



Modelado y Simulación de Robots

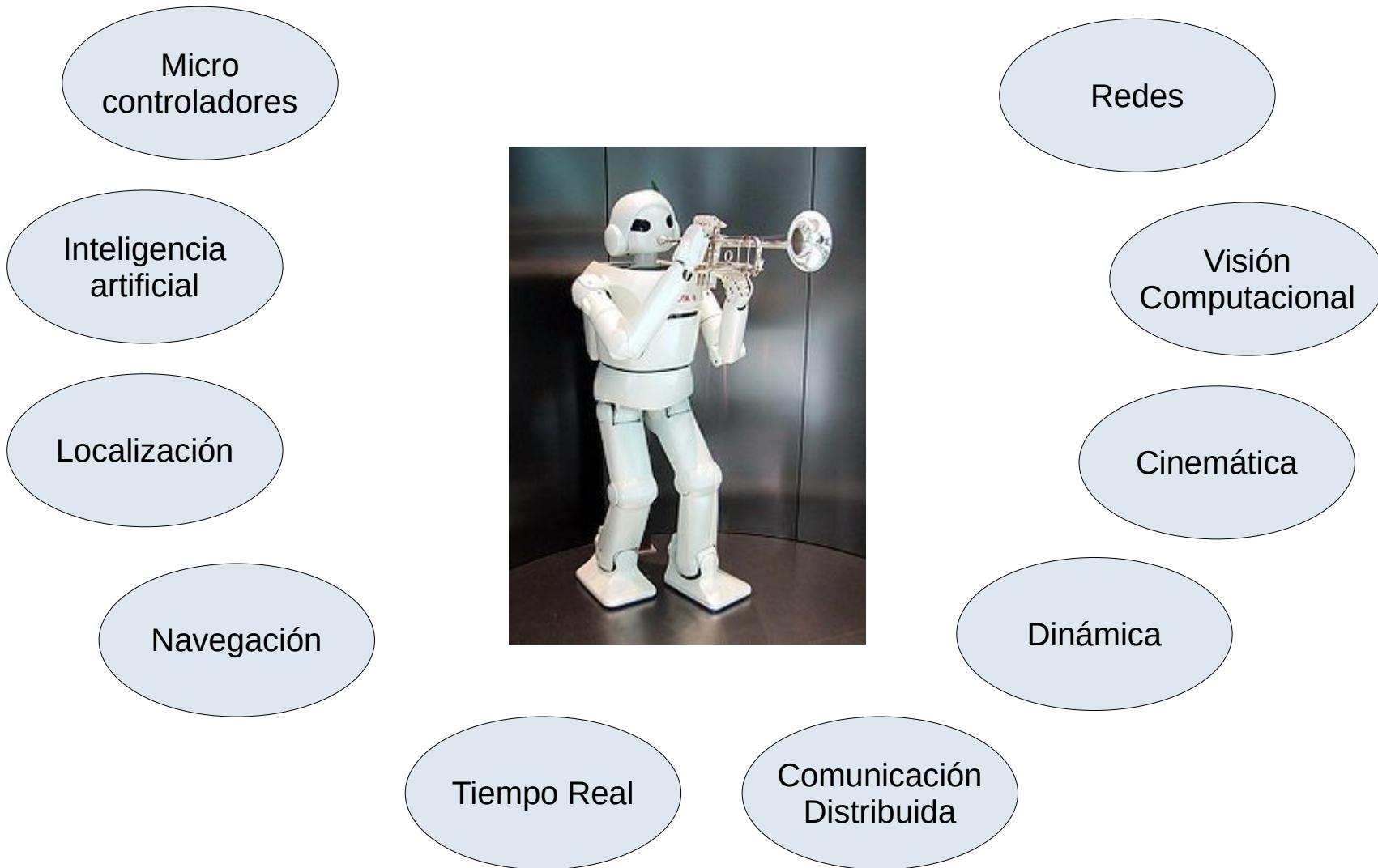
Introducción

Grado en Ingeniería de Robótica Software

Teoría de la Señal y las Comunicaciones y
Sistemas Telemáticos y Computación

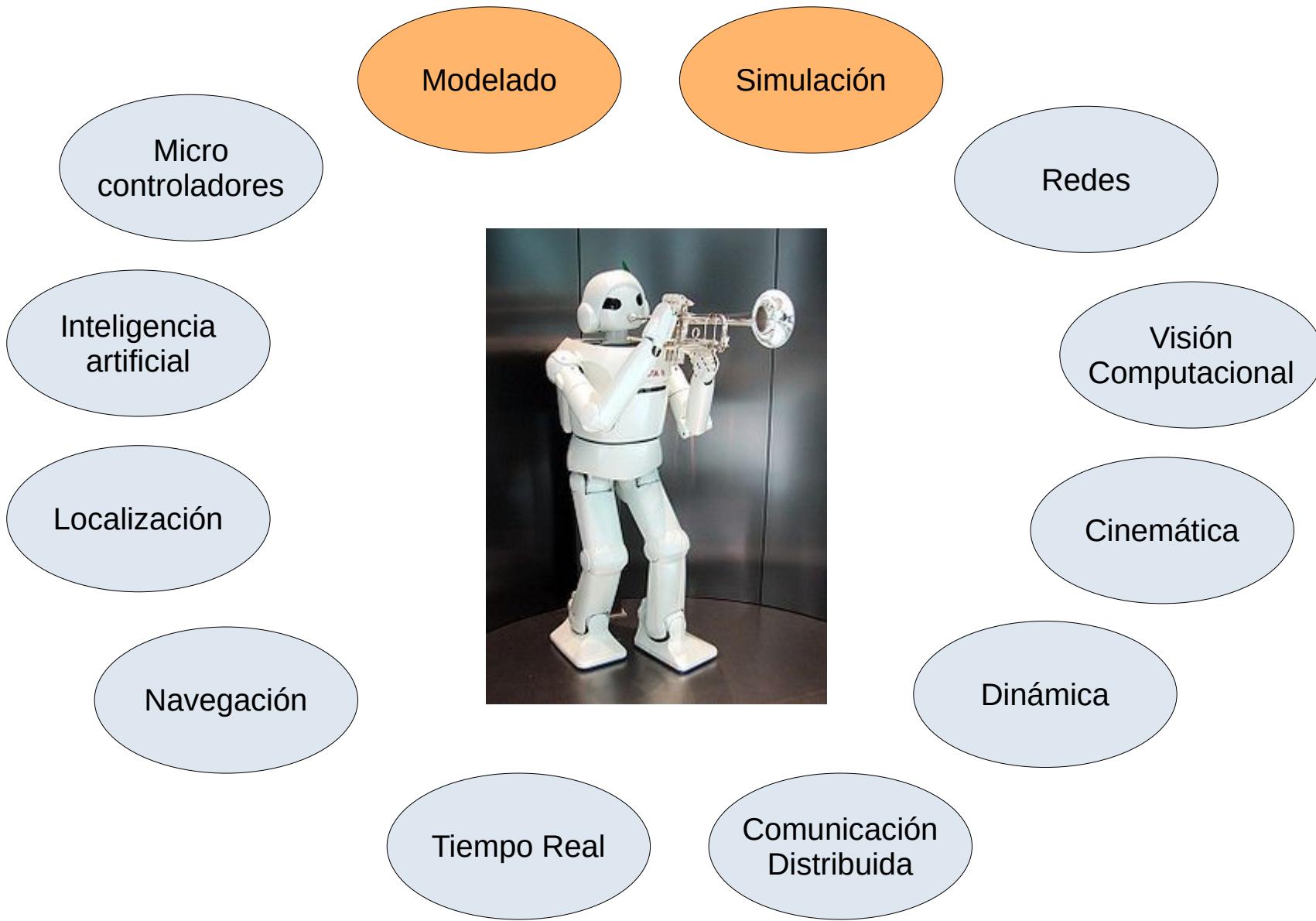
Roberto Calvo Palomino
roberto.calvo@urjc.es

Contexto



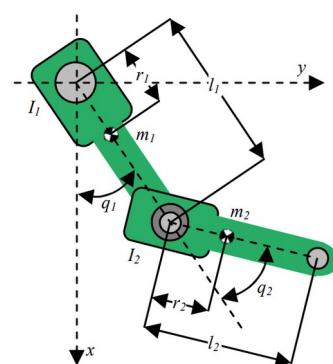
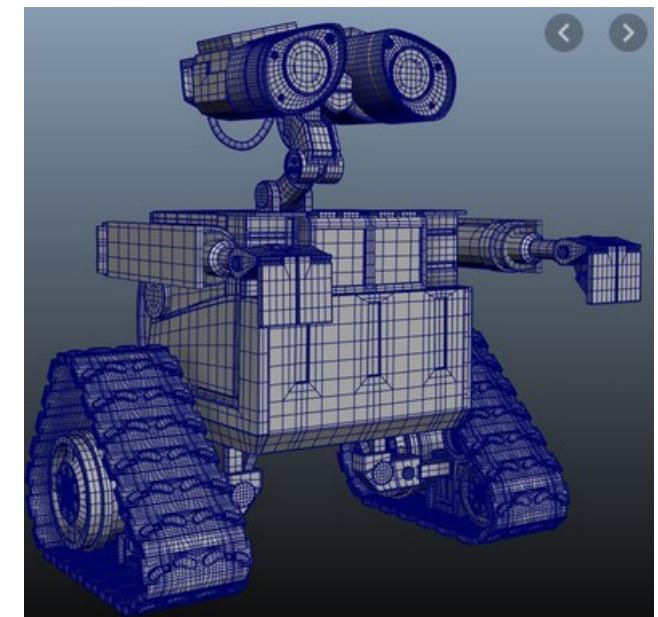


Contexto



Introducción

- El **modelado de un robot** nos permite modelar desde diferentes puntos de vista el esquema general del robot.
 - Modelado 3D
 - Modelado dinámico
 - Modelado cinemático
 - Modelado de sensores y actuadores



Introducción

- Un software de **simulador de robots** nos ayuda a testear nuestro modelo de robot en un entorno virtual.
 - Simulando el propio robot (motores, articulaciones, etc)
 - Simulando el entorno (gravedad, colisiones, etc)
 - También denominado trabajar “**offline**” con el robot, ya que no disponemos físicamente de él.
 - Pero ... 
- ¿Por qué necesitamos un simulador para desarrollar robots?**



Robots Industriales

- Tareas repetitivas
- Brazos articulados con 3 o más grados de libertad.
- No necesitan demasiado contexto del mundo que les rodea.



