



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE  
TELECOMUNICACIÓN

GRADO EN INGENIERÍA EN SISTEMAS  
AUDIOVISUALES Y MULTIMEDIA

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Por Definir

Autor: Roberto Pérez González

Tutor: José María Cañas Plaza

Curso académico 2018/2019

# Resumen

La plataforma JdeRobot nació como un paquete de softwares para el desarrollo de aplicaciones robóticas y visión artificial. El propósito de la plataforma es crear herramientas y controladores que faciliten la conexión con componentes hardware. La plataforma esta principalmente desarrollada en C++ y Python.

El propósito de este proyecto es facilitar el uso de las diferentes aplicaciones mediante el uso de tecnologías web en el front-end. Esta tecnología nos permite la ejecución de las diferentes herramientas con independencia del sistema operativo en que se está ejecutando. Además, utilizando el framework Electron, seremos capaces de crear aplicaciones de escritorio evitando de este modo problemas de compatibilidades entre los diferentes navegadores web que hay actualmente.

El desarrollo de este proyecto se realizará utilizando JavaScript, HTML5 y CSV en el cliente, y NodeJS en el servidor, sobre el cual está implementada la tecnología de Electron. Además me apoyare en los middleware ZeroC ICE y ROS para la interconexión cliente-servidor.

La primera parte del proyecto está centrada en la adaptación de los Visores existentes en la plataforma JdeRobot para que funcionen como aplicaciones de escritorio. Estos visores son Turtlebotviz, Droneviz y Camviz. Para finalizar esta parte, me centrare en este último visor para hacerlo funcionar con los dos principales middleware de comunicación: ZeroC ICE (como hasta ahora) y ROS.

La segunda parte, consiste en la creación de un nuevo visor web que mostrara objetos 3D, desde un simple punto o segmento, hasta objetos más complejos que se obtienen a partir de modelos 3D. Una de las funciones de este visor es la de ser utilizado en la práctica de JdeRobot Academy “Reconstrucción 3D”.

El último propósito de este proyecto es la elaboración de un nuevo componente para la plataforma JdeRobot. Este nuevo componente será un servidor de imágenes obtenidas a través de cámaras web y servidas a los diferentes visores. Este componente utiliza como middleware de comunicación ROS.

# Índice general

# Capítulo 1

## Introducción

En este primer capítulo voy a tratar de explicar el contexto de las bases tecnológicas en las que se apoya este proyecto, que son principalmente las tecnologías web y la robótica. Para empezar hablare del contexto de las tecnologías web y como de importantes son en la sociedad actual, para continuar explicando su arquitectura y las tecnologías más importantes. Continuare hablando sobre el estado actual de la robótica y la gran expansión de la misma en nuestros días. Para finalizar este capitulo, introduciré en Jderobot y en los proyectos previos que combinan tecnologías web con componentes robóticos.

### 1.1. Tecnologías de desarrollo web

#### 1.1.1. Introducción

Desde que en el año 1992, Tim Berners-Lee ideara y desarrollara las primeras herramientas para facilitar compartir información entre los científicos del CERN desde cualquier parte del mundo, dando lugar a la posteriormente llamada World Wide Web o como se conoce coloquialmente la web, ha sufrido una gran evolución, consiguiendo que la sociedad actual no se pueda entender sin la existencia de la misma. Sin embargo, pese a la gran evolución, el propósito de la web no ha cambiado, es decir que acceder a la información sea lo más fácil posible, si lo ha hecho la manera en que la utilizamos. La aparición de aplicaciones web como las redes sociales, los servicio de streaming o los comercios electrónicos, han supuesto un impulso importante en el uso de la web y, por

consiguiente, la necesidad de idear nuevas herramientas que faciliten el desarrollo de webs.

### 1.1.2. Arquitectura de una aplicación web

Desde su creación, el modelo para que un sitio o aplicación web funcione no ha variado.

- Cliente: Realiza las peticiones de recursos a diferentes servidores web a través de un localizador uniforme de recursos (URL). Generalmente, la función de cliente la realiza un navegador.
- Servidor: Almacena la información de la aplicación web y sirve los contenidos acorde a las peticiones realizadas por el navegador.
- Http: Es el protocolo creado por Berners-Lee que permite el intercambio de información entre el cliente y el servidor.



Figura 1.1: Arquitectura de una aplicación web

### 1.1.3. Tecnologías del lado del cliente

Estas tecnologías son las encargadas de dar forma a la interfaz de usuario y de establecer la comunicación con el servidor. El navegador es capaz de leer e interpretar estas tecnologías. Las más utilizadas son las siguientes:

- Hyper-Text Markup Language (HTML): Es el lenguaje de descripción de aplicaciones web que nos permite especificar las características visuales.
- Hojas de estilo en cascada (CSS): Es el lenguaje utilizado para describir la presentación semántica (el aspecto y el formato) de un documento en lenguaje de marcas.
- JavaScript: Es un lenguaje de script orientado a objetos y guiado por eventos que nos permiten realizar acciones en el cliente e interactuar con el servidor u otras aplicaciones web.

