

10.30972/eitt.928182

Metodología Integrada para la Implementación y Visualización de Datos LiDAR en Vehículos Autónomos mediante ROS y Jetson Nano

Vázquez, R., Torres, C., Mariguetti, O., Gramajo, S., Robledo Sanchez Alberto, A. A. (*)

Resumen

Este trabajo presenta una metodología clara y replicable para el uso de sensores LiDAR en proyectos relacionados con vehículos autónomos y sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS). Se enfoca en superar las limitaciones de herramientas propietarias, como las ofrecidas por los fabricantes de sensores, proporcionando una alternativa flexible y personalizable mediante el Sistema Operativo Robótico (ROS) y herramientas como RVIZ. Se detalla el uso del sensor SICK S3000 junto con el hardware Jetson Nano, destacando su capacidad para manejar librerías avanzadas como OpenCV, YOLO, y sick_scan. La metodología incluye pasos para la configuración, captura y almacenamiento de datos en archivos ROS Bag, así como su conversión a formatos más manejables como CSV, facilitando el análisis off-line y la reproducibilidad de experimentos. Por último, se presentan ejemplos prácticos de visualización de datos y resultados en un contexto vehicular, junto con propuestas de configuración eléctrica para asegurar el correcto funcionamiento del sensor y el hardware complementario. Este trabajo contribuye significativamente al avance en la integración y uso de sensores LiDAR, brindando herramientas accesibles para estudiantes e investigadores.

Palabras clave: LiDAR, ROS, RVIZ.

Abstract

This work presents a clear and replicable methodology for the utilization of LiDAR sensors in projects related to autonomous vehicles and Advanced

1. Grupo Universitario de Automatización (GUDA). Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Resistencia. Autor de correspondencia: Vázquez, R. E-mail: ray_vazquez_2005@hotmail.com
 (*) Cómo citar este artículo: Vázquez, R., Torres, C., Mariguetti, O., Gramajo, S., Robledo Sanchez Alberto, A. A. (2024). Metodología Integrada para la Implementación y Visualización de Datos LiDAR en Vehículos Autónomos mediante ROS y Jetson Nano. Revista Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica: claves para el desarrollo, 9(2), 35-44. <https://doi.org/10.30972/eitt.928182>

Driver Assistance Systems (ADAS). It addresses the limitations of proprietary tools provided by sensor manufacturers by offering a flexible and customizable alternative through the Robot Operating System (ROS) and tools such as RVIZ. The methodology details the use of the SICK S3000 sensor in combination with Jetson Nano hardware, highlighting its capability to handle advanced libraries such as OpenCV, YOLO, and sick_scan. Key steps include configuration, data capture, storage in ROS Bag files, and conversion to more manageable formats like CSV, enabling offline analysis and experiment reproducibility. Practical examples of data visualization and results in vehicular contexts are presented, along with electrical configuration proposals to ensure the proper functioning of the sensor and complementary hardware. This work significantly contributes to the advancement of LiDAR sensor integration and application, providing accessible tools for students and researchers.

Keywords: LiDAR, ROS, RVIZ.

Introducción

La conducción de vehículos es una tarea altamente especializada que demanda un profundo conocimiento del tipo de vía y del entorno en el que se desenvuelve. Este conocimiento capacita a los conductores para circular con seguridad, incluso en áreas de tráfico intenso. Aunque para un conductor humano experimentado pueda parecer una tarea trivial, comprender las intenciones de otros conductores sigue siendo un desafío investigativo crucial para los Sistemas Avanzados de Asistencia al Conductor (ADAS, por sus siglas en inglés). Estos sistemas, centrados en la seguridad, utilizan sensores auxiliares para asistir al conductor, ya que la mayoría de los accidentes son causados por errores humanos.

En este contexto, los sensores LIDAR juegan un papel esencial al proporcionar datos detallados del entorno, facilitando la detección y predicción del comportamiento de otros vehículos. Sin embargo, muchas investigaciones actuales presentan resultados sin detallar los procedimientos y herramientas específicas utilizadas para extraer y procesar estos datos. Esto limita la replicabilidad de los estudios, especialmente para estudiantes e investigadores que desean aplicar estas metodologías en sus propios proyectos.