- Disciplinas
 - Físicas
 - Mecánicas
 - Teoría de Control
 - Micro-controladores
 - Adquisición de datos
 - Procesamiento de señal
 - Sistemas de tiempo real





Robots Móviles

- Mucho más que tareas repetitivas.
- Comportamiento Inteligente y aprendizaje.
- Conocimiento del mundo que les rodea.

- Disciplinas
 - Las mismas de robots industriales.
 - Comunicaciones
 - Visión computacional
 - Programación distribuida y concurrente
 - Planificación de tareas
 - Machine/Deep Learning



¿Por qué necesitamos un simulador para desarrollar robots?



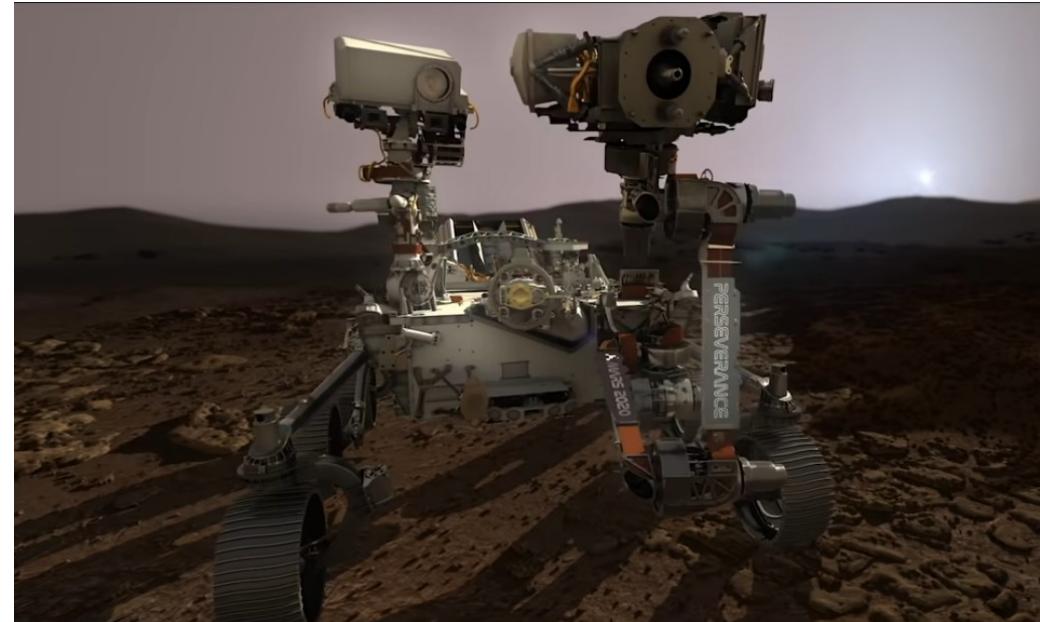
Necesidad de los simuladores

- No disponemos siempre de acceso al robot, al entorno que le va a rodear o a ambos.
- ¿Cómo programamos un robot para comportarse correctamente en la atmósfera de la Luna o de Marte?
- ¿Qué estructura de ruedas se adecúan mejor a entornos rocosos?
- ¿Qué velocidad, aceleración o momento de fuerza es el apropiado para un escenario en concreto?
- Exploración espacial



Mars 2020 – Rover Perseverance

- Aterrizó (Amartizar) en Febrero 2021
- Su objetivo es encontrar vida microbiótica
- Es parte de una misión mucho más compleja



Mars 2020 – Rover Perseverance

- “7 minutes of terror”



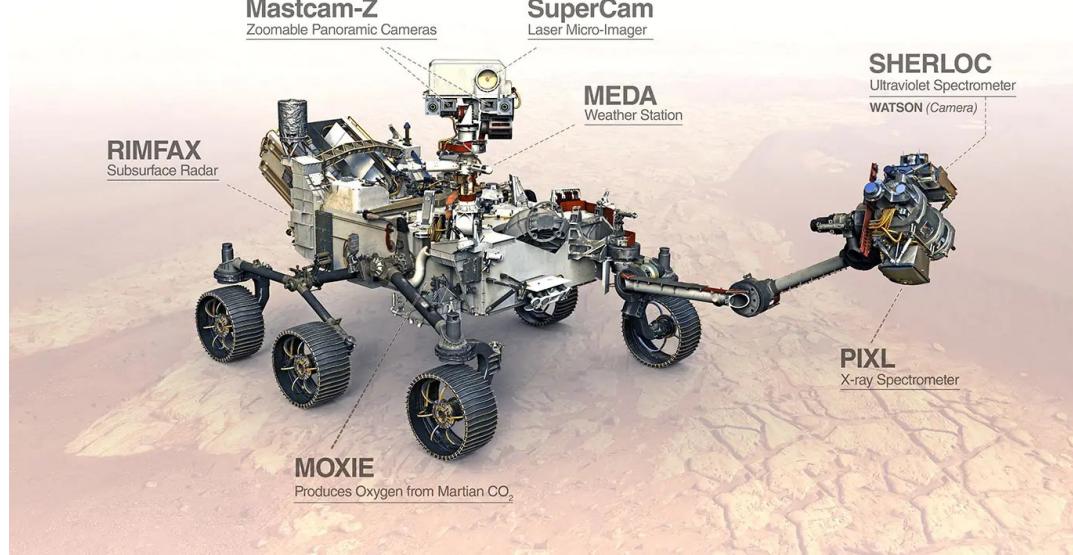
Mars 2020 – Rover Perseverance

- Mars Helicopter Ingenuity
- Primer vuelo de un drone en otro planeta



Mars 2020 – Rover Perseverance

- Mars Environmental Dynamics Analyzer (MEDA)
- Sensores de temperatura, radiación, humedad, viento, presión y sensor infra-rojo.
- Desarrollado en España - Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial



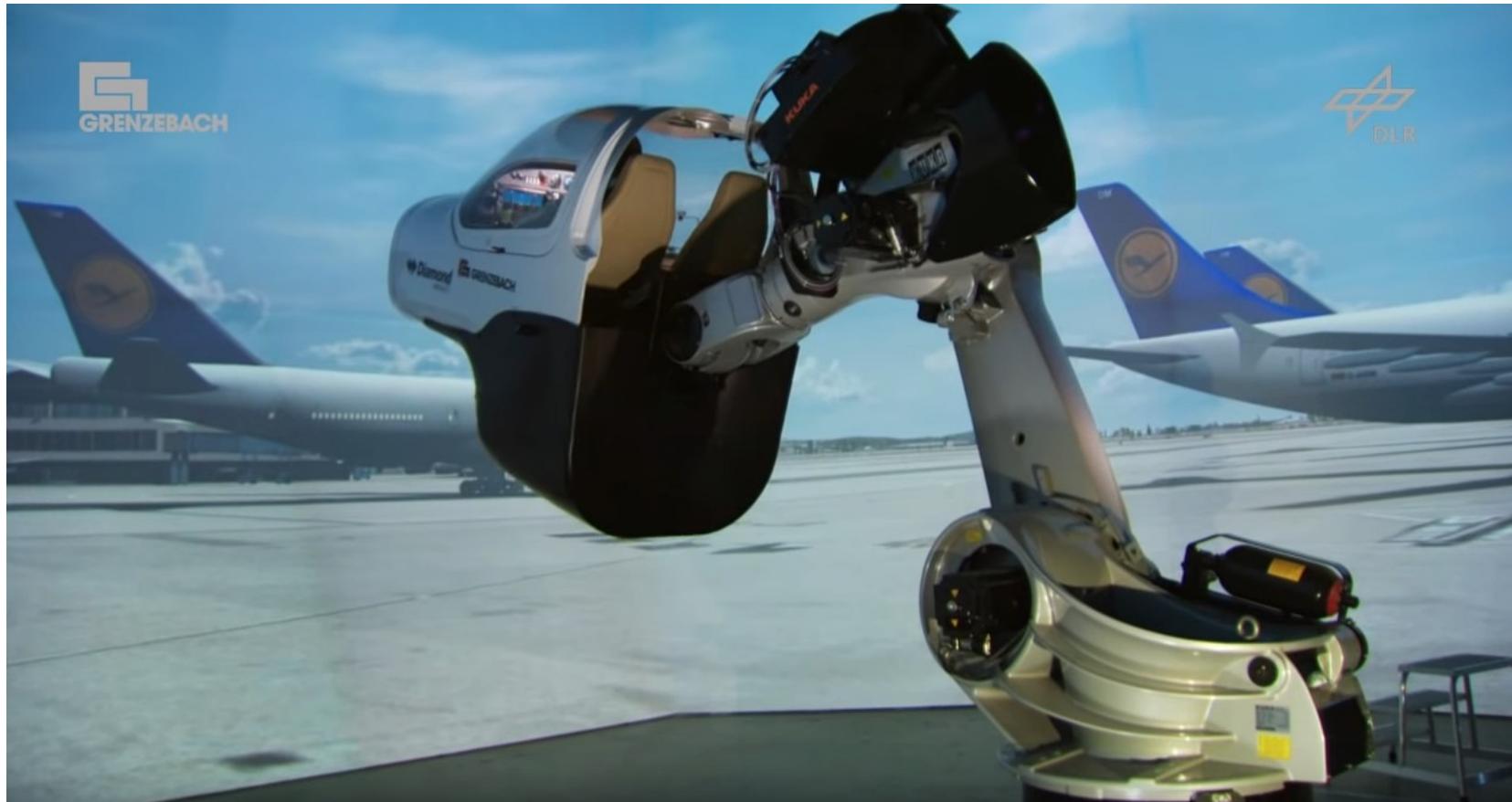
Mars 2020 – Rover Perseverance

- Comunicaciones de espacio profundo
- Robledo de Chavela - Antena con plato de 70 m.
- Mínimo de 9-10 minutos en enviar-recibir mensajes.



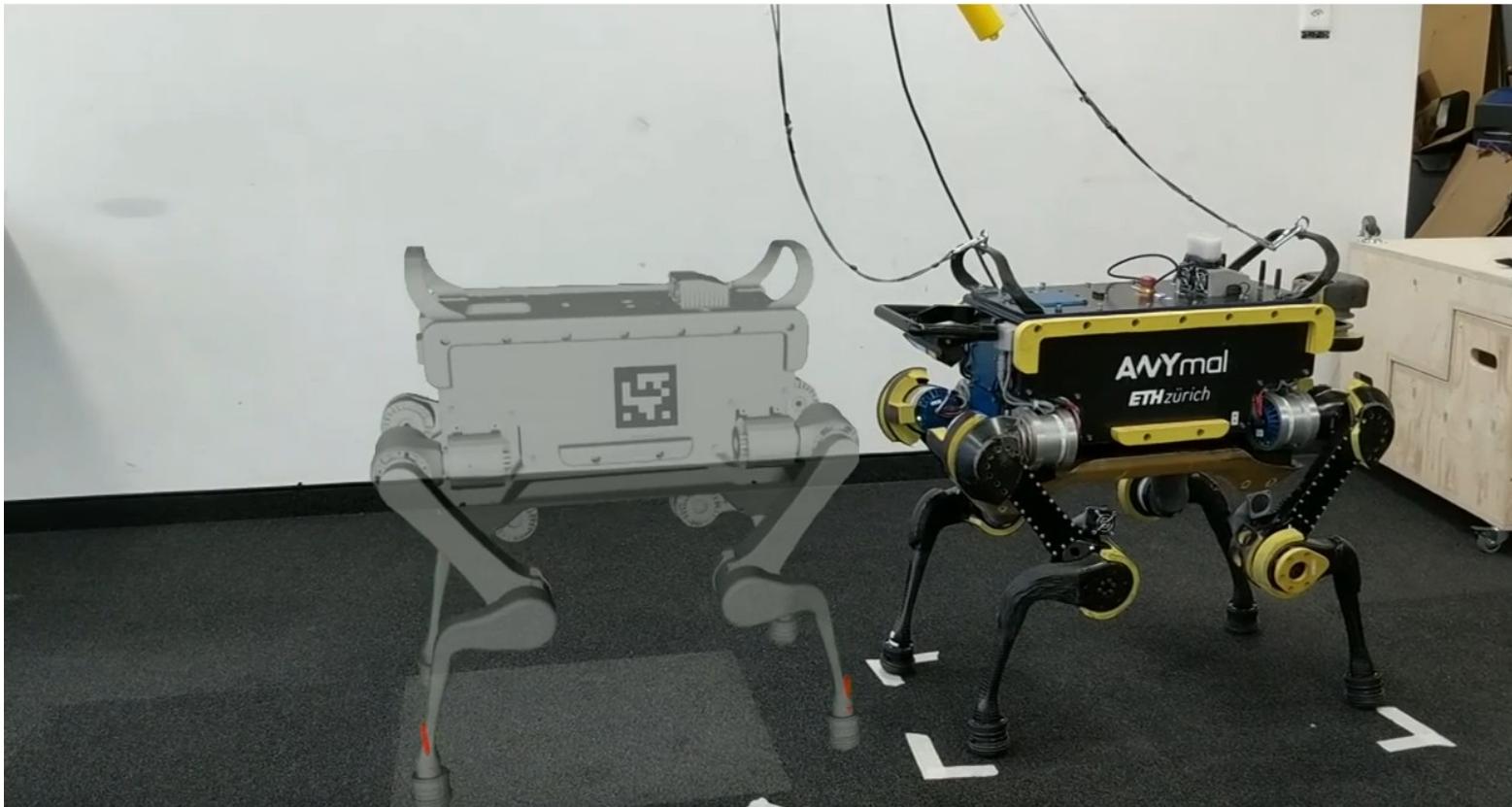
Necesidad de los simuladores

- Entrenar/mejorar o probar nuevas funcionalidades antes de salir a producción.



Necesidad de los simuladores

- Experimentación y testeo de algoritmos cinemáticos



Necesidad de los simuladores

- Ademas ...
 - No es necesario entender y comprender profundamente todas las disciplinas en robótica.
 - Ahorro de tiempo y dinero.
 - Experimentación es la base de la ciencia e investigación.



Auge en los simuladores

- Es posible iterar más rápidamente sobre nuestro robot y algoritmo para realizar mejoras.
- Muchos más robots al alcance de la mano pero todavía con precios elevados.
- El aumento de algoritmos basados en aprendizaje (deep learning) implica realizar multitud de simulaciones hasta encontrar los parámetros óptimos:
 - Conducción autónoma:
 - https://www.youtube.com/watch?v=VMp6pq6_QjI&t=258s
 - Aprender a andar:
 - <https://www.youtube.com/watch?v=gn4nRCC9TwQ>

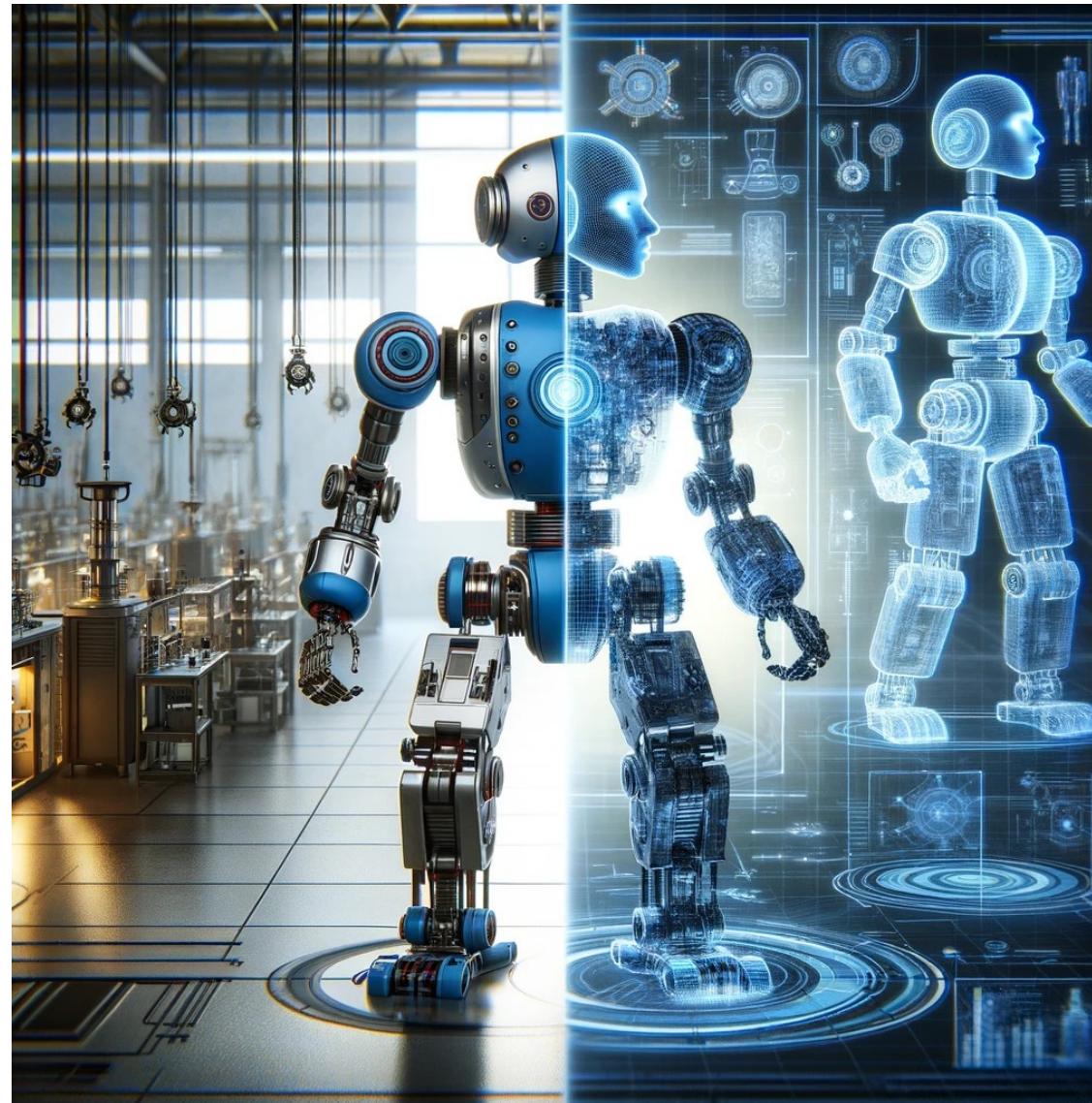


Auge en los simuladores

- Si no usas simuladores ... (o incluso usándolos)