### 1.1.4. Tecnologías del lado del servidor

Estas tecnologías son las encargadas de dar forma al servidor web de manera que permita el acceso a bases de datos, conexiones de red, recursos compartidos, en definitiva, se encarga de realizar todas las tareas necesarias para crear la aplicación web que se visualizara en el cliente. Las tecnologías más utilizadas son las siguientes:

- Common Gateway Interface (CGI): Fue de las primeras tecnologías del lado del servidor en aparecer, se creó inicialmente para gestionar formularios. No se trata de un lenguaje de programación sino de un mecanismo de comunicación entre el cliente y un programa externo, que proporcionara el contenido de la aplicación web. Actualmente se utiliza una variante llamada Fast-CGI que proporciona una mayor rapidez.
- PHP: Creado en 1994, es la tecnología más utilizada. Se trata de un lenguaje de programación de uso general de script que originalmente fue diseñado para proporcionar contenido web dinámico. Su código está empujado en el código HTML y es interpretado por un servidor web para generar la aplicación web, evitando la necesidad de acceder a un archivo externo.

- **Servlets:** Son programas escritos en Java que se ejecutan sobre un servidor de aplicaciones mediante la maquina virtual de Java (JVM). Estos programas (servlets) son ejecutados por el servidor para manejar cada una de las peticiones del cliente. Se trata de una tecnología con un concepto similar a CGI, pero beneficiándose de las ventajas de el entorno Java.
- **JavaServer Pages (JSP):** Se trata de una tecnología Java que permite generar contenido web dinámico en forma de documentos HTML. El código Java, a diferencia que en los Servlets, va incrustado en el HTML y se compila dinámicamente como un servlet.
- **Active Server Page (ASP):** Creado por Microsoft en 1996. Se trata de código que se ejecuta en el servidor y genera un archivo HTML que devuelve al cliente. Al ser una tecnología creada por Microsoft, permite la compatibilidad con componentes ActiveX (acceso a base de datos, scripts, etc) lo que proporciona una gran potencia y flexibilidad. Esta tecnología solo puede ser utilizada en servidores con sistemas operativos de Microsoft.
- **Python, Django:** Se trata de un framework programado en Python que proporciona un conjunto de componentes en el lado del servidor para ayudar a la hora de desarrollar una aplicación web. Sigue el diseño de Modelo-Vista-Controlador, que se trata de un modelo que separa la lógica y datos de la interfaz gráfica y de las comunicaciones y eventos. Cuando un cliente solicita una URL al servidor, esta paso por Django que analizara la URL solicitada y pasara la petición a la función correspondiente llamada vista. En esta función se ejecutara lo necesario para proporcionar al cliente lo solicitado con su URL.
- **Ruby on Rails:** Al igual que Django, Ruby on Rails se trata de un framework para facilitar el desarrollador web programado en Ruby que sigue el diseño de Modelo-Vista-Controlador. El funcionamiento de Django y Rails es muy similar, siendo la principal diferencia el lenguaje en el que están programados, siendo necesario menos código en el caso de Rails.
- **Node.js:** Se trata de un entorno de ejecución multiplataforma de código abierto para el lado del servidor basandose en el lenguaje JavaScript. Este entorno se basa en eventos y gestiona todas las operaciones con una programación asíncrona. Todo

esto facilita el desarrollo de aplicaciones web escalables de manera sencilla y con robustas.

## 1.2. Robotica

### 1.2.1. Introducción

El diccionario de la Real Academia Española define robótica como la técnica que aplica la informática al diseño y empleo de aparatos que, en sustitución de personas, realizan operaciones o trabajos, por lo general en instalaciones industriales. El termino robótica proviene del escritor y profesor de bioquímica Isaac Asimov, quien, en su Saga de la Fundación, definió las leyes de la robótica:

- Primera ley: Un robot no puede hacer daño a un ser humano ni, por inacción, permitir que un ser humano sufra daño.
- Segunda ley: Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, excepto cuando estas entren en conflicto con la primera ley.
- Tercera ley: Un robot debe proteger su propia integridad, siempre y cuando esto no impida el cumplimiento de la primera y segunda ley.

Desde que Asimov acuñara estas tres leyes, la sociedad a temido lo que los robot puedan hacer al ser humano, desde esclavizarnos hasta quitarnos el trabajo, siendo este miedo el más reciente y el que ha supuesto un mayor freno al desarrollo. Sin embargo, con el paso del tiempo, nos hemos dado cuenta que la robótica tiene una gran utilidad para hacer avanzar la sociedad. Ya no solo pensamos en robótica como en un humanoide que pueda remplazar al ser humano como nos muestran tantas obras literarias y cinematográficas, sino que vemos robótica a lo largo de nuestro día a días, desde un brazo mecánico en una cadena de montaje, hasta un aspirador robótico. Gracias a la robótica, tareas hasta hoy conllevaban riesgos para la salud humana como la desactivación de artefactos explosivos o trabajos con altas temperaturas, o tareas pesadas y repetitivas se pueden realizar de manera más eficiente y fácil gracias a la robotización de las mismas.

Todo robot debe tener una parte hardware (el componente robótico ya sea real o simulado) y una parte software (la lógica de ese componente robótico).



### 1.2.2. Softwares para el desarrollo de componentes robóticos

El software es el encargado de proporcionar al robot la inteligencia y autonomía necesaria para que realice las funciones o acciones que deseamos. Para facilitar esta tarea, sean creado middleware y bibliotecas específicas.