Este trabajo busca abordar esa brecha, proponiendo una metodología clara y replicable para acceder a la información de un sensor LIDAR tipo SICK S3000. Utilizando librerías de ROS (Sistema Operativo Robótico) y el programa RVIZ, se explica paso a paso cómo configurar el sensor, capturar datos, y visualizarlos en un entorno virtual. A diferencia de otros estudios que omiten detalles cruciales, aquí se documentan todas las etapas del proceso, desde la instalación de las herramientas

hasta la interpretación de los datos, acompañadas de ejemplos visuales concretos.

Las intersecciones y rotondas presentan desafíos particulares para los sistemas ADAS debido a la compleja interacción entre vehículos. La coordinación del tráfico puede mejorarse con estrategias basadas en comunicación vehículo a vehículo (V2V) o vehículo a infraestructura (V2I) Debada et al. (2018). No obstante, en escenarios donde esta conectividad no está disponible, resulta crucial desarrollar sistemas autónomos que puedan prever las acciones futuras de los conductores mediante el análisis del entorno. Esta metodología proporciona una base para construir modelos de predicción del comportamiento vehicular, utilizando datos LIDAR para mejorar la percepción y toma de decisiones de los sistemas ADAS en situaciones de tráfico complejas.

Es decir que en este trabajo no solo detalla el procedimiento técnico para utilizar un sensor LIDAR SICK S3000 con ROS y RVIZ, sino que también ofrece una herramienta práctica para que estudiantes e investigadores puedan replicar y adaptar estas técnicas en sus propios proyectos, contribuyendo así al avance de la seguridad en la conducción autónoma y asistida.

Trabajos relacionados

En la actualidad, los sensores LiDAR y las técnicas avanzadas de inteligencia artificial (IA) están siendo ampliamente investigadas para abordar problemas complejos en diversas aplicaciones, desde la conducción autónoma hasta la automatización industrial. Este apartado se centra en destacar investigaciones clave que exploran el uso de estos sensores en combinación con métodos de aprendizaje automático, señalando tanto los avances logrados como las limitaciones relacionadas con la implementación de los dispositivos.

En el ámbito de la conducción autónoma, el trabajo de (Völz, 2020) propone un sistema jerárquico para predecir las intenciones y trayectorias de peatones en entornos urbanos. Este sistema emplea técnicas de aprendizaje automático para identificar puntos clave como tiempos estimados de cruce y ubicaciones de paso, lo que permite reducir frenados bruscos y optimizar el flujo vehicular. Sin embargo, el estudio no detalla explícitamente cómo se integran y configuran los sensores LiDAR para capturar los datos, un aspecto crítico para garantizar la reproducibilidad de los experimentos y la calidad de los datos necesarios para el entrenamiento de modelos.

Por otro lado, el documento (Sharan, 2020) aborda el modelado del comportamiento de vehículos en rotundas mediante arquitecturas de redes neuronales recurrentes (LSTM y Bi-LSTM). A través de datos capturados por sensores LiDAR, se busca predecir las salidas y los estados futuros de los vehículos, lo que contribuye a reducir frenados innecesarios y mejorar la sincronización con otros agentes. A pesar de los resultados prometedores, este trabajo también carece

de un enfoque detallado sobre cómo se configuran los sensores y cómo se gestiona la adquisición de datos en tiempo real, limitando su aplicabilidad en escenarios más amplios.

En el contexto industrial, el artículo de Ihab et al. (2019) presenta un conjunto de datos diseñado para la detección y localización de pallets utilizando sensores láser 2D. Aunque se destacan las ventajas de estos sensores para tareas específicas como la detección y el seguimiento de objetos, la publicación no especifica cómo los datos fueron integrados con sistemas operativos robóticos como ROS ni cómo se optimizó el proceso de adquisición para garantizar la calidad y la consistencia de los datos en aplicaciones reales.

Propuesta y conexión con el sistema ROS

La implementación de un Sistema Operativo Robótico (ROS) representa un enfoque clave para abordar estas limitaciones. ROS permite abstraer el hardware de los sensores LiDAR, facilitando su manejo y configuración para investigadores y operadores. Al integrarse con herramientas de visualización como RVIZ y formatos de datos como los archivos BAG, se amplía la capacidad de reproducir experimentos y aplicar los resultados en diversas áreas. La conversión de archivos BAG a formatos más manejables como CSV también permite optimizar el procesamiento y análisis de los datos, mejorando la calidad de los datasets utilizados en aplicaciones de aprendizaje automático y Deep Learning.