Gemelos digitales



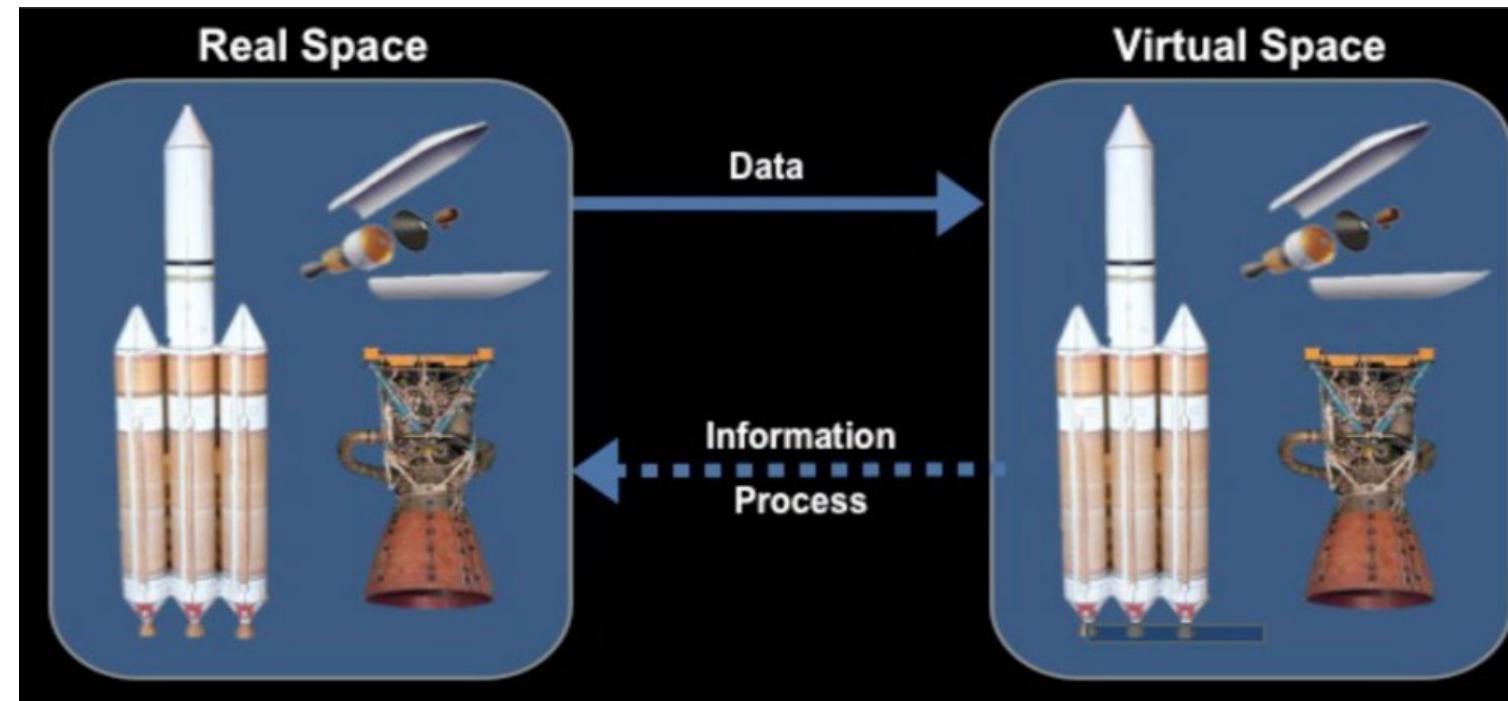
Gemelos Digitales

- Un Gemelo Digital o “*Digital Twin*” es una representación o modelo virtual con precisión de un componente físico.
- Puede ser un robot, parte de un robot, un coche, una turbina o un actuador.
- El objetivo es realizar pruebas e investigaciones utilizando el Gemelo Digital y luego pasarlas al objeto físico. Es posible realizar comunicación en tiempo real entre ambos gemelos.
- No confundir gemelo digital con simulador.



Gemelos Digitales

- El concepto de Gemelo Digital no se acuñó hasta 2002, pero la NASA en 1960 ya utilizaba replicas exactas de las naves que mandaba al espacio.
- Lo llamaban un “living model”, por ejemplo de la misión de Apollo 13

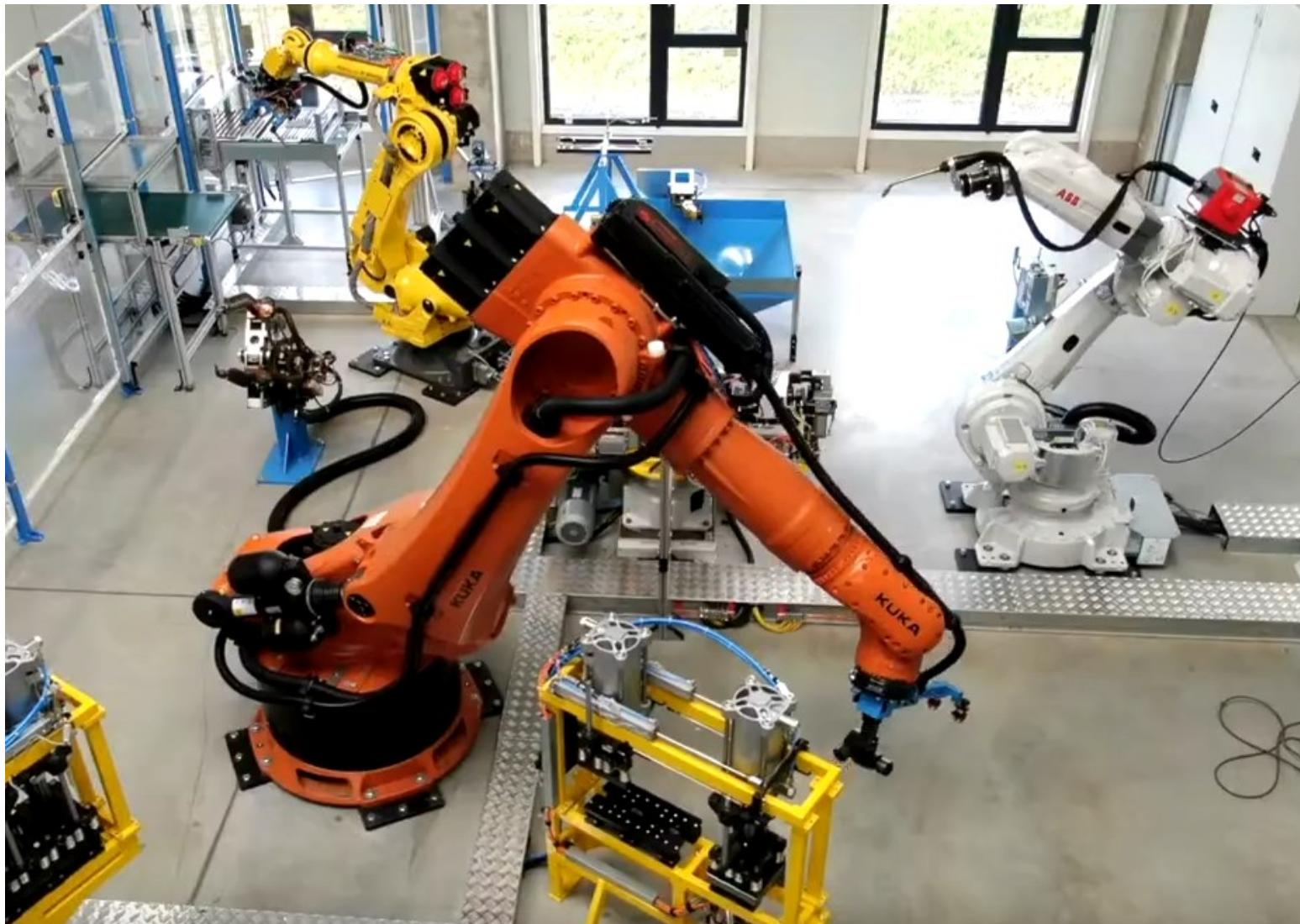


Gemelos Digitales

- Ventajas y Beneficios
 - I&D: Permiten realizar un mejor y más eficiente investigación y desarrollo sobre el producto.
 - Mayor eficiencia: Ayudan a reflejar y supervisar los sistemas de producción maximizando la eficiencia.
 - Anticipación: a los problemas antes de que ocurran en el producto físico.
 - Datos: Toma de decisiones basadas siempre en datos.

