallo (pérdida de lectura prolongada o problemas de alimentación) el sistema pasa a un modo degradado que indica al usuario no confiar en la alerta. Estos comportamientos son parametrizables y podrán ajustarse durante las pruebas.

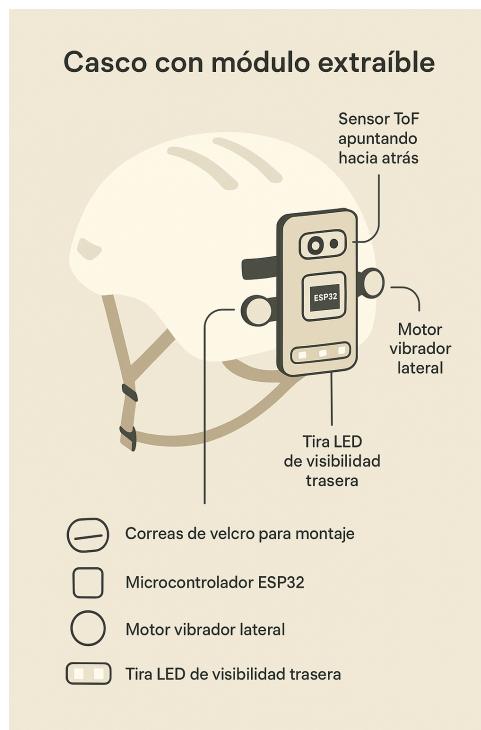


Figura 7: Diagrama conceptual del pod posterior (vista simplificada).

## 6. Diseño preliminar y prototipado

El diseño de la carcasa se ha planteado para facilitar iteraciones rápidas: paredes de 2-3 cm con espacio para los componentes, compartimento de fácil acceso para la batería y ranuras para las correas de sujeción y velcro. En las primeras pruebas se utilizará PLA por su facilidad de impresión; para la versión funcional se considerará PETG o ABS por su mayor resistencia a la intemperie y a la fatiga mecánica.

Durante el prototipo inicial se validarán la ergonomía, el balance y la comodidad en uso real. Se definirá un peso objetivo máximo (300 g) que incluya la carcasa, electrónica y batería, con el fin de minimizar la alteración del comportamiento dinámico del casco.

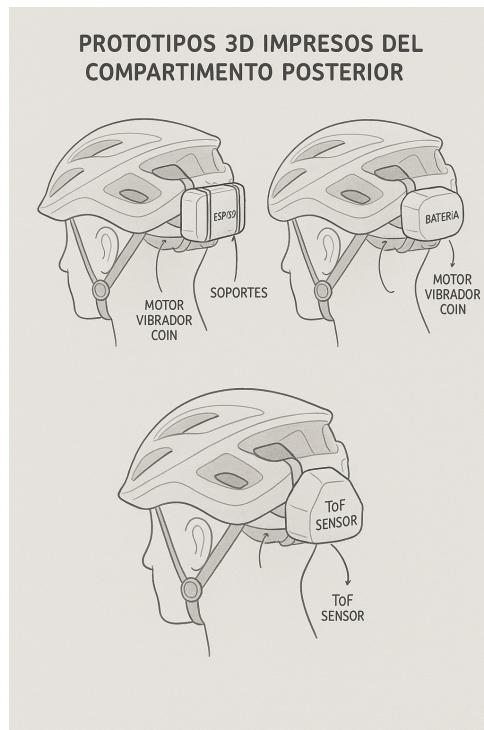


Figura 8: Ejemplos de bocetos y pruebas de ajuste en impresión 3D.

## 7. Riesgos y mitigación

Se identifican varios riesgos relevantes y se proponen mitigaciones prácticas:

**Selección inadecuada de sensores:** si se eligen sensores con alcance insuficiente, la capacidad de prevención se verá comprometida. Para mitigar esto realizaremos pruebas comparativas en laboratorio entre módulos ToF y alternativas radar, y se mantendrá la posibilidad de reemplazo sin cambiar la carcasa básica.

**Falsos positivos/falsos negativos:** la detección en entornos urbanos puede generar alertas por objetos estáticos o perder lecturas en condiciones adversas. Implementaremos

filtros temporales, verificación por persistencia en N muestras y el uso de la velocidad relativa para priorizar objetos en movimiento.