#### 1.2.2.1. Middleware

Un robot es un sistema complejo ya que es un conjunto de diferentes componentes hardware y software (sensores, actuadores, etc). Para cada robot, sería necesario un software personalizado que sea capaz de: leer y extraer la información necesaria de cada uno de los sensores, calcular y enviar las secuencias de acciones para que realice una determinada tarea o acción, controlar los actuadores, etc. Desarrollar este software se vuelve una tarea compleja e inútil dado que por lo general, si cambiáramos de robot este software no funcionaría de manera correcta. En este escenario es donde un middleware nos proporcionara las herramientas que necesitamos para facilitar en gran medida la labor, ya que nos permitirá estructurar el software separando las diferentes tareas (lectura de sensores, extracción de datos, especificar la velocidad, etc) y haciendo exportable el uso de este software con cualquier otro sistema robótico al tener un marco común de comunicación gracias al middleware. Actualmente hay una gran cantidad de middleware que permiten esta abstracción, siendo algunos de los más destacados los que señalo a continuación:

- Robot Operating System (ROS)<sup>1</sup>: Pese a ser un middleware, se podría decir que ROS pretende ser algo más. Nos provee de la funcionalidad que cabría esperar de un sistema operativo (abstracción del hardware, control de dispositivos de bajo nivel, la transferencia de mensajes entre procesos, administración de paquetes, etc). El principal objetivo es permitir la reutilización del código en la investigación y desarrollo de robótica, lanzando paquetes de software que están listos para ser usados por cualquier desarrollador. ROS cuenta con una gran comunidad de colaboradores, que comparten sus paquetes y proyectos, gracias a su sitio web y repositorios.
- Internet Communication Engine (ICE)<sup>2</sup>: Creado por la empresa ZeroC, se trata de

---

<sup>1</sup><http://www.ros.org/>

<sup>2</sup><https://zeroc.com/>

un middleware orientado a objetos que permite la creación de aplicaciones multilenguaje y multiplataforma, permitiendo la comunicación con diferentes arquitecturas de red (UDP, TCP, WebSockets, etc). ICE no es un middleware robótico propiamente dicho, pero su uso facilita el desarrollo de la conectividad con sistemas robóticos, al permitirnos crear nuestras propias interfaces para el intercambio de datos.

- Open Robot Control Software project (Orocos) <sup>3</sup>: Se trata de un proyecto de software libre cuyo objetivo es la creación de un paquete de software para el control de robots.
- Orca <sup>4</sup>: Se trata de un middleware de código libre que se originó a partir del proyecto Orocos. Orca está diseñado para desarrollar sistemas robóticos basados en componentes. Su principal objetivo es permitir, facilitar y simplificar la reutilización del código entre desarrolladores.
- Middleware for Robots (Miro): Se trata de un middleware orientado a objetos para el control de robots móviles, y basado en CORBA (Common Object Request Broker Architecture). El hecho de que sea orientado a objetos permite la interoperabilidad entre procesos y plataformas cruzadas para el control de robots distribuidos.
- JdeRobot <sup>5</sup>: Se trata de una plataforma de código abierto para el desarrollo de aplicaciones de visión artificial y robóticas, compatible con middlewares de comunicación ICE y ROS y desarrolladas principalmente en Python y C++.

### 1.2.2.2. Bibliotecas

En programación, una biblioteca es una colección de recursos utilizados para el desarrollo de software. Hay multitud de bibliotecas para el desarrollo de sistemas robóticos: bibliotecas para procesar imágenes, interactuar con el robot, procesar elementos 3D, etc. Las bibliotecas más utilizadas son:

- OpenCV <sup>6</sup>: Es la biblioteca de visión artificial por excelencia. Creada originalmente por Intel, es de código abierto y desarrollada en C++. Actualmente dispone

---

<sup>3</sup><http://www.oroocos.org/>

<sup>4</sup><https://www.orcaconfig.com/>

<sup>5</sup><https://jderobot.org/>

<sup>6</sup><https://opencv.org/>

de interfaces en C++, C, Python, Java y están empezando a desarrollar para JavaScript.

- Point Cloud Library (PCL) <sup>7</sup>: Se trata de una biblioteca de código abierto que proporciona algoritmos para el procesamiento de nubes de puntos y geometría 3D.
- Bibliotecas de ROS: ROS proporciona bibliotecas para cada lenguaje de programación al que da soporte, ofreciendo una serie de funciones y algoritmos que nos permite crear aplicaciones que interactúan rápidamente con ROS. Las bibliotecas más utilizadas son rospy <sup>8</sup>, que está desarrollada para Python y roscpp <sup>9</sup>, que está desarrollada para ser usada con C++. Cabe destacada, también, la biblioteca roslibjs, que ofrece las funcionalidades para JavaScript.

### 1.2.2.3. Simuladores

Un simulador robótico nos permite imitar el funcionamiento de un sistema robótico para poder probar las aplicaciones, evitando que surjan fallos críticos a la hora de hacerlo funcionar con el sistema real. Estos fallos pueden conllevar averías muy costosas a nivel monetario y de tiempo, que conllevarían retrasos importantes a la hora de realizar el desarrollo. Los simuladores más utilizados son:

- Gazebo <sup>10</sup>: Se trata de uno de los simuladores más utilizados en la actualidad gracias a su fácil manejo y su intuitiva interface. Gazebo es un simulador de código abierto que ofrece múltiples motores de físicas, motores de renderizado avanzado, soporte para plugins y programación en la nube. Además, dispone de un gran número de robots, sensores y cámaras para simular, lo que permite realizar las pruebas de nuestras aplicaciones de forma bastante realista y, así poder utilizar nuestra aplicación con el sistema físico sin miedo a que sufra daños.
- ROS Development Studio (RDS <sup>11</sup>): Elaborado por la empresa española TheConstruct, se trata de un simulador web que permite simular sistemas robóticos, a la

---

<sup>7</sup><http://pointclouds.org/>

<sup>8</sup><http://wiki.ros.org/rospy>

<sup>9</sup><http://wiki.ros.org/roscpp>

<sup>10</sup><http://gazebo-sim.org/>

<sup>11</sup><http://www.theconstructsim.com/>

vez que ofrece un editor y una consola para poder crear nuestro código, pero únicamente ofrece soporte para Python gracias a Jupyter. La gran ventaja que ofrece este simulador es que no es necesario realizar ninguna instalación, simplemente registrarte en su página web y acceder con un navegador. Ofrecen desde una versión básica gratuita hasta una versión para expertos con una tarifa mensual.