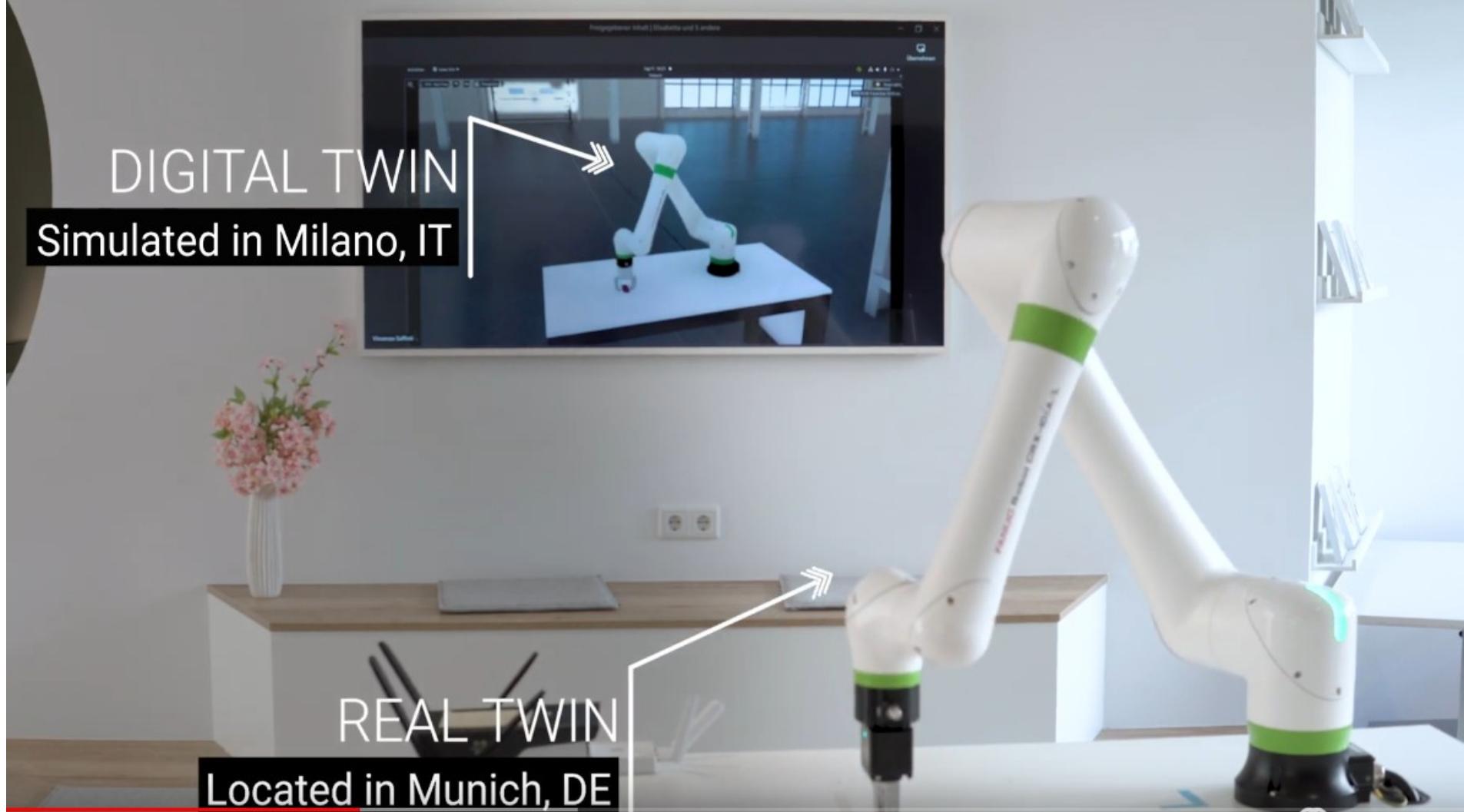


Gemelos Digitales



<https://www.youtube.com/watch?v=N0JDVaK--ZE>

Gemelos Digitales



<https://youtu.be/w4zIVwsiQUk>



SIMULADORES



Simulador

- Es un componente físico o virtual que reproduce un comportamiento determinado de objetos y de su entorno.
- Su objetivo principal es proporcionar una experiencia lo más cercana posible a la realidad, pero en un entorno seguro y controlado.
- Los simuladores por lo general se basan en modelos matemáticos, físicos y computacionales que recrean situaciones específicas.
- Cada vez más utilizados en diferentes industrias gracias a su aporte y valor.



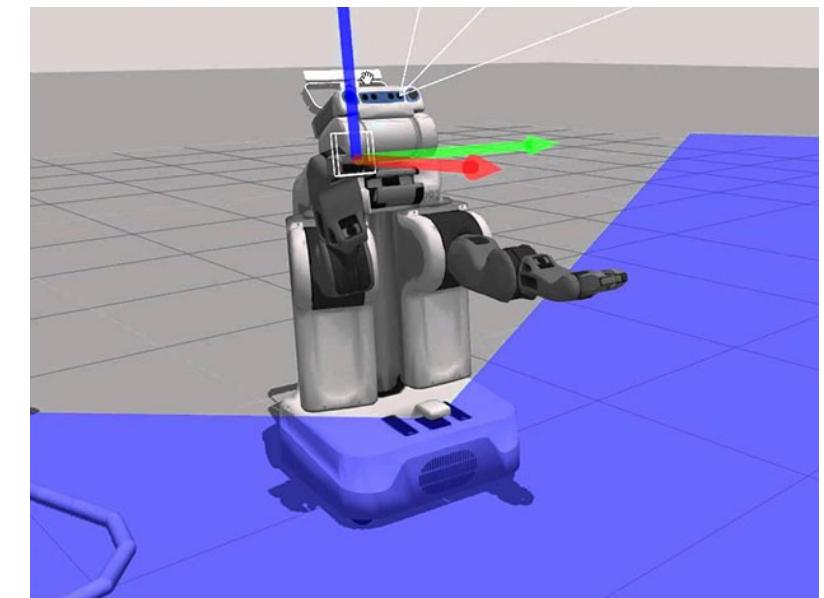
- ... de vuelo
- ... médicos
- ... conducción
- ... militares
- ... realidad virtual
- ... negocios
- ... educativos
- ... deportivos
- ... desastres
- ... procesos industriales

Simulador



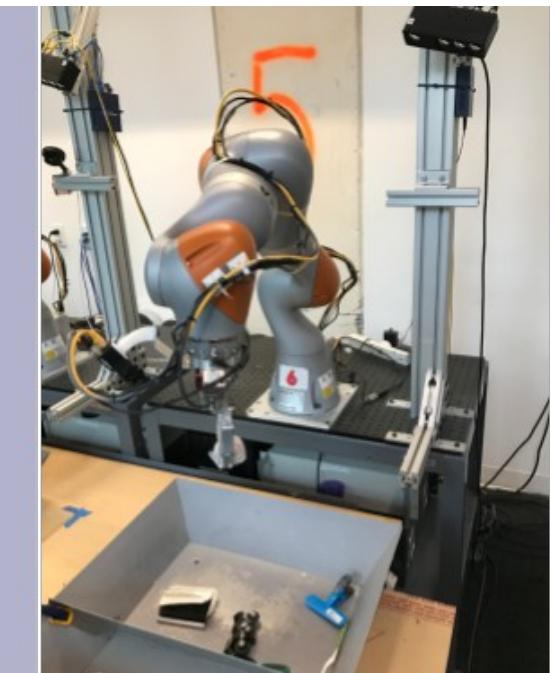
Simulador de Robots

- Nos enfocamos en simuladores que permitan simular robots o robots móviles en diferentes medios y condiciones.
- Uso más profundo
- Entendiendo los detalles
- Analizando cuantitativamente los comportamientos
- Tomando decisiones



Características de un Simulador

- Render realista
- Simulación de cuerpos rígidos
- Motor de físicas (colisiones, rozamiento, inercia, ...)
- Posibilidad de modelar entornos/mundos
- Sensores y actuadores
- Modelos de robots reales
- Integración con middlewares externos
- Interacción con hardware.



