



UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería  
Informática**

**Detección de objetos con  
láser de Seguridad**



Presentado por Álvaro Ruifernández Palacios  
en Universidad de Burgos — 2 de enero  
de 2019

Tutor: Jesús Enrique García Sierra







UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



D. Jesús Enrique García Sierra, profesor del departamento de Ingeniería Civil, área de Sistemas de la información.

Expone:

Que el alumno D. Álvaro Ruifernández Palacios, con DNI 71365383V, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado Detección de objetos con láser de Seguridad.

Y que dicho trabajo ha sido realizado por el alumno bajo la dirección del que suscribe, en virtud de lo cual se autoriza su presentación y defensa.

En Burgos, 2 de enero de 2019

Vº. Bº. del Tutor:

Vº. Bº. del co-tutor:

D. nombre tutor

D. nombre co-tutor





## **Resumen**

En este proyecto se desarrolla una aplicación del láser para detectar objetos que pueden ser utilizada para la mejora en el funcionamiento de los AGVs. Su funcionamiento básico es el análisis del mar de puntos que crea el láser y analizar las diferentes variaciones para saber donde se encuentran los objetos con el objetivo de poder evitarlo.

## **Descriptores**

Láser, Ethernet, MTX-GTW, AGV...

## **Abstract**

A **brief** presentation of the topic addressed in the project.

## **Keywords**

keywords separated by commas.



---

# Índice general

---

<b>Índice general</b>	<b>III</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>V</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>VI</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Objetivos del proyecto</b>	<b>3</b>
2.1. Objetivos generales . . . . .	3
2.2. Objetivos técnicos . . . . .	4
<b>Conceptos teóricos</b>	<b>5</b>
3.1. Sistemas distribuidos . . . . .	5
3.2. Minería de datos . . . . .	5
3.3. Referencias . . . . .	6
3.4. Imágenes . . . . .	6
3.5. Listas de items . . . . .	7
3.6. Tablas . . . . .	8
<b>Técnicas y herramientas</b>	<b>9</b>
4.1. Desarrollo de la memoria . . . . .	9
4.2. Desarrollo del código . . . . .	10
4.3. Planteamiento de las tareas . . . . .	10
4.4. Metodología de gestión y herramientas asociadas . . . . .	10
4.5. Patrones de diseño empleados . . . . .	11
4.6. Herramienta de manejo de láser . . . . .	11

4.7. Python . . . . .	11
4.8. Cableado . . . . .	12
<b>Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto</b>	<b>13</b>
5.1. Parte Software . . . . .	13
5.2. Parte Hardware . . . . .	14
<b>Trabajos relacionados</b>	<b>15</b>
<b>Conclusiones y Líneas de trabajo futuras</b>	<b>17</b>

---

# Índice de figuras

---

3.1. Autómata para una expresión vacía . . . . .	7
--	---

---

# Índice de tablas

---

3.1. Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto	8
---	---

---

# Introducción

---

Los AGV son una de las últimas innovaciones en el mundo de la industria. Son robots autónomos que sustituyen al trabajo humano en el sentido de transporte de objetos o mercancías entre las distintas secciones de las industrias.

Para la realización de sus propósitos estos aparatos, además de sus aparatos de guiado, necesitan aparatos que les permitan reconocer si en su camino existe algún obstáculo o si el objeto con el que trabaja (mercancía) se encuentra cerca de ellos. Para esto, los AGVs llevan incorporado, como norma general, un láser, el cual recoge un gran conjunto de datos sobre el entorno que lo rodea.

Actualmente, esta tecnología se basa en la configuración de áreas en las cuales el láser detecta las variaciones de puntos que se localizan dentro de estas áreas. Un inconveniente de esta configuración es la necesidad de que el área tenga uno de sus límites en el origen de coordenadas del gráfico trazado por las coordenadas obtenidas de las lecturas del láser por lo que para detectar si existe un objeto en un determinado límite situado en la zona media del gráfico antes mencionado pero no más cerca, se debe manejar y configurar más de un área.

En este proyecto se desarrollará un sistema con el que se pretende solventar el problema antes descrito, reduciendo el número de áreas a necesitar con lo que se conseguirá una mayor eficiencia en el análisis de entorno.