Existen otros simuladores como son Stage para la simulación en 2D o Webots, pero no tan utilizados como Gazebo o sin las ventajas de RDS.

### 1.3. Tecnologías web en robótica

#### 1.3.1. Introducción

La utilización de tecnologías web en robótica es aún, pese a su aumento en los últimos tiempos, un campo con poco desarrollo. Sin embargo, debido a las ventajas que ofrece frente a otras tecnologías (el mismo código funciona en cualquier plataforma, no es necesario realizar ninguna instalación, etc) es un campo prometedor de cara al futuro.

Como he mencionado anteriormente, aún no hay muchos desarrollos basados en tecnologías web, siendo el más importante de ellos las bibliotecas y herramientas de código abierto para su utilización con el middleware ROS, elaboradas por la comunidad de Robot Web Tools <sup>12</sup>. Los desarrollos más importantes que han realizado son:

- Rosbridge Suite: Proporciona una interfaz usando JSON para ROS que permite a cualquier cliente enviar JSON para conectarnos con el robot, mediante las capas de comunicación WebSockets, UDP y TCP. Realmente podría entenderse como un servidor intermedio que recibe o envía la información a un cliente web.
- roslibjs: Se trata de la biblioteca que da soporte a la interacción entre una aplicación web desarrollada en JavaScript con ROS.
- ros2djs y ros3djs: Son las bibliotecas elaboradas para gestionar la visualización de elementos en dos y tres dimensiones, respectivamente. Están elaboradas utilizando roslibjs y proporcionan funciones que son estándares en ROS como la elaboración de mapas, el procesado de nubes de puntos o del escaneo laser.

---

<sup>12</sup><http://robotwebtools.org/>

Adicionalmente ofrecen una serie de herramientas como son un servidor de video web, una herramienta para mostrar e interactuar con la navegación autónoma del robot, una herramienta para la creación de teleoperadores de robots, etc.

### 1.3.2. Trabajos Previos

Este proyecto está basado en el TFG elaborado por Aitor Martinez <sup>13</sup>. En este trabajó, utilizando tecnologías web, creo tres aplicaciones que eran capaces de conectarse con varios sistemas robóticos.

#### 1.3.2.1. CameraViewjs

Se trata de un visualizador de imágenes, desarrollado utilizando JavaScript, HTML5 y CSS3 en el lado del Cliente y NodeJS en el lado del servidor, e ICE como middleware. Esta aplicación permite la visualización de las imágenes recibidas desde un servidor de imágenes, ya sean obtenidas desde una webcam, una cámara conectada a un robot o almacenadas en el dispositivo.

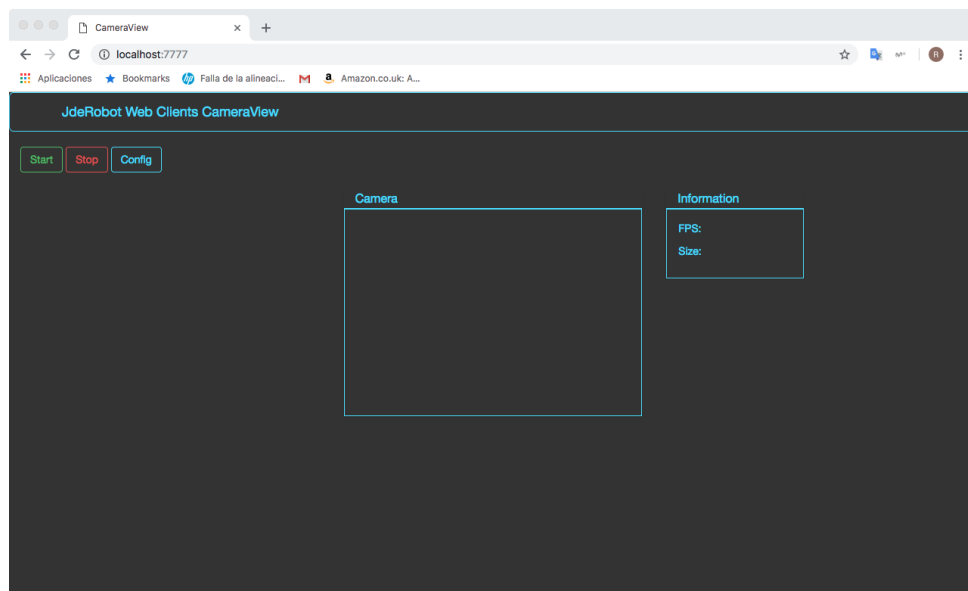


Figura 1.2: CameraViewjs

---

<sup>13</sup><https://jderobot.org/Aitormf-tfg>

### 1.3.2.2. KobukiViewerjs

Se trata de un visualizador y teleoperador de robots del tipo Turtlebot, desarrollado utilizando JavaScript, HTML5 y CSS3 en el lado del Cliente y NodeJS en el lado del servidor, e ICE como middleware. Consta de varias partes, la primera de ellas es mostrar las imágenes obtenidas a través de las dos cámaras de las que dispone el robot (izquierda y derecha), otra parte donde muestra la imagen del escaneo laser obtenida, una representación tridimensional del robot y el movimiento del mismo, y por último, el teleoperador, que envía al robot una velocidad lineal y otra angular para indicar tanto el movimiento en linear recta como la orientación del mismo.

