

12/6/2018

GRUPO 6

# MEMORIA

*“Implementación de ADAS”*



Víctor Borrero López  
Javier Dorado García  
Antonio Jesús Montes Gallardo  
Jhon Kevin Parra Galarza  
Julio Reyes Quesada  
David Romero Pastor  
Jesús Vergara Falcón

# ÍNDICE

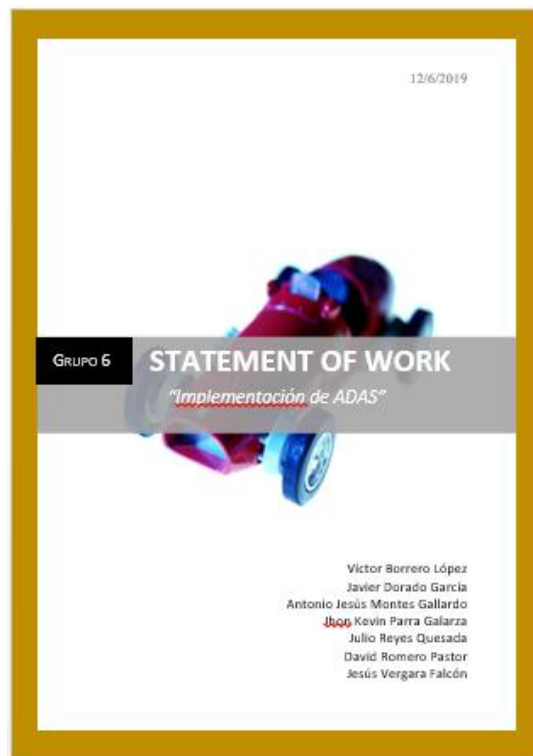
|  |           |
|--|-----------|
| <b>DESARROLLO.....</b>                                 | <b>3</b>  |
| <b>Código .....</b>                                    | <b>5</b>  |
| <b>ALCANCE FINAL.....</b>                              | <b>6</b>  |
| <b>Objetivos .....</b>                                 | <b>6</b>  |
| <b>Requisitos.....</b>                                 | <b>6</b>  |
| <b>Requisitos alcanzados.....</b>                      | <b>9</b>  |
| <b>Requisitos pendientes .....</b>                     | <b>10</b> |
| <b>Roles y tareas.....</b>                             | <b>10</b> |
| <b>CAMBIOS PRODUCIDOS .....</b>                        | <b>11</b> |
| <b>Cambios estructurales .....</b>                     | <b>11</b> |
| <b>Cambios en el sistema de control .....</b>          | <b>12</b> |
| <b>Cambios en el planteamiento .....</b>               | <b>12</b> |
| <b>Cambios en la planificación .....</b>               | <b>13</b> |
| <b>ANÁLISIS DE RIESGOS A POSTERIORI .....</b>          | <b>14</b> |
| <b>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN .....</b>                   | <b>14</b> |
| <b>Estado final de la matriz de verificación .....</b> | <b>14</b> |
| <b>Resultado de los tests.....</b>                     | <b>17</b> |
| <b>PRESUPUESTO.....</b>                                | <b>21</b> |
| <b>CONCLUSIÓN FINAL .....</b>                          | <b>25</b> |

## **DESARROLLO**

Una vez concluido el proyecto que nos atañe pasamos a su evaluación final, teniendo en cuenta tanto su resultado último como las previsiones que se realizaron en el SOW (Statement of Work) al inicio del mismo.

Con respecto a su desarrollo, se ha de decir que la planificación de los tiempos de cada tarea no resultó de lo más preciso a la hora de su ejecución, pero unos periodos se compensaron con los otros de modo que el cómputo total dio lugar a la correcta finalización del prototipo.

El desarrollo en sí constó de varias fases. Una primera de planteamiento del SOW, parte crucial y que conlleva toda la planificación para las posteriores fases, incluye la descripción del problema y la solución propuesta, el alcance del proyecto, la planificación, el calendario de entregables, el establecimiento de los criterios de aceptación y el material y presupuesto. Se correspondió con la primera mitad de la asignatura.