En este caso vamos a utilizar el Hokuyo Safety Laser Scanner (UAM-05LP-T301). Este aparato es capaz de desarrollar tres áreas de detección dependiendo de la distancia a la que detecte un elemento (puede ser de 20,

10 y 5 metros).

---

# Objetivos del proyecto

---

En este apartado se explican los distintos objetivos identificados en este proyecto, distinguiendo entre los objetivos generales del proyecto y los objetivos técnicos.

## 2.1. Objetivos generales

Los objetivos generales que se han planeado para este proyecto son:

- Conocer el entorno en el que el programa desarrollado en el proyecto. En este caso, el programa desarrollado sera integrado con el resto de utilidades de los AVG para que reconozca objetos en las zonas importantes para su funcionamiento (donde están los objetivos o los obstáculos).
- Leer los datos obtenidos de las lecturas del láser para a través de su interfaz escogiendo los contactos del RS232 del GMT-GTW para saber por cual de ellos se recogen dichos datos.
- Crear un programa que, una vez analizados los datos sepa detectar si en las áreas deseadas por el usuario existe un objeto. Esto puede utilizarse para la detección de obstáculos antes mencionada o para minimizar el tiempo de recogida de objetos (dependiendo de la función de cada AGV).
- Comprender y utilizar los conocimientos a cerca de sistemas distribuidos que se han ido adquiriendo a lo largo del grado.

## 2.2. Objetivos técnicos

Los objetivos técnicos planteados para este proyecto son:

- Aprender el uso de Python para la creación del código del proyecto, a través de todas sus funcionalidades previstas con el objetivo de la lectura de datos de las lecturas del láser.
- Usar librerías de Python no empleadas hasta el momento en ninguna asignatura del grado como `binascii` o `re`, las cuales han servido para poder manejar los datos recibidos y desarrollar el comportamiento deseado.
- Encontrar todos los elementos hardware necesarios para la creación del sistema hardware necesario para el proyecto.
- Crear un proyecto el cual implementa la funcionalidad que se requiere en los objetivos del proyecto, es decir, que realice la lectura, tratamiento y análisis de los datos del láser.
- Utilizar un sistema de control de versiones como es Git, más concretamente uno de sus servicios centrales más utilizados conocido como GitHub. Esta herramienta es útil en el caso de producirse algún error grave en alguna de las partes del proyecto ya que se puede restaurar la versión previa (la cual se considera estable).



---

# Conceptos teóricos

---

En este proyecto se deben de emplear una gran cantidad de conocimientos adquiridos a lo largo de las asignaturas del grado. En esta sección se describirán cuales son esos conceptos además de la forma en la que se aplican en este proyecto.

## 3.1. Organización de la infraestructura

Para la implementación del sistema que nos va a permitir el desarrollo del sistema que tiene como objetivo este proyecto se necesitarán tres elementos principales:

- Láser: esta parte es la que se encarga de obtener los datos de su entorno. Estos datos serán enviados a través de una interfaz hacia la unidad de tratamiento de datos. En este caso, el láser del que se dispone, y por lo tanto con el que se va a desarrollar el proyecto es el Hokuyo Safety Laser Scanner (UAM-05LP-T301). Este aparato es capaz de desarrollar tres áreas de detección dependiendo de la distancia a la que detecte un elemento (puede ser de 20, 10 y 5 metros). Aunque sea este láser con el que se va a realizar el proyecto, el principal objetivo es el de poder hacer que el programa pueda funcionar en diferentes tipos de láser con diferentes formas de obtención de datos.
- Cable ethernet: es el soporte a través del cual se transportan tanto los mensajes enviado por el ordenador hacia el láser como las respuestas y los datos de lectura que este manda al PC demandante. Esta es la que, en la descripción del anterior elemento se conoce como la

interfaz. En el caso de este proyecto se usará un UAM-NET, un cable Ethernet de 3 metros de longitud desarrollado por Hokuyo, misma empresa desarrolladora del láser empleado, lo que hace que resulte idóneo para evitar problemas de incompatibilidad y asegurar así el correcto funcionamiento del sistema.

- PC: es la parte principal del proyecto, ya que es la encargada de permitir al usuario tanto introducir las áreas donde se necesita detectar los objetos, como las órdenes que el usuario desea transmitir al láser para recibir la información. Además también es la encargada de recibir y procesar las respuestas del láser para poder mostrar al usuario los resultados de la comparación de los datos y las coordenadas de las áreas introducidas. La utilización de este aparato es debida a que este proyecto sería destinado a ser introducido dentro de un AGV pero se necesita hacer visible al usuario a través de una pantalla.