Conexión con la metodología

Este enfoque establece para la metodología propuesta se centra en la manipulación eficiente de los datos capturados por sensores LiDAR. En el siguiente apartado, se describirá cómo se integran los sensores con ROS, se procesan los archivos generados y se desarrollan algoritmos específicos para la limpieza, filtrado y enriquecimiento de los datos, asegurando así su calidad y utilidad para modelos avanzados de aprendizaje automático. Esto no solo garantiza la reproducibilidad de los resultados, sino que también amplía el alcance de las aplicaciones en entornos complejos.

Materiales y métodos

Para desarrollar el procedimiento propuesto en este trabajo, se utiliza el Jetson Nano como lo detalla Artiom et al. (2022), un hardware genérico especialmente adaptado para tareas de inteligencia artificial, como se describe en trabajos previos. Su arquitectura interna permite la implementación de librerías avanzadas de visión artificial integradas con el lenguaje de alto nivel Python y frameworks de

aprendizaje profundo como Darknet, TensorFlow y PyTorch. Gracias a su diseño compacto y su clasificación fuera de las categorías tradicionales como computadora personal, notebook, celular o Tablet, el Jetson Nano es ideal para aplicaciones en plataformas de robots móviles o el interior de automóviles. El dispositivo se ilustra en la Figura 1.

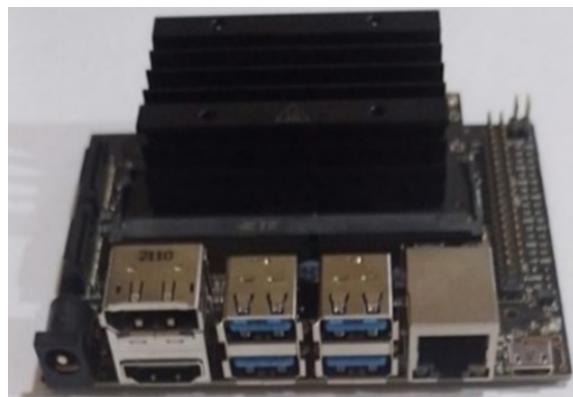


Fig. 1. Jetson Nano adaptado en tareas de visión artificial e IA.

Durante el proceso de instalación y configuración, el sistema incluye por defecto la biblioteca de procesamiento de imágenes OpenCV. Posteriormente, se instala la librería de reconocimiento de objetos YOLO, como se detalla en Wang et al. (2022). Esta última permite la detección de figuras y objetos complejos en videos o imágenes. Instalar librerías de inteligencia artificial o aprendizaje profundo (Deep Learning) en un entorno Linux Ubuntu resulta relativamente sencillo. En este trabajo, se utilizó el sistema ROS (Noetic o Melodic), que incluye de manera predeterminada la librería sick_scan, fundamental para la integración de tecnología LiDAR. Adicionalmente, para simplificar y optimizar el proceso de instalación de herramientas, se recurrió al modelo Chat GPT-4, que ofreció una guía precisa y eficiente. La alimentación eléctrica tanto del sensor LiDAR como del Jetson Nano es crítica, por lo que se propone el uso de dos adaptadores específicos: uno para regular la tensión de 24V, el otro para regular la de 5V y cables adaptadores de comunicación RS485 – USB. La fuente de alimentación puede obtenerse de una batería de 12V o directamente del sistema eléctrico de un vehículo. Los adaptadores de tensión junto al escáner SICK S3000 están representados en la Figura 2.

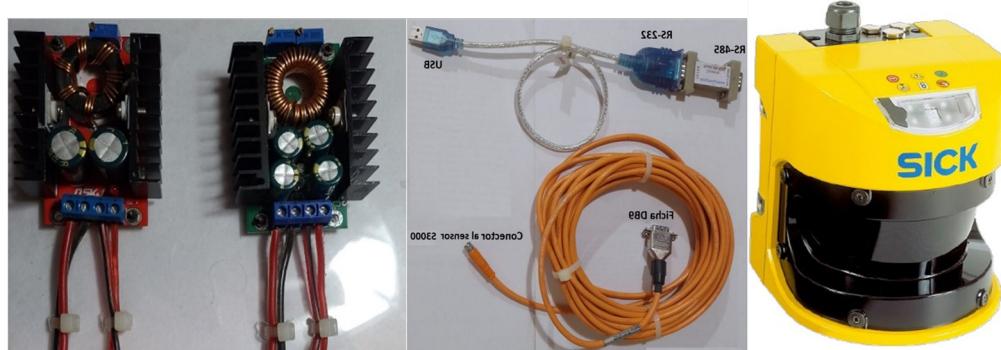


Fig. 2. Adaptador de tensión, conector RS485-USB y escáner S3000

La figura 3 muestra los diferentes dispositivos integrados dentro en un vehículo.