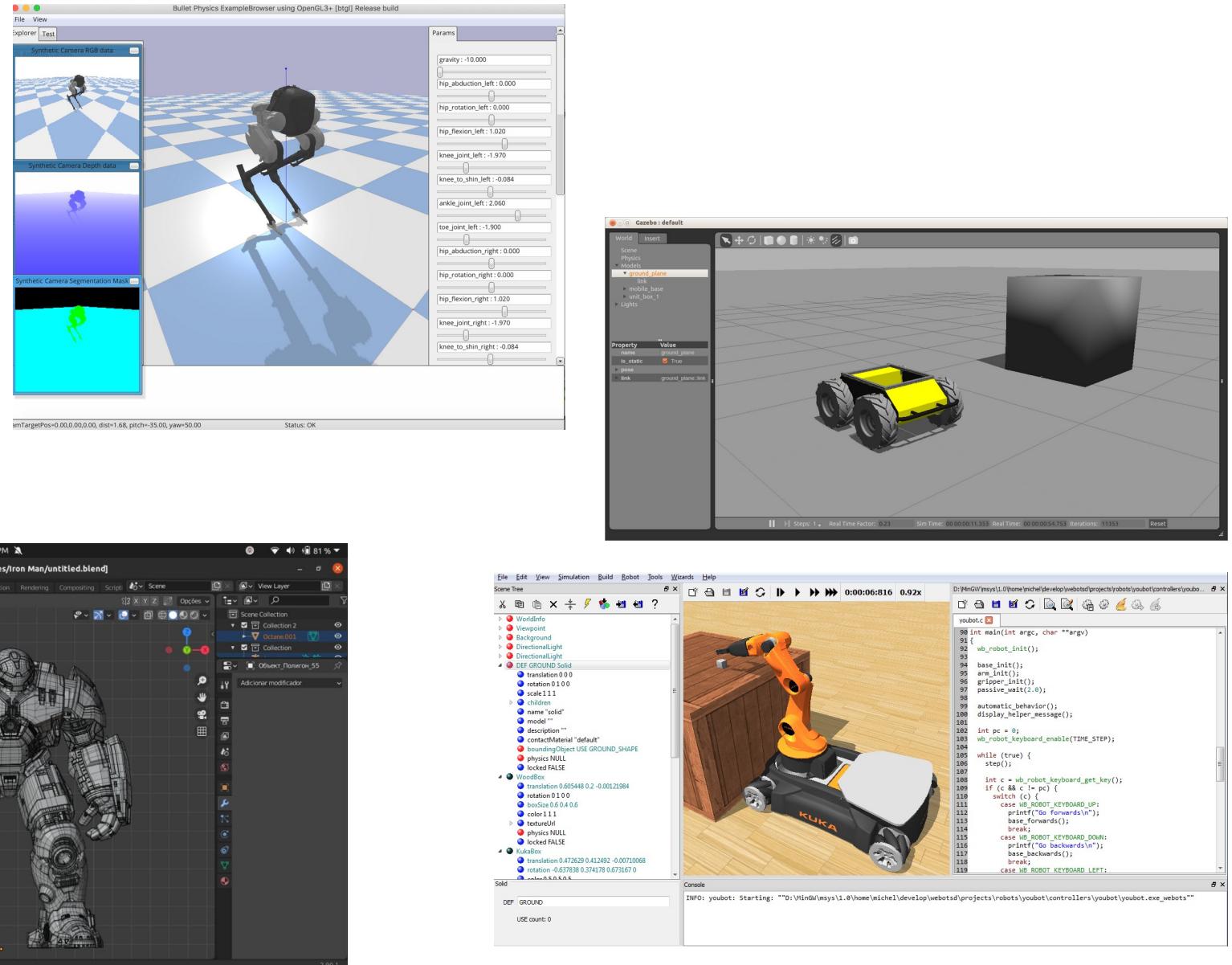
Simuladores para Robots

- Open Source
 - Gazebo, CARLA, Webots, Mujoco, PyBullet, Pyro, Simbad, AirSim, OpenSim, UsarSim, OpenRave, Blender, EyeSim
- Propietarios
 - Marilou, Cogmaition, Ms Robotics Studio, Modelica, Robologix, Simulink, Matlab, EasyRob



- Gazebo
- Webots
- PyBullet
- CARLA
- ...

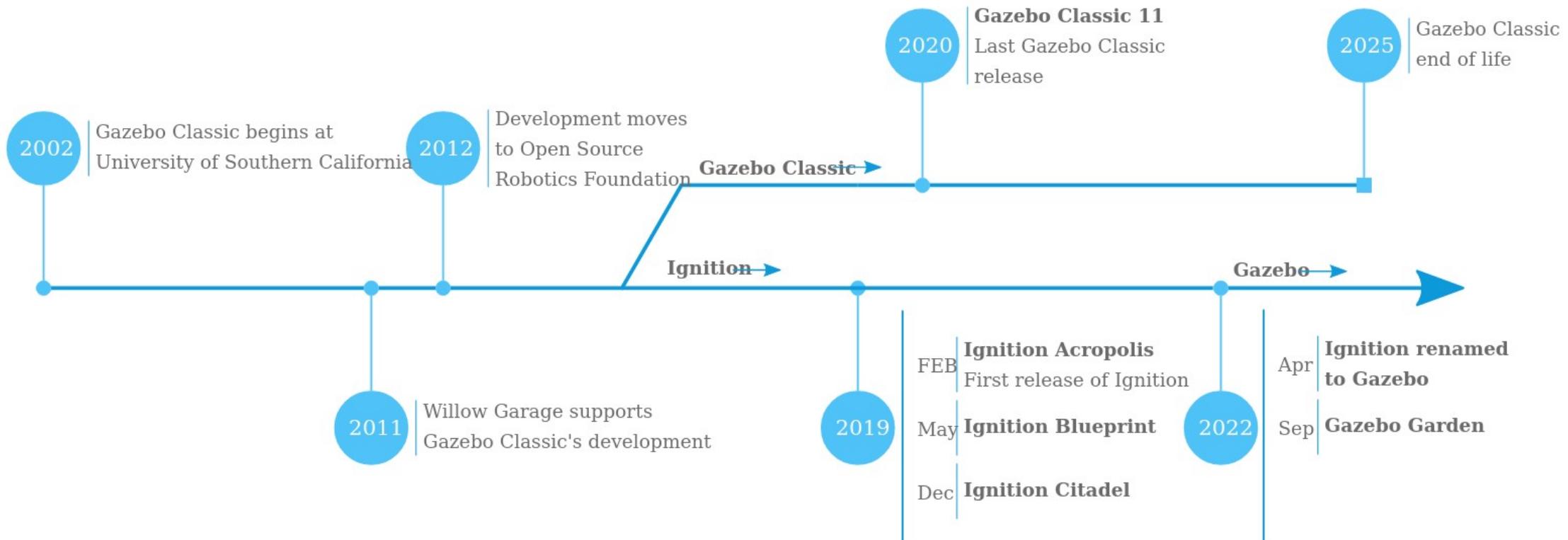
Simuladores para Robots



Gazebo

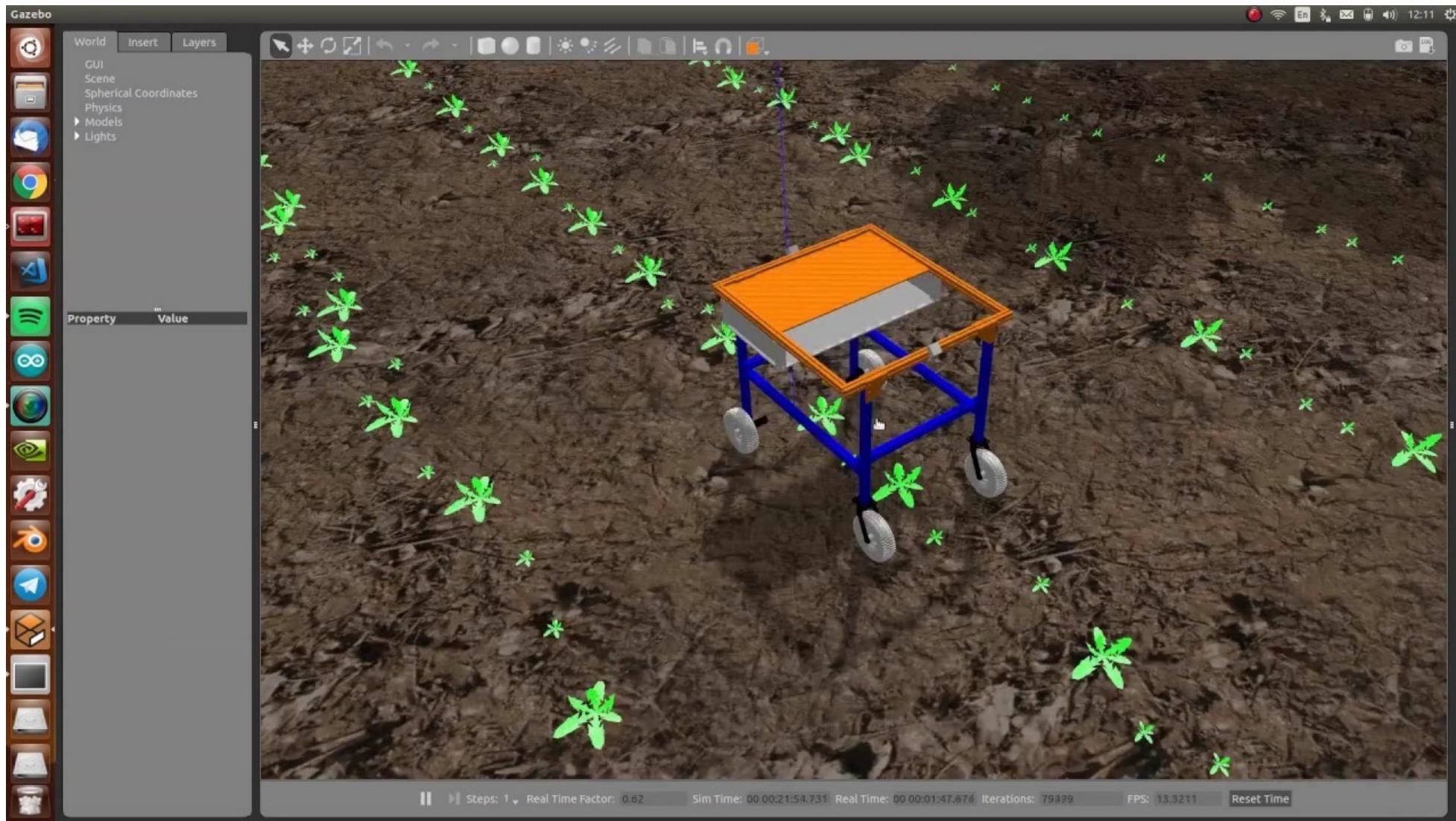
- Gazebo 11, Gazebo Classic, Gazebo Ignition, Gazebo

Introducción



Gazebo 11

Introducción



Gazebo 11



Dynamics Simulation

Access multiple high-performance physics engines including [ODE](#), [Bullet](#), [Simbody](#), and [DART](#).