### **3.2. Sistemas distribuidos**

Se denomina sistema distribuido a aquel sistema en el que cada equipo se conecta con el resto de los integrantes del sistema para poder compartir sus recursos además de poder utilizar los recursos que comparten el resto de los equipos conectados para realizar procesos para los cuales se necesitan una cantidad de recursos que la que el usuario de cada equipo posee de forma local. Otra forma de definir este concepto es la ejecución de procesos desde un equipo en otro cuyas características se adapten mejor a las del objetivo que se desea alcanzar.

En el caso de este proyecto, la forma en la que se emplea el concepto de sistema distribuido es la que se adapta a la última de las definiciones antes mencionadas. Esto se debe a que el PC se comunica vía cable ethernet con el láser ya que es el único elemento que puede realizar los procesos de lectura de área y devolver al PC los datos correspondientes o, en defecto de estos, el mensaje de error correspondiente.

### **3.3. Minería de datos**

La minería de datos es la ciencia a través de la cual se analiza un gran conjunto de datos para poder descubrir características, patrones o comportamientos ocultos a primera vista.

Cuando el programa desarrollado se comunica con el láser, este debe recibir

las tramas que el láser crea al analizar su área de observación, las cuales deben de ser tratadas para separar la información importante de las cabeceras y demás datos que el láser usa para interactuar con su aplicación. Una vez hemos conseguido extraer ese tipo de datos, hemos de descartar aquellos datos correspondientes a las zonas donde el láser no detecta ningún objeto, quedándonos solo con aquellas lecturas con valor significativo para la función principal del programa. Tras esto, se analizarán los datos para ver si coinciden con las áreas sobre las que se desea saber si hay objetos.

## 3.4. Referencias

Las referencias se incluyen en el texto usando cite [?]. Para citar webs, artículos o libros [?].

## 3.5. Imágenes

Se pueden incluir imágenes con los comandos standard de  $\text{\LaTeX}$ , pero esta plantilla dispone de comandos propios como por ejemplo el siguiente:



Figura 3.1: Autómata para una expresión vacía

### 3.6. Listas de items

Existen tres posibilidades:

- primer item.
- segundo item.

1. primer item.

Herramientas	App	AngularJS	API REST	BD	Memoria
OSELAS Toolchain		X			
C++				X	
Eclipse				X	
Git + GitHub		X	X	X	X
MikTeX					X
TeXMaker					X

Tabla 3.1: Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto

2. segundo item.
- Primer item** más información sobre el primer item.
- Segundo item** más información sobre el segundo item.
- 

### 3.7. Tablas

Igualmente se pueden usar los comandos específicos de  $\text{\LaTeX}$ o bien usar alguno de los comandos de la plantilla.



---

# Técnicas y herramientas

---

Esta parte de la memoria tiene como objetivo presentar las técnicas metodológicas y las herramientas de desarrollo que se han utilizado para llevar a cabo el proyecto. Si se han estudiado diferentes alternativas de metodologías, herramientas, bibliotecas se puede hacer un resumen de los aspectos más destacados de cada alternativa, incluyendo comparativas entre las distintas opciones y una justificación de las elecciones realizadas. No se pretende que este apartado se convierta en un capítulo de un libro dedicado a cada una de las alternativas, sino comentar los aspectos más destacados de cada opción, con un repaso somero a los fundamentos esenciales y referencias bibliográficas para que el lector pueda ampliar su conocimiento sobre el tema.

## 4.1. Desarrollo de la memoria

En este aspecto se ha querido emplear LaTeX en contraposición a otros programas de propósito similar como pueden ser Microsoft Word o Open Office Writer ya que esta aplicación nos permite una mayor cantidad de posibles acciones a realizar en el documento crear.

Por poner un ejemplo de estas ventajas antes mencionadas, la presentación del documento puede quedar más limpia ya que el usuario puede manejar el espacio de cada hoja a su antojo y poder disponer de todo él ya que se puede variar los márgenes de las páginas de una forma sencilla (introducción de un comando), lo que en los otros programas antes mencionados resultaría demasiado complicado a demás de ser potencialmente peligroso debido a que, gracias a las acciones automáticas que poseen, podrían desajustar todo el contenido de la hoja en sí haciendo que el usuario tenga que ajustar cada uno de los elementos que antes poseía. LaTeX permite saltarse los

márgenes establecidos, por ejemplo, para insertar una imagen. en cuanto a los encabezados, pies de página y numeración de página también se puede realizar con un simple comando.