Fig. 3. Integración de dispositivos dentro de un automóvil.

Extracción y visualización de datos LiDAR SICK S3000

En este trabajo se presenta un procedimiento para acceder y procesar los datos generados por un sensor LiDAR SICK S3000, utilizando el entorno ROS (Sistema Operativo Robótico) y el visualizador RVIZ. Esta metodología está diseñada para ser replicable y comprensible para estudiantes e investigadores, proporcionando un marco práctico que facilita la integración de datos LiDAR en proyectos de robótica y vehículos autónomos.

1. Limitaciones de las herramientas propietarias

Los fabricantes de sensores LiDAR, como SICK, suelen proporcionar software propietario para la configuración y visualización de datos. Estas herramientas, generalmente diseñadas para sistemas operativos Windows, ofrecen acceso limitado al hardware del escáner y funcionalidades básicas de visualización. Sin embargo, carecen de la flexibilidad necesaria para proyectos de investigación o aplicaciones avanzadas, ya que no permiten un control profundo del dispositivo ni la personalización del flujo de datos.

2. Beneficios de usar ROS para la integración de los sensores

ROS proporciona una alternativa potente y flexible para interactuar con el hardware del escáner de forma transparente. A través de las librerías específicas, es posible acceder directamente a los datos en tiempo real, configurar parámetros avanzados y adaptar el flujo de trabajo según las necesidades del proyecto. Las

principales ventajas incluyen:

Control total del hardware: Acceso directo a las funciones del sensor, permitiendo configurar variables como la resolución angular o el rango de detección.

Flexibilidad en la integración: Capacidad de incorporar los datos LIDAR en sistemas robóticos complejos, como vehículos autónomos o plataformas de navegación.

3. Captura y almacenamiento de datos en archivos ROS BAG

Una de las características clave de ROS es la capacidad de capturar y almacenar datos en archivos de formato ROS Bag. Estos archivos permiten registrar las lecturas del sensor en tiempo real, facilitando su análisis posterior y la replicación de experimentos. Esto aporta varios beneficios:

Reproducibilidad: Otros investigadores pueden acceder a los archivos Bag para verificar la veracidad de los datos y las conclusiones obtenidas.

Ejecución en RVIZ: Los archivos Bag pueden cargarse en RVIZ, permitiendo a otros investigadores observar y analizar los datos exactamente como se capturaron durante la experiencia. Esto facilita la validación de resultados y la comparación de diferentes enfoques metodológicos.

Análisis off-line: Permite procesar y visualizar los datos capturados sin necesidad de tener el sensor conectado, lo que facilita el desarrollo y la validación de algoritmos.

4. Visualización en RVIZ

La visualización de los datos en RVIZ permite interpretar gráficamente la información capturada por el sensor, siendo una etapa fundamental para validar la precisión de los datos y comprender el entorno tridimensional. Este proceso incluye los siguientes pasos:

Configuración de RVIZ: Importación de datos desde archivos ROS Bag y ajuste de los parámetros necesarios para una visualización óptima.

Interpretación de resultados: Análisis de las nubes de puntos generadas, con ejemplos prácticos para identificar obstáculos y evaluar trayectorias vehiculares.

El programa para convertir archivos BAG a CSV, así como los archivos BAG utilizados para ilustrar los ejemplos en RVIZ, están disponibles en el siguiente enlace (Vázquez, 2024).

Resultados

Utilizando la configuración de la figura 3 se muestran ejemplos obtenidos en el proceso de escaneo del sensor SICK S3000. La figura 4, muestra al vehículo próximo al cruce de calle utilizando el programa RVIZ.