Advanced 3D Graphics

Utilizing [OGRE](#), Gazebo provides realistic rendering of environments including high-quality lighting, shadows, and textures.



Sensors and Noise

Generate sensor data, optionally with noise, from laser range finders, 2D/3D cameras, Kinect style sensors, contact sensors, force-torque, and more.



Plugins

Develop custom plugins for robot, sensor, and environmental control. Plugins provide direct access to Gazebo's [API](#).



TCP/IP Transport

Run simulation on remote servers, and interface to Gazebo through socket-based message passing using Google [Protobufs](#).



Cloud Simulation

Use [CloudSim](#) to run Gazebo on Amazon AWS and [GzWeb](#) to interact with the simulation through a browser.



Command Line Tools

Extensive command line tools facilitate simulation introspection and control.



Robot Models

Many robots are provided including PR2, Pioneer2 DX, iRobot Create, and TurtleBot. Or build your own using [SDF](#).

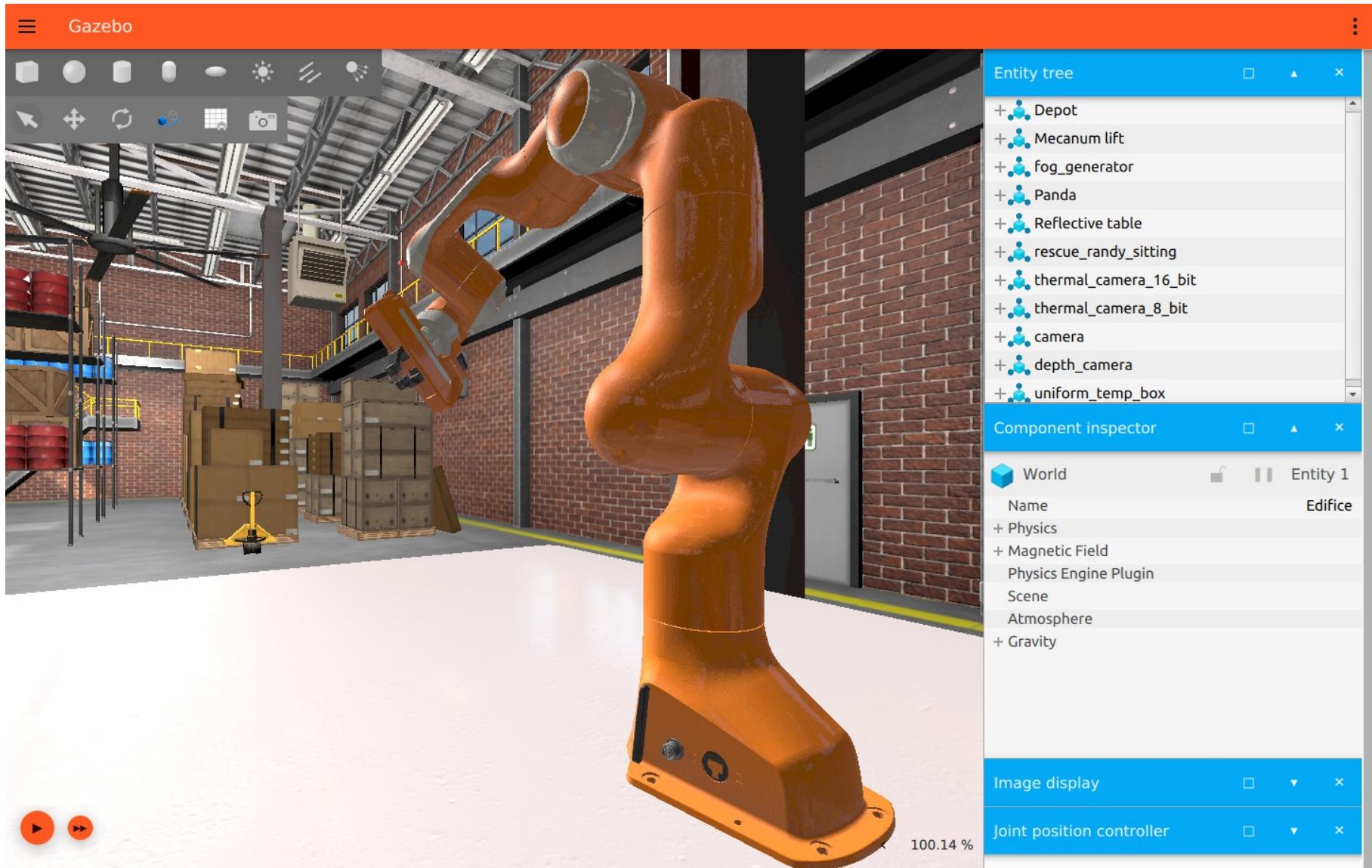
Gazebo (garden)

- Gazebo Transport
- Sensores
- Físicas: DART (Dynamic Animation and Robotics Toolkit)
- Render: OGRE and OptiX (nvidia)

Simulation	Transport	Sensors	Physics	Rendering
 Advanced robot simulator for research, design, and development. Learn More	 Distributed asynchronous message passing based. Learn More	 Extensive set of sensor and noise models. Learn More	 A plugin-based interface to physics engines. Learn More	 A plugin based interface to rendering engines. Learn More



Gazebo (garden)





Gazebo

- Conducción Autónoma coches de carreras
- Reinforcement Learning / Deep Learning
- DeepRacer