Con todo esto y con la característica de que permite guardar el archivo directamente en PDF sin realizar ninguna conversión (aunque para ello necesite crear algún archivo debido a la compilación) es por la que se ha escogido para este

## **4.2. Desarrollo del código**

Debido a que este entorno de desarrollo ya se ha empleado en algunas asignaturas del grado, lo cual lo hace más amigable y fácil de usar, se ha decidido emplear Jupyter Notebook para el desarrollo del código. Además de ser compatible con el sistema operativo, este entorno tiene la ventaja de poder obtener la conexión con el láser, y por lo tanto el intercambio de mensajes y datos con el mismo, sin necesidad de instalar ningún complemento para poder desarrollar el código sin dificultades añadidas. Este entorno, además de las ventajas antes descritas, permite desarrollar y ejecutar (y por lo tanto testar) partes del código por separado. Por este motivo, es más fácil comprobar el correcto funcionamiento del código desarrollado antes de realizar otras partes del código siendo después más difícil rectificar dicho error.

## **4.3. Planteamiento de las tareas**

Para organizar las actividades a realizar se ha escogido la aplicación Trello. Esta aplicación se ha escogido debido a su facilidad de uso (debido a que su interfaz de usuario es muy intuitiva), a demás de otros muchos aspectos como el hecho de que a un tablero (unidades organizativas en las que se gestionan las tareas de los diferentes proyectos que se puede gestionar desde una misma cuenta de usuario) se puede acceder más de un usuario. Esta característica permite que tanto el alumno como el profesor pueden acceder al mismo tablero para gestionar las tareas a realizar.

## **4.4. Metodología de gestión y herramientas asociadas**

Para este proyecto se ha decidido utilizar la metodología de SCRUM. Esta metodología esta basada en entregas incrementales pero funcionales.



Para la realización de esta metodología, perteneciente a las denominadas metodologías ágiles, se va a utilizar la aplicación ZenHub. Esta aplicación se puede emplear para presentar los sprints y se puede planificar la fecha de comienzo y final cada una de las tareas.

## 4.5. Patrones de diseño empleados

## 4.6. Herramienta de manejo de láser

Aunque el manejo de este elemento del proyecto se va a realizar a través de funciones presentes en Eclipse y el código implementado para el proyecto, se va a utilizar una aplicación instalada vía CD llamada UAM Project Designer. Esta aplicación, cuando el equipo en el que se instala está conectado al láser, permite observar los datos relacionados con la nube de puntos creada por este aparato al realizar sus operaciones de lectura de su entorno.

En este caso esta herramienta será utilizada para la comprobación de que el código desarrollado para alcanzar los objetos del proyecto funciona de forma correcta comparando los resultados obtenidos por el código y la aplicación, los cuales deberían de coincidir.

Como bien se ha dicho al principio de esta sección, la aplicación se ha instalado utilizando el CD presente en el paquete en el que el láser se encuentra almacenado.

## 4.7. Python

El lenguaje de programación con este nombre es aquel desarrollado en 1991 con el objetivo de crear código con una sintaxis que favorezca un código legible.

Además de esta característica, es importante destacar el hecho de que se trata de un lenguaje multiparadigma, ya que puede desarrollarse código orientado a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional.

Ha sido seleccionado debido a la sencillez que proporciona a la hora de programar distintos procedimientos que en otros lenguajes (Java, C, C++ ...) resultarían mucho más complicados como es la implementación de un socket para comunicarse (enviar mensajes y recoger datos) con el láser.

## 4.8. Cableado

Para que el proyecto pueda ser desarrollado y ejecutado para la comprobación de su correcto funcionamiento es necesario suministrar corriente eléctrica al láser y comunicarlo de forma física con el PC. Para ello se han tenido que buscar dos cables diferentes:

- Comunicación col el PC: para este aspecto del proyecto se ha empleado un cable ethernet 100BASE-TX con conexión resistente al agua, el cual es desarrollado por la misma empresa que desarrolla el láser empleado lo cual lo hace idóneo para comunicar ambos dispositivos.
  