**Alteración de la certificación del casco:** cualquier modificación puede interpretarse como una alteración. Por ello la carcasa será externa y desmontable, sujetada con velcro y correas, y se documentará claramente en la memoria que el dispositivo es un accesorio no invasivo. Además, se analizará la normativa aplicable y se registrarán las decisiones tomadas.

**Fallo en campo y confianza en el sistema:** un fallo puede provocar confianza indebida. El sistema incluirá un modo de fallo visible/táctil que advierta al usuario de la imposibilidad de confiar en la detección y se recomendará el uso solo como ayuda complementaria, no sustituto del comportamiento defensivo del ciclista.

| MATRIZ DE RIESGOS<br>Y MITIGACIONES  |  |
|--|--|
| RIESGOS  | MITIGACIONES   |
|  Selección inadecuada de sensores                              | Pruebas de laboratorio comparativas entre sensores ToF y radar   |
|  Falsos positivos y negativos en entornos urbanos             | Filtrado de señales, verificación de persistencia y priorización derivativa  |
|  Problemas de certificación del casco                         | Diseño externo desmontable que no altera la integridad del casco, respaldado por investigación normativa                 |
|  Fallo del sistema de campo y exceso de confianza del usuario | Modo fallo seguro con advertencia LED visible y vibración táctil, con recomendaciones para uso complementario únicamente |

Figura 9: Matriz resumen de riesgos y mitigaciones.

## 8. Plan de trabajo

El plan de trabajo se organiza en fases semanales y está pensado para ser realista y adaptable. La primera fase (semanas 1–2) cubre investigación normativa y definición de requisitos. La segunda fase (semanas 3–5) abarca diseño CAD del pod, selección y compra de componentes esenciales y las primeras impresiones. La tercera fase (semanas 6–9) corresponde a la integración electrónica y al desarrollo del firmware básico, con pruebas en banco. La cuarta fase (semanas 10–11) incluye pruebas de laboratorio y calibración de

umbrales. Finalmente, la quinta fase (semanas 12–14) se destina a pruebas en campo con usuarios, recolección de encuestas y documentación de resultados.

Este plan prioriza la entrega de un prototipo funcional verificable en laboratorio y capaz de someterse a pruebas controladas en vía pública. No se incluyen horas por tarea en detalle en esta versión; se han priorizado hitos y entregables para facilitar la evaluación por parte del profesor.