Gazebo / Deep Racer

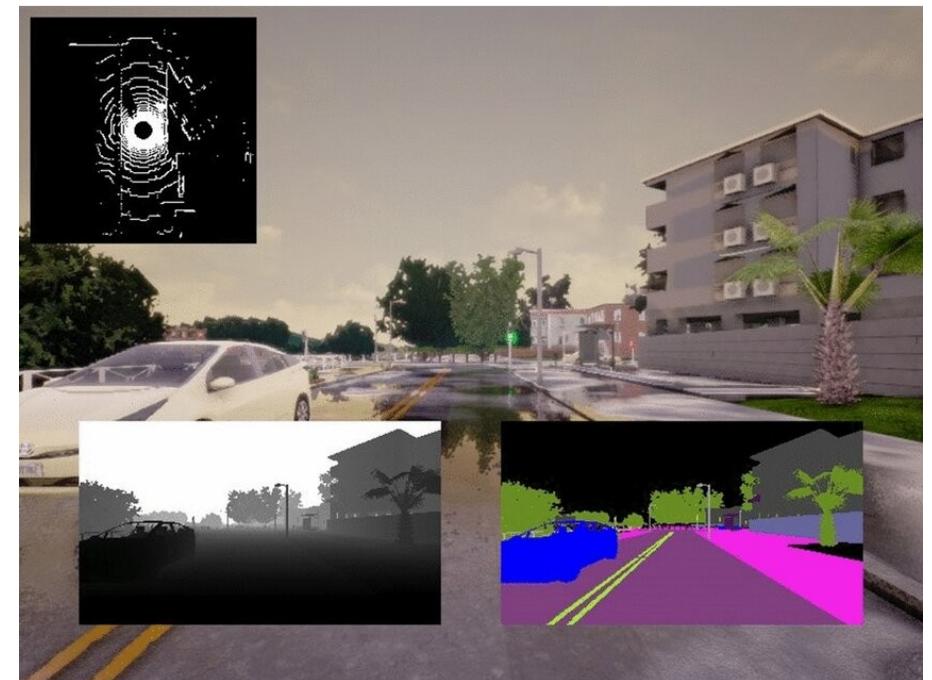


https://www.youtube.com/watch?v=g7wZ5BbI_jo&ab_channel=RoboticsLabURJC

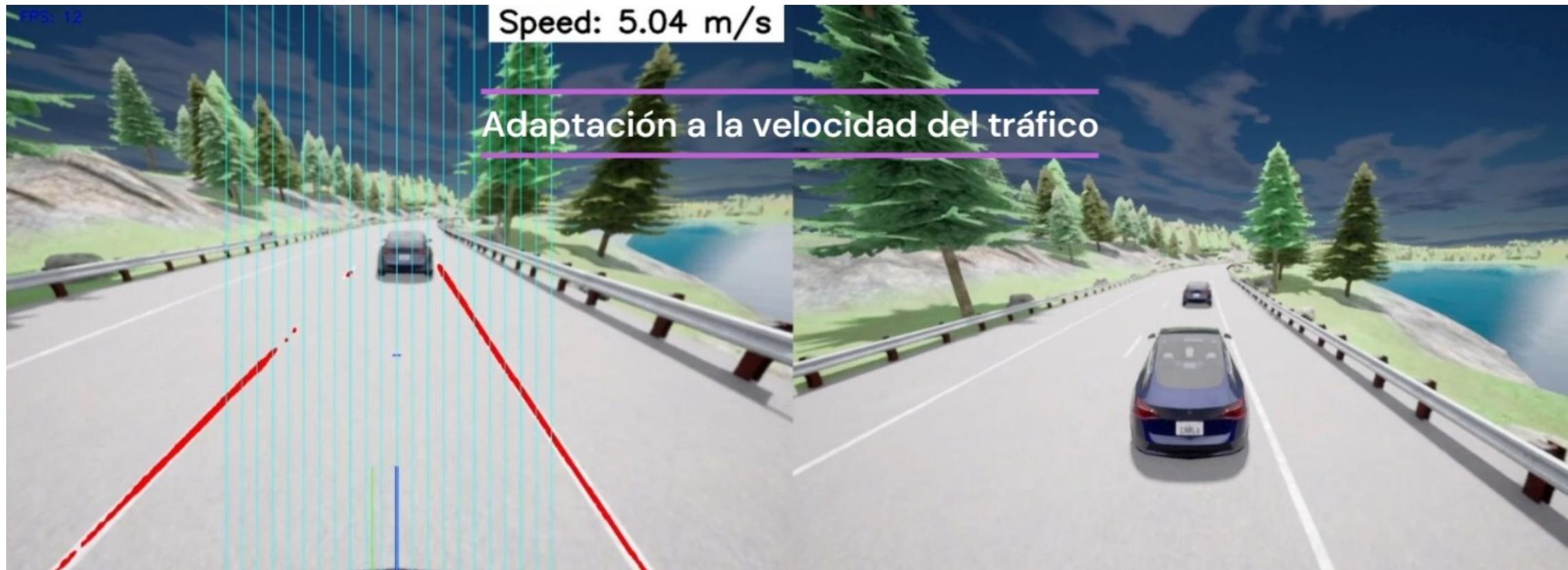


CARLA

- Simulador para conducción autónoma
- Open Source
- Muy extendido en investigación.



CARLA / Adaptación al tráfico

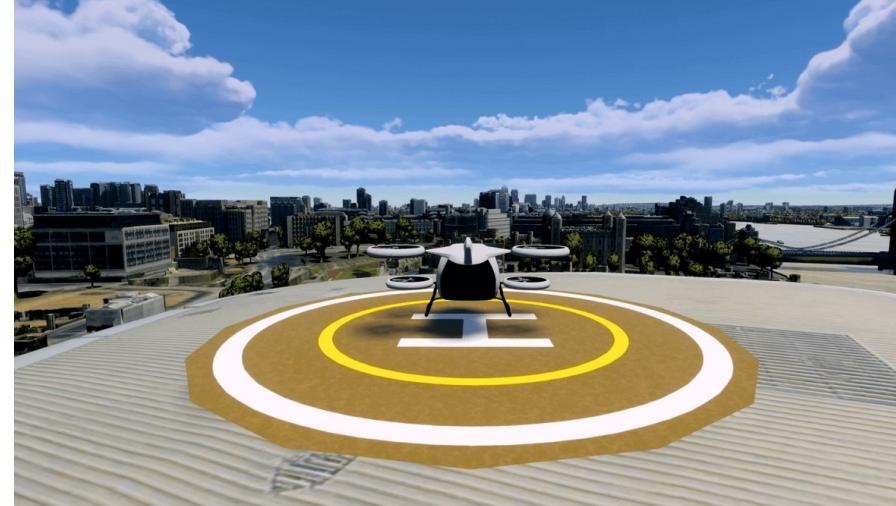


https://www.youtube.com/watch?v=jHeQ-mYWvl4&ab_channel=RoboticsLabURJC



AirSim

- AirSim es un simulador multiplataforma de código abierto para drones, vehículos terrestres como automóviles
- AirSim + PX4 + ROS

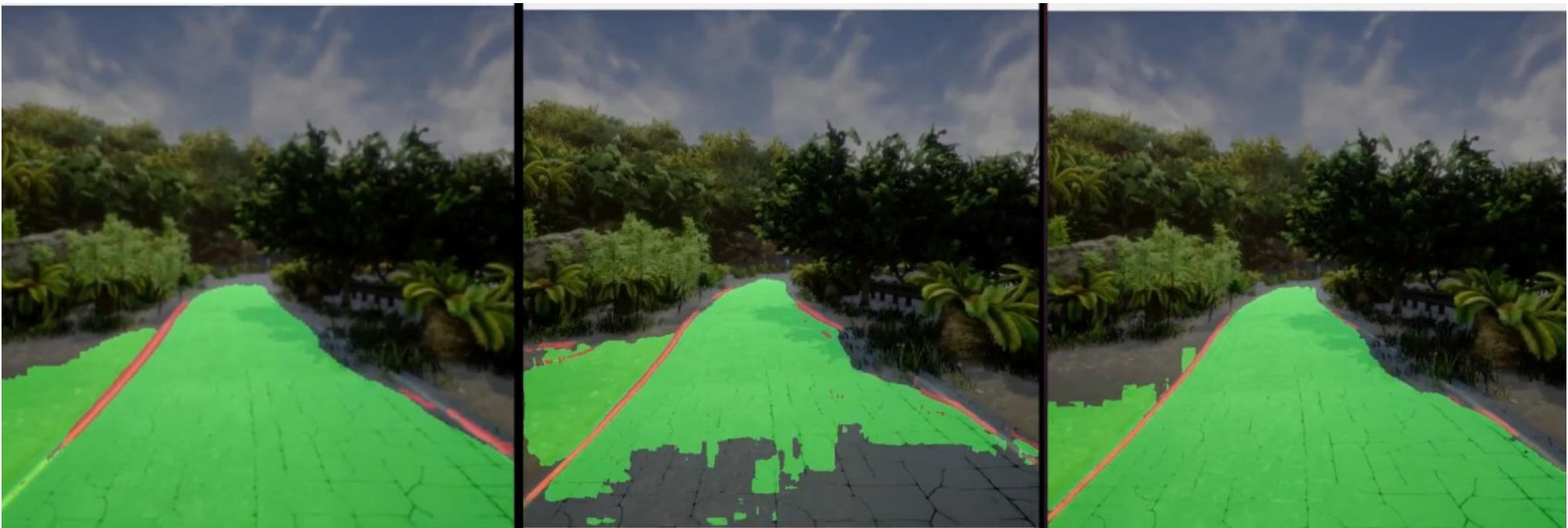


https://www.youtube.com/watch?v=-WfTr1-OBGQ&ab_channel=ShitalShah



AirSim

- Drone exploration
- Reinforcement Learning



https://www.youtube.com/watch?v=G0New6pOUs&ab_channel=BB6

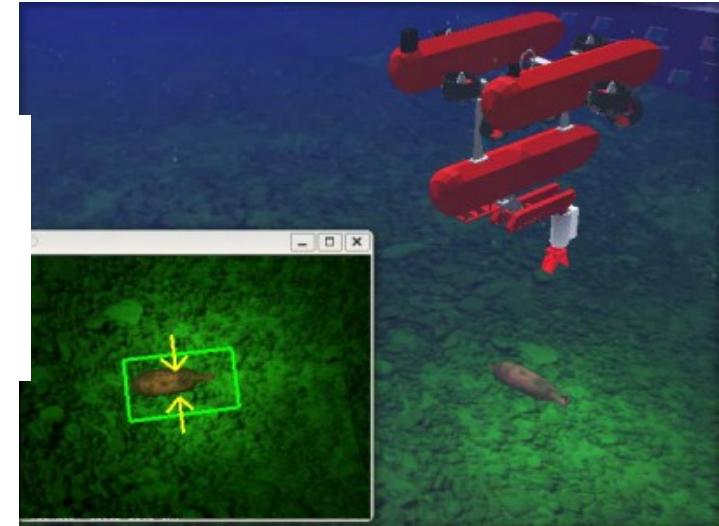
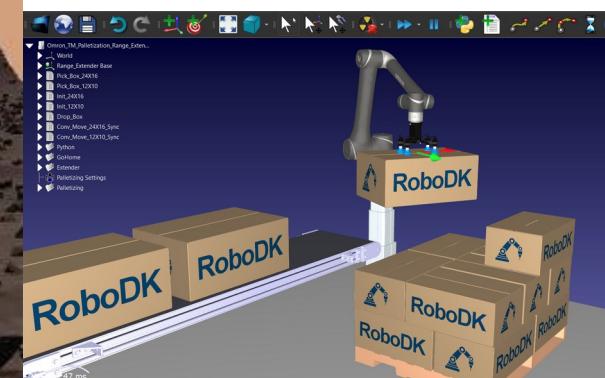


- UWSim
- Trick (NASA)
- RoboDK
- ROAMS (JPL NASA)



trick

Otros



Bibliografía

- *Blender 3D: Designing Objects* (2016) By Romain Caudron, Pierre-Armand Nicq and Enrico Valenza
- *Physics for Animators* by Michele Bousquet
- *Hands-On ROS for Robotics Programming* (2020) by Bernardo Ronquillo Japon
- NASA's Perseverance Rover is on its way to Mars
<https://www.youtube.com/watch?v=MWD0tDoa3WU>
- Recuerda, toda la bibliografía es accesible desde:





Escuela de Ingeniería
de Fuenlabrada

GSyC



RoboticsLabURJC
Programming Robot Intelligence