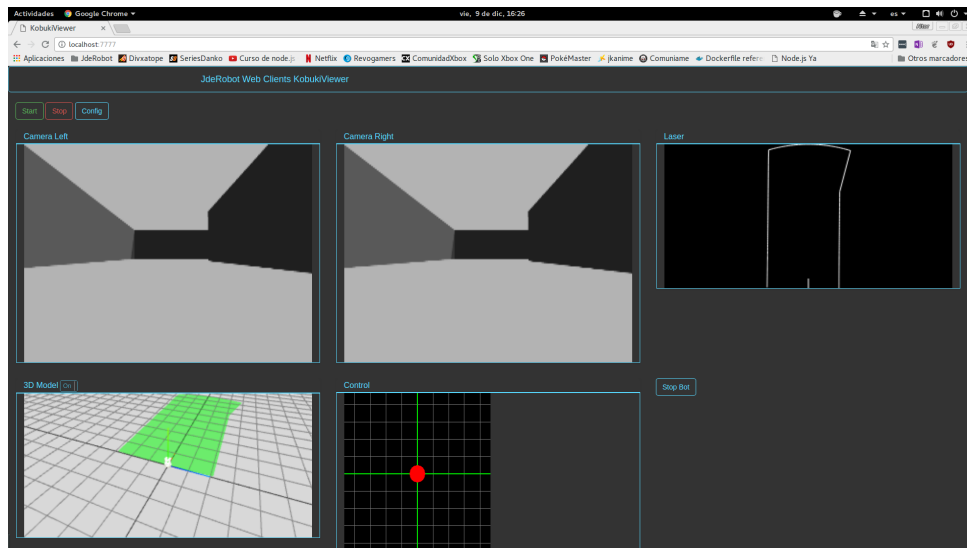


Figura 1.3: KobukiViewerjs

### 1.3.2.3. UavViewerjs

Se trata de un visualizador y teleoperador de drones, desarrollado utilizando JavaScript, HTML5 y CSS3 en el lado del Cliente y NodeJS en el lado del servidor, e ICE como middleware. La aplicación tiene integrada sobre la misma pantalla el teleoperador y la imagen obtenida de la cámara, pudiéndose elegir si deseamos mostrar la cámara frontal o de abajo del dron. Consta también de una representación tridimensional del dron y de su movimiento. Desde la aplicación se teleopera mediante el envío de una velocidad lineal y otra angular, además se le indica cuando se desea aterrizar y despegar.

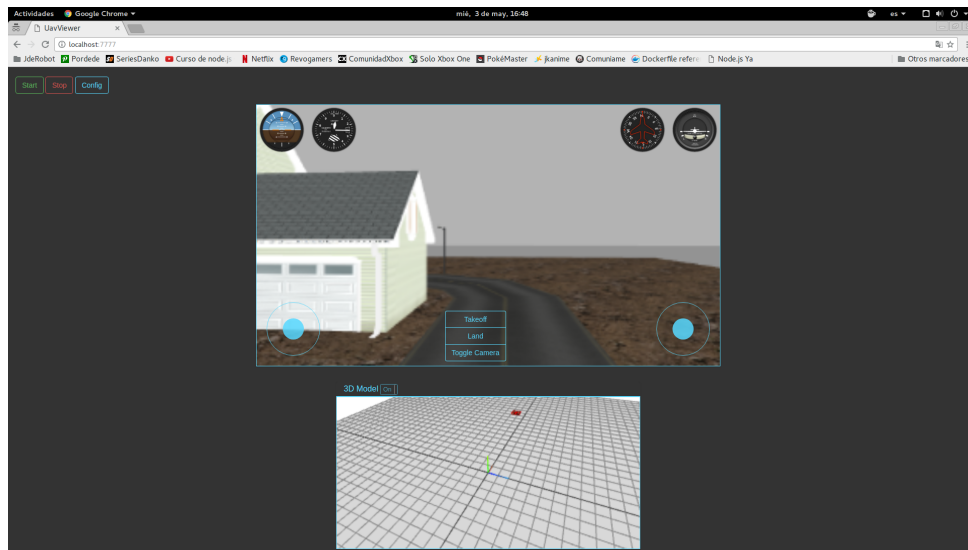


Figura 1.4: UavViewerjs

# Capítulo 2

## Objetivos

En este capítulo se presentaran los objetivos planteados para este proyecto, los requisitos marcados y la metodología utilizada para alcanzarlos.

### 2.1. Objetivos

La principal meta de este trabajo es la de enriquecer con tecnologías web las herramientas robóticas existentes en la plataforma JdeRobot. Para alcanzar este objetivo, se ha dividido el trabajo en tres partes:

- Modificar los tres visores elaboradas mediante tecnologías web existentes en la plataforma JdeRobot, CameraViewjs, KobukiViewerjs y UavViewerjs, para su utilización con el middleware ROS, además de ICE como hasta ahora.
- Elaborar un nuevo driver robótico utilizando tecnologías web, cuyo cometido sera el de servidor de imágenes a los distintos visores existentes en JdeRobot.
- Creación mediante tecnologías web, de un nuevo visor, que permitirá la visualización de elementos 3D (puntos, líneas y modelos 3D) que utilizara como middleware de comunicación, ICE.

Además, se ha utilizado el framework Electron en todos ellos para posibilitar que, además de usando un navegador, se puedan ejecutar como si de una aplicación de escritorio se tratase.