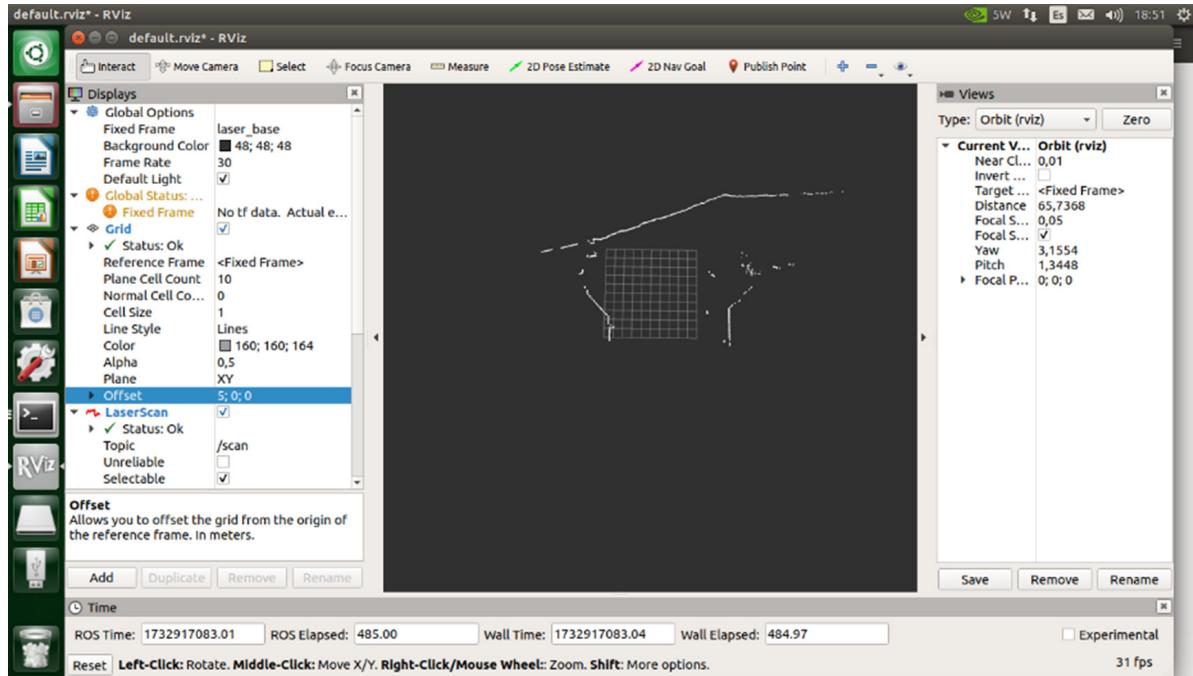


Fig. 4. El sensor S3000 visualiza un cruce de calle.

La figura 5, muestra el vehículo frente al semáforo que habilita el paso de la Avenida Costanera Norte con la Costanera Sur en la ciudad de Corrientes capital. El centro de la rejilla reticulada contiene al automóvil.