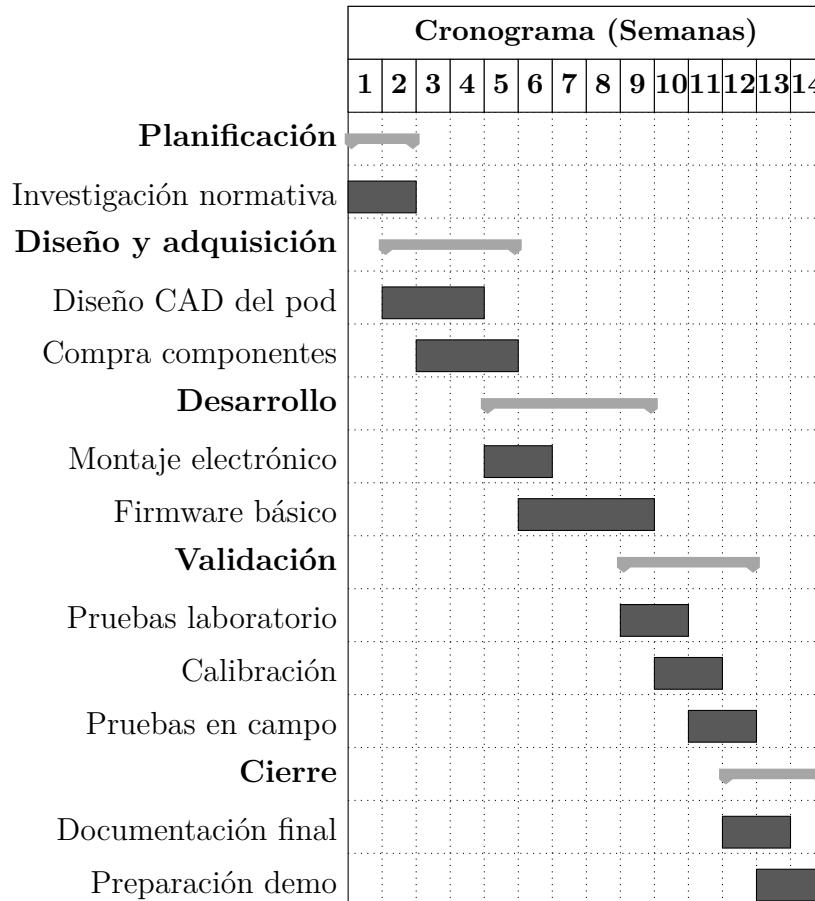


Figura 10: Cronograma de trabajo del proyecto (14 semanas).

## 9. Protocolo de pruebas y métricas

Las pruebas se realizarán en dos etapas: laboratorio y campo. En laboratorio se utilizará una pista controlada con un objeto de referencia que se acerque al casco a distintas velocidades y trayectorias para medir distancia de detección y latencia del sistema. En campo se efectuarán recorridos urbanos controlados con ciclistas voluntarios, registrando eventos, condiciones ambientales y percepción subjetiva mediante encuestas.

Las métricas principales que se analizarán son: rango efectivo de detección (distancia en la que la tasa de detección es superior al 90 %), latencia media desde detección a vibración o luces, tasa de falsas alarmas (alertas/hora) y grado de aceptación por parte de los usuarios.

(escala 1–5 en encuesta).

## 10. Consideraciones éticas y sostenibilidad

En las pruebas con usuarios se solicitará consentimiento informado por escrito. No se recogerán imágenes ni datos de terceros en las pruebas de campo; los registros almacenados por el prototipo serán anonimizados y usados exclusivamente para análisis técnico. Desde la perspectiva ambiental, el diseño favorecerá materiales reciclables y la posibilidad de desmontar componentes para su reciclaje al final de su vida útil. Se priorizará la eficiencia energética para maximizar autonomía sin aumentar la masa instalada.

## 11. Conclusiones

En conclusión, el proyecto propone una solución práctica y comprensible para mejorar la percepción situacional del ciclista mediante una carcasa externa desmontable que integra sensores de proximidad y retroalimentación mediante vibraciones y luces de advertencia. Esta alternativa busca equilibrar la complejidad técnica con la viabilidad académica: prioriza un prototipo funcional y seguro, conservando la integridad del casco. Las decisiones de diseño —pod posterior, uso de sensores ToF o radar, patrones de vibración simples y sujeción no invasiva con velcro y correas— están orientadas a maximizar la probabilidad de éxito dentro del plazo del curso.

Los siguientes pasos inmediatos son la adquisición de componentes básicos, la impresión del primer pod en PLA para validar ajustes mecánicos, la integración electrónica mínima y la ejecución de pruebas de laboratorio que permitan ajustar umbrales antes de la etapa de campo. Con una gestión prudente del riesgo y una ejecución disciplinada, el equipo espera entregar un prototipo verificable y documentado que cumpla con los criterios de la asignatura y ofrezca una base sólida para iteraciones futuras.

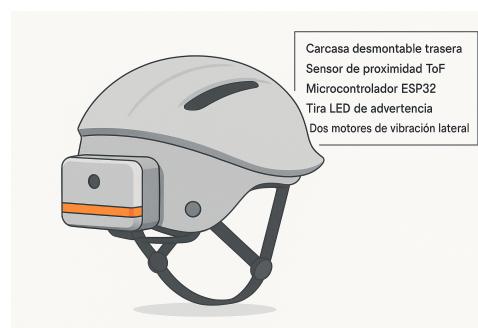


Figura 11: Imagen conceptual del prototipo esperado.

## Referencias

- World Health Organization. *Global status report on road safety*. 2023.
- STMicroelectronics. *VL53L1X Time-of-Flight sensor – Datasheet*.
- Normas EN 1078 y CPSC (documentación técnica sobre cascos de bicicleta).
- Artículos y revisiones sobre retroalimentación háptica y usabilidad (varios autores).