- corriente eléctrica: para este aparato se han utilizado un adaptador a corriente alterna ya que este láser necesita alimentarse con 24 V de este tipo de corriente. Este cable ha sido buscado y encontrado por el alumno.

---

# Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

---

Al igual que muchas otras partes de este documento, este apartado debe de ser dividido en dos partes diferenciadas:

## 5.1. Parte Software

En cuanto a este aspecto del proyecto, la primera parte que se realizó fue la descarga e instalación de la máquina virtual mencionada en el documento, lo cual no supuso dificultad alguna debido a que es un proceso repetido varias veces a lo largo de los 4 cursos del grado.

El siguiente paso, el cual tuvo algo más de complicación fue el de la integración del entorno de desarrollo MTX-GTW. Las indicaciones para la realización de este proceso fueron obtenidas de la URL <http://mtxm2m.com/wiki/guia-software-mtx-gtw-mtx-gateway/>. Aunque ciertas partes de este tutorial de instalación no ha sido posible su instalación, no eran aspectos relevantes para el desarrollo de la actividad, no fue un impedimento y se pudo desarrollar el proyecto con normalidad.

Otra parte relevante del proyecto fue la integración de los elementos software necesarios para la comunicación del equipo con el láser. En un primer momento se intentó usar los procedimientos ofertados por el proveedor ROS (URL: <http://wiki.ros.org/es>). ROS se encarga de proveer a sus usuarios las librerías necesarias para el desarrollo de software orientado a la creación de programas específicos para robots. Este sistema causo problemas a la hora de su instalación por lo que se intentaron buscar otras medidas para realizar la comunicación antes descrita. En esta búsqueda se descubrió (a través del acceso a la información del láser en su página oficial) la existencia de una

librería específica para C++ (lenguaje con el que se está desarrollando el proyecto) con la que realizar las relaciones requeridas.

## **5.2. Parte Hardware**

En la parte hardware también existe un manual que ha sido utilizado para comprender y saber emplear el dispositivo empleado para almacenar y ejecutar el código que utiliza el programa. Se puede ver en la URL [http://mtxm2m.com/wiki/mtx-gtw\\_](http://mtxm2m.com/wiki/mtx-gtw_)

Otro aspecto relevante es la búsqueda realizada para encontrar los materiales y equipos necesarios para poder manejar el MTX-GTW, debido a que se trata de una tecnología que no suele ser utilizada para ser manejada desde un PC, por lo que se ha debido de simular su entorno habitual de trabajo. Como primer elemento del que se necesitó realizar una búsqueda fue el elemento cargador. El MTX-GTW no posee un cargador al uso, ya que por norma general los dispositivos alimentados a base de batería poseen cargadores con un conector que proporciona una tensión de entre 5 y 7 V. Por el contrario, para alimentar a nuestro dispositivo se necesita un cargador sin conector, es decir, cuya terminación sean dos cables independientes (ya que deben ser conectados al cabezal propio del dispositivo) y que abastezca de una tensión continua de 12 V. Este elemento se consiguió encontrar a base de usar un transformador al que se le conectaron dos cables para enlazarlo al MTX-GTW.

El otro aspecto para el cual se ha necesitado buscar un elemento hardware es la comunicación entre el MTX-GTW y el láser. Para este aspecto, esta búsqueda es debida a que, aunque el primero de los elementos posea un conector VGA, el segundo no posee un cabezal al uso, ya que posee un conector de 12 pines independientes colocados en fila.

---

## Trabajos relacionados

---

Este apartado sería parecido a un estado del arte de una tesis o tesina. En un trabajo final grado no parece obligada su presencia, aunque se puede dejar a juicio del tutor el incluir un pequeño resumen comentado de los trabajos y proyectos ya realizados en el campo del proyecto en curso.



---

## **Conclusiones y Líneas de trabajo futuras**

---

Todo proyecto debe incluir las conclusiones que se derivan de su desarrollo. Éstas pueden ser de diferente índole, dependiendo de la tipología del proyecto, pero normalmente van a estar presentes un conjunto de conclusiones relacionadas con los resultados del proyecto y un conjunto de conclusiones técnicas. Además, resulta muy útil realizar un informe crítico indicando cómo se puede mejorar el proyecto, o cómo se puede continuar trabajando en la línea del proyecto realizado.