### 2.2. Requisitos

Los requisitos que se han tenido en cuenta a la hora de desarrollar todo el software de este trabajo han sido los siguientes:

- El sistema operativo utilizado ha sido Ubuntu 16.04 LTS y macOS HighSierra, además, gracias a utilizar tecnologías web, todos los componentes pueden ser ejecutados en cualquier sistema operativo.
- Se ha utilizado la versión de NodeJS 8.9.1 y de NPM 6.4.0.
- Los middleware utilizados han sido JdeRobot en su versión 5.6.4, ROS en su versión Kinetic y ICE en su versión 3.6.4.
- Para permitir ejecutar la ejecución de todo los elementos como una aplicación de escritorio, se ha utilizado Electron en la versión 1.8.
- Se ha utilizado HTML5, CSS3 y JavaScript para la elaboración de los software.
- El funcionamiento con el middleware ROS sera mediante la biblioteca Rosbridge Server de RobotWebTools.

### 2.3. Metodología

La metodología elegida para la ejecución del trabajo ha sido el desarrollo en espiral. Se trata de uno de los modelos más utilizados en el desarrollo de software, y consiste en la realización de una serie de ciclos o iteraciones que se repiten en forma de espiral.



Figura 2.1: Modelo de desarrollo en espiral

Cada iteración o ciclo esta formado por cuatro etapas.

1. Determinación de los objetivos a alcanzar para que el ciclo sea finalizado de manera exitosa.
2. Analizar los riegos que conlleva las elecciones tomadas para realizar el desarrollo, y establecer alternativas para solventar los posibles inconvenientes.
3. Desarrollar y probar los objetivos establecidos en la primera fase.
4. Planificar las siguientes etapas del proyecto, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en esta interacción.

De cara a poder llevar un mejor control del trabajo, se han tenido reuniones semanales con el tutor, en las que se marcaban los objetivos para la siguiente semana, se exponían dudas o posibles problemas así como se establecen posibles alternativas, y se revisaba el trabajo previo. Con estas reuniones semanales se consigue tener flujo de trabajo constante y fluido, disminuyendo la posibilidad de quedar bloqueado en algún punto durante un largo periodo de tiempo.

Además, se ha elaborado un bitácora en la mediawiki<sup>1</sup> de JdeRobot, donde quede reflejado todos los progresos así como videos demostrativos de los avances. También se dispone de un repositorio en github<sup>2</sup> donde se ha ido subiendo todo el código para su verificación y prueba por personas externas.

### 2.4. Plan de Trabajo

De cara a cumplir los objetivos marcados y enfocar mejor los posibles problemas y sus posibles soluciones, lo primero que se ha realizado es una familiarización con el entorno de trabajo.

1. Comprender el funcionamiento de Electron y realización de pequeñas pruebas para aprender a usarlo.
2. Familiarización con el entorno JdeRobot y Gazebo.
3. Comprender el funcionamiento de los visores existentes desarrollados en tecnologías web (CameraViewjs, KobukiViewerjs y UavViewerjs) y ejecutarlos para analizar su funcionamiento.
4. Realizar las modificaciones para que funcionen con el framework Electron.
5. Comprender el funcionamiento de los middleware ICE y ROS, realizando pequeñas pruebas.
6. Modificación de los visores para que funcionen tanto con ICE (como hasta ahora), como con ROS.
7. Creación de nuevo driver para servir imágenes con el middleware ROS.
8. Comprender el funcionamiento del visor 3D existente en la plataforma JdeRobot desarrollado en C++, así como su conectividad con la práctica de Reconstrucción 3D de JdeRobot Academy.
9. Elaboración del visor 3D con tecnologías web y el middleware ICE para que muestre puntos y se conecte con los elementos de la práctica de Reconstrucción 3D.

---

<sup>1</sup><https://jderobot.org/Rperez-tfg>

<sup>2</sup><https://github.com/RoboticsURJC-students/2017-tfg-roberto-perez>

10. Ampliación del visor 3D para que además de los puntos, muestre también segmentos y modelos 3D enviados por un cliente escrito en cualquier lenguaje de programación.

# Capítulo 3

## Infraestructura

En este capítulo se describirán las tecnologías sobre las que se cimienta este trabajo. Para empezar, se detallará el funcionamiento del framework Electron, ya que todo el desarrollo de este trabajo será compatible con él. Se profundizará en los dos middleware utilizados, ICE y ROS, y en el entorno JdeRobot.

### 3.1. El framework Electron

Electron <sup>1</sup> es un framework de código abierto desarrollado por GitHub. Comenzó su desarrollo en 2013, en el mismo grupo de trabajo del editor Atom <sup>2</sup>. Concebido con la idea de permitir la creación de aplicaciones de escritorio multiplataforma con tecnologías web. Electron es la combinación de NodeJS y Chromium <sup>3</sup> en una misma ejecución.

La arquitectura de una aplicación que utiliza Electron está formada por dos procesos: Principal y Renderizador.

El proceso principal es el encargado de generar la interfaz de usuario mediante la creación de páginas web y las administra de modo que es posible mostrar más de una página web al mismo tiempo. Esta labor se realiza mediante la instancia al objeto `BrowserWindow` de Electron, ejecutándose una página web cada vez que se instancia. Cuando se destruye una de estas instancias, se está cerrando esa página web. Cada

---

<sup>1</sup><https://electronjs.org/docs>

<sup>2</sup><https://atom.io/>

<sup>3</sup><https://www.chromium.org/Home>

aplicación con Electron debe constar de un único proceso principal, y corresponderá al script main del archivo package.json.