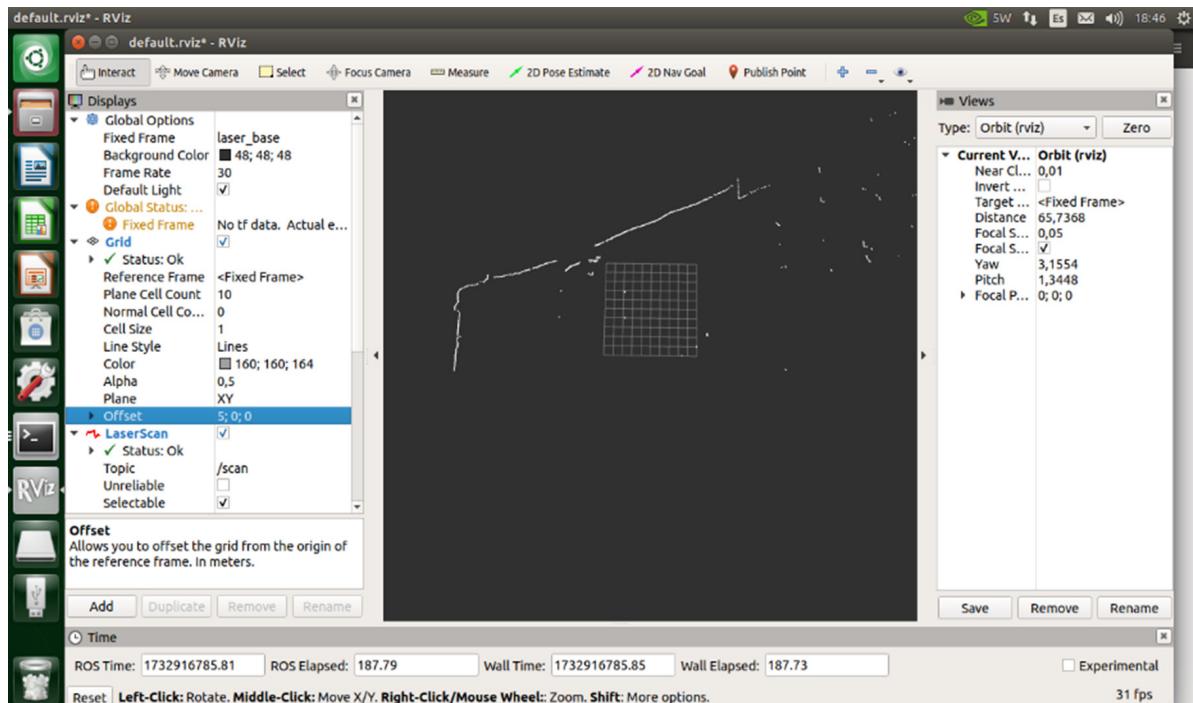


Fig. 5. Vehículo en estado de espera frente a la senda peatonal.

Finalmente se aclara que el programa RVIZ puede visualizar cámaras CCD, cámaras kinetic xbox 360, escáner laser 3D etc.

Conclusiones

El trabajo destacó la necesidad de proporcionar metodologías claras y detalladas para la integración y uso de sensores LiDAR en investigaciones relacionadas con vehículos autónomos y sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS). Esto llena un vacío importante en la literatura, donde frecuentemente se omiten detalles cruciales para la reproducibilidad de los experimentos.

Se implementó el Sistema Operativo Robótico (ROS) como una herramienta para superar las limitaciones de software propietario, brindando flexibilidad en la integración de sensores y permitiendo un control más profundo del hardware. Esto es esencial para proyectos que demandan personalización y adaptabilidad.

Se ofreció un enfoque práctico y accesible para investigadores y estudiantes, documentando detalladamente el uso de herramientas como RVIZ y archivos BAG para la visualización y almacenamiento de datos.

La utilizó del hardware Jetson Nano, combinado con librerías avanzada como sick_scan, junto con el soporte de herramientas de visualización y análisis, proponiendo una solución integral para proyectos de inteligencia artificial aplicada en vehículos autónomos.

Se presentó una propuesta de integración de datos en formatos versátiles como CSV y permitió el procesamiento en entornos off-line.

Este trabajo contribuyó a la comunidad científica al proporcionar herramientas y metodologías que no solo son accesibles, sino también fácilmente adaptables a distintos contextos, ampliando el impacto y alcance de estas tecnologías en el ámbito de la robótica y la inteligencia artificial.

Referencias

- Basulto-Lantsova, A., Padilla-Medina, J. A., Perez-Pinal, F. J., & Barranco-Gutierrez, A. I. (2020, January). Performance comparative of OpenCV Template Matching method on Jetson TX2 and Jetson Nano developer kits. In 2020 10th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC) (pp. 0812-0816). IEEE.
- Debada, E. G., & Gillet, D. (2018). Virtual vehicle-based cooperative maneuver planning for connected automated vehicles at single-lane roundabouts. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 10(4), 35-46.
- Mohamed, I. S., Capitanelli, A., Mastrogiovanni, F., Rovetta, S., & Zaccaria, R. (2019). A 2D laser rangefinder scans dataset of standard EUR pallets. *Data in brief*, 24, 103837.

- Magavi, S. A. (2020). Behaviour modelling of Vehicles at a Roundabout.
- Vazquez, R. (2024). Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1PuA8FagcZfpjEU57CdToTjZvR81xPvIt/view?usp=drive_link
- Völz, B. (2020). Learning to Predict Pedestrians for Urban Automated Driving (Doctoral dissertation, ETH Zurich).
- Yang, W., Ding, B. O., & Tong, L. S. (2022). TS-YOLO: an efficient YOLO network for multi-scale object detection. In 2022 IEEE 6th information technology and mechatronics engineering conference (ITOEC) (Vol. 6, pp. 656-660). IEEE.