El proceso renderizador es cada instancia al objeto BrowserWindow y la ejecución de la página web correspondiente. Una aplicación con Electron puede tener multitud de procesos renderizadores, siendo cada uno independiente del resto. Cada proceso solo se preocupa de la página web que se está ejecutando en él.

Electron es totalmente compatible con NodeJS tanto en el proceso principal como en el renderizador, por lo que todas las herramientas disponibles para NodeJS, también lo están para Electron. Así mismo, es posible utilizar módulos NodeJS alojados en el repositorio de paquetes npm <sup>4</sup>. Este nos aporta un gran número de ventajas como una mayor seguridad al cargar contenido remoto, tener siempre actualizadas nuestras aplicaciones o tener un gran número de bibliotecas disponibles.

Todas las aplicaciones desarrolladas en este trabajo podrán ser ejecutadas utilizando Electron, lo que nos permite utilizarlas en cualquier plataforma o, incluso, empaquetarlas usando npm o mediante un archivo Asar <sup>5</sup>

### 3.2. El entorno ROS

Se trata de un Framework para el desarrollo de software robótico que ofrece las funcionalidades de un sistema operativo (abstracción del hardware, control de dispositivos de bajo nivel, mantenimiento de paquetes, etc.). ROS ofrece una serie de herramientas, bibliotecas y convenciones para simplificar la tarea de crear complejos y robustos robots. Nace con la idea de fomentar el desarrollo colaborativo, es decir que cualquier persona que realice un desarrollo puede subir a los repositorios que ofrece ROS para ello, de modo que otra persona pueda utilizarlo para usarlo en su proyecto.

El elemento fundamental del funcionamiento de ROS es el nodo. Un nodo es un proceso que realiza cálculos y se comunican entre sí mediante un sistema de publicación - suscripción para conexiones asíncronas y anónimas, o servicios para las conexiones síncronas. Los nodos operan en una escala de bajo nivel, es decir cada nodo se ocupa de una parte del sistema de control de robot, por ejemplo un nodo se ocupa de los motores, otro

---

<sup>4</sup><https://www.npmjs.com/>

<sup>5</sup><https://github.com/electron/asar>

nodo se ocupa de realizar la localización, etc. Este elemento proporciona mayor tolerancia a los fallos al ser bloques separados y aislados, y se reduce la complejidad del código.

En el sistema de comunicación asíncrona, un nodo actúa como publicador que transmite un mensaje con una etiqueta llamada *topic* por el canal para que sea recibido por cualquier otro nodo que se suscriba a esta etiqueta o *topic*. El mensaje enviado es una estructura de datos simple, que comprende campos tipados. ROS ofrece una serie de formatos de mensajes estándar que cubren la mayoría de necesidades de uso común (mensajes para sensores, cámaras, movimiento, láseres, nubes de puntos, etc).



Figura 3.1: Estructura del sistema de comunicación Publicador - Subscriber

El sistema de comunicación síncrona, es el típico sistema cliente-servidor a través del cual un nodo ROS es el prestador del servicio que permanece en escucha continua y el resto de nodos le envían mensajes de solicitud. Cada servicio está definido por el tipo de servicio que define la cantidad y tipo de datos que necesita el servicio tanto para recibir como petición, como para enviar como respuesta.



Figura 3.2: Estructura del sistema de comunicación por Servicios ROS

Un elemento que es muy útil para este proyecto es que ROS nos proporciona total compatibilidad con Gazebo mediante un conjunto de paquetes llamados *gazebo\_ros\_pkgs*<sup>6</sup>. En ROS, los paquetes son aquellos donde se incluye todo el código fuente, las librerías usadas y cualquier otro recurso necesario para que funcione el nodo.

### 3.2.1. Robot Web Tools

Comunidad nacida a partir de la de ROS, nos permite conectar aplicaciones web a elementos robóticos gracias a un protocolo llamado Rosbridge. Este protocolo es una especificación de JSON para interactuar con ROS y una capa de transporte para que los clientes se comuniquen mediante WebSockets. Por otro lado, han creado una serie de bibliotecas livianas y fáciles de utilizar de JavaScript que proporcionan una abstracción de la funcionalidad principal de ROS. Estas bibliotecas son *roslibjs*, *ros2djs* y *ros3djs*, sin embargo en este trabajo solo se utilizara *roslibjs*.

La biblioteca *roslibjs* es la encargada de ofrecernos las funcionalidades necesarias para conectarnos, enviar o recibir mensajes ya sea mediante publicación y suscripción, o servicios. La conexión se realiza a un servidor intermedio (servidor Rosbridge), el cual se encarga de gestionar las conexiones, los topic publicados o los servicios activos en cada momento, de modo que cuando te subscribas o realices la petición de un servicio, este servidor se encargue de encaminar la petición mediante WebSockets.

Dado que para este trabajo se va a utilizar JavaScript como lenguaje, se utilizara, en todas las partes relacionadas con ROS, las bibliotecas, servidores y protocolo indicado en esta sección.

---

<sup>6</sup>[http://wiki.ros.org/gazebo\\_ros\\_pkgs](http://wiki.ros.org/gazebo_ros_pkgs)



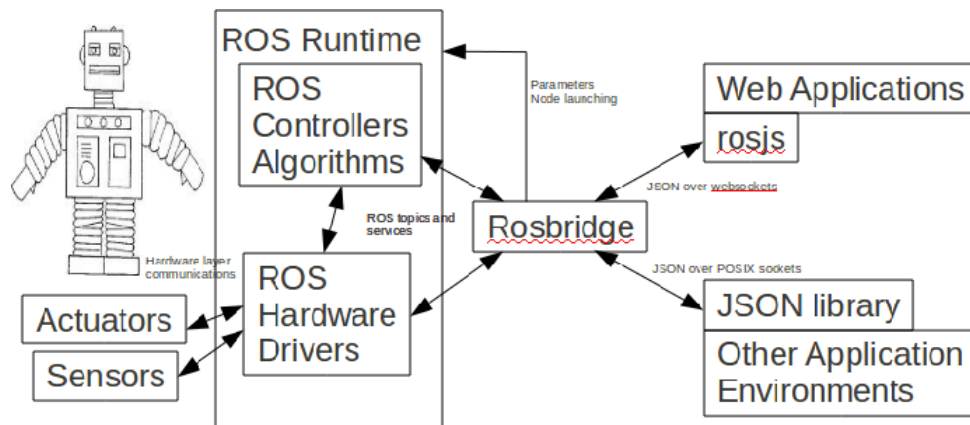


Figura 3.3: Estructura de una aplicación con Rosbridge

### 3.3. El entorno ICE

Se trata de un Framework orientado a objetos que ayuda a crear aplicaciones distribuidas fácilmente. ICE se ocupa de todas las interacciones con las interfaces de programación de bajo nivel de red (inhibe al desarrollador de la tarea de apertura de puertos, conexiones de red o serialización de datos). El objetivo principal de ICE es facilitar su uso y el desarrollo de aplicaciones, de modo que en muy poco tiempo se pueda aprender a utilizarlo.

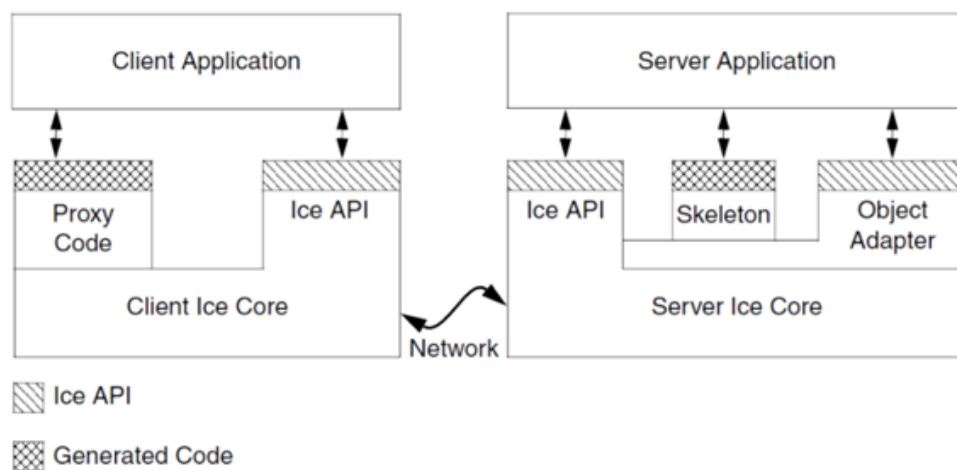


Figura 3.4: Estructura de Cliente - Servidor con Ice

ICE tiene un lenguaje de especificación propio llamado Slice (Specification Language

for ICE) que nos permite la abstracción fundamental para separar interfaces de objetos de sus implementaciones. Este lenguaje especifica las interfaces, operaciones y tipos de parámetros utilizados por nuestra aplicación. Cada una de las aplicaciones que queramos que interaccionen entre sí, deben compartir la misma descripción Slice. Esta descripción es independiente del lenguaje en el que está desarrollada nuestro cliente o servidor de modo que sea posible su utilización con clientes y servidores escritos en diferentes lenguajes de programación.

Para este trabajo se va a utilizar su versión para JavaScript, sin embargo el soporte para este lenguaje es relativamente reciente, por lo que muchas de las funcionalidades que ofrece para otros lenguajes de programación como C++ o Python, no están disponibles para JavaScript. Sobre todo este hecho es manifiesto en que no hay soporte para la creación de un servidor completo mediante JavaScript, por ello durante este trabajo se ha optado por utilizar ICE únicamente como cliente, con los ventajas e inconvenientes a los que se hará referencia en próximos capítulos.

### 3.4. La plataforma JdeRobot

JdeRobot <sup>7</sup> es el framework de software libre para el desarrollo de robótica y visión artificial creado por el grupo de robótica de la Universidad Rey Juan Carlos y licenciado bajo GPL v3 <sup>8</sup>. Su desarrollo principalmente esta realizado mediante C, C++ y Python, incorporando desarrollo en JavaScript como el tratado en este trabajo.

JdeRobot esta basado en componentes que son interconectados mediante el uso de middlewares como ICE o ROS, facilitando el acceso a los dispositivos hardware. Estos componentes obtienen mediciones de los sensores u ordenes del motor a través de llamadas a funciones locales. JdeRobot conecta esas llamadas a drivers conectados a sensores (para la recepción de las mediciones) o actuadores (para las ordenes), ya sean reales o simulados. Estas funciones locales forman la API de la capa de abstracción. La plataforma también ofrece una serie de herramientas para facilitar la teleoperación o el tratamiento de las mediciones de los sensores, y bibliotecas.

---

<sup>7</sup>[https://jderobot.org/Main\\_Page](https://jderobot.org/Main_Page)

<sup>8</sup><http://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0-standalone.html>

## Capítulo 4

# Visores web modificados para ser usados con Electron

## Capítulo 5

# Servidor web de imágenes mediante ROS

## Capítulo 6

### Conclusiones