Una segunda fase de prueba de los diferentes elementos de los que iba a constar el prototipo por separado, con su correspondiente código de prueba. Fue la que ocupó más tiempo después de la primera fase debido al desconocimiento del entorno de programación sobre el que se realiza el control del prototipo (Python) y de los distintos problemas que fueron surgiendo en la implementación de los periféricos.



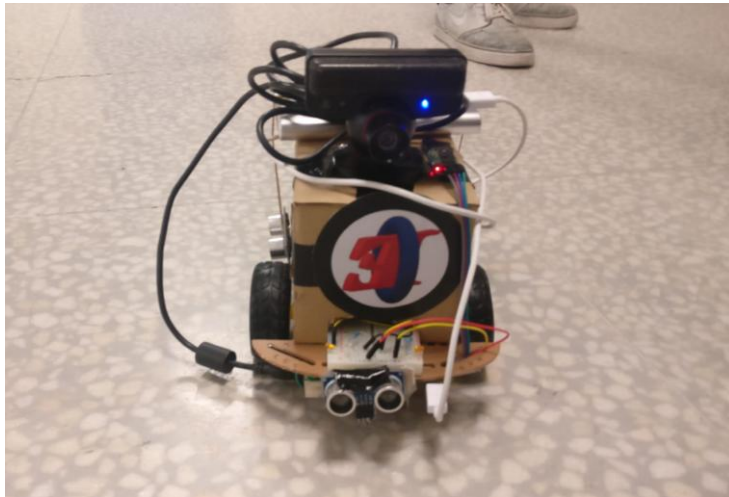
```
#PROGRAMA PRINCIPAL
try:
    while True:
        #ULTRASONIDOS
        #Disparo del trigger
        GPIO.output(TRIG, GPIO.HIGH)
        time.sleep(0.00001)
        GPIO.output(TRIG, GPIO.LOW)

        #Cuenta del tiempo
        while True:
            #Ultrasonido 1
            if GPIO.input(ECHO1) == GPIO.LOW and act1 == 0:
                pulso_iniciol = time.time()
            elif fin1 == 0:
                act1 = 1
                pulso_fin1 = time.time()
                if GPIO.input(ECHO1) == GPIO.LOW or (pulso_fin1 - pulso_iniciol) >= tmax:
                    fin1 = 1
```

Una tercera fase de integración de todos los componentes y del desarrollo del código completo del controlador. Requirió de todos los esfuerzos del equipo tanto como para el montaje del hardware sobre el soporte móvil, haciéndolo lo más estético y económico posible, como para conseguir la correcta respuesta del prototipo conforme al código desarrollado. Surgieron nuevos problemas como la limitación de procesamiento de la Raspberry.



Una cuarta parte de verificación y pruebas, para comprobar el correcto funcionamiento de todas las funcionalidades del proyecto. Se volvieron a comprobar los requisitos y verificaciones que se exigían en el SOW, ultimando los detalles para que se correspondieran lo más fielmente.



Y un último periodo de elaboración de la presentación final del producto al público. Se preparó una presentación visual y acústica para “vender” el resultado final junto con esta memoria descriptiva.



### Código

El código completo se encuentra adjunto con la memoria debidamente comentado y explicado para que cualquier persona pudiera comprender sus distintas partes y funciones.

## **ALCANCE FINAL**

Con el proyecto finalizado se puede corroborar que se ha conseguido cumplirla mayor parte de los objetivos recogidos en el SOW. Los objetivos no cumplidos (en su gran mayoría secundarios) se deben a la gran ambición por parte del equipo que, al comienzo del proyecto, llevó a la proposición de objetivos inalcanzables, como por ejemplo el desarrollo de un vehículo autónomo, tarea imposible dado lo limitado del presupuesto y del hardware utilizado.

Debido a lo anterior, el SOW ha sido modificado varias veces con objeto de centrarse en los objetivos más realistas, manteniendo algunos como objetivos secundarios, puesto que se pensó que sería interesante aplicarlos si se dispusiera de tiempo y/o presupuesto suficiente.

## **Objetivos**

En versión definitiva del SOW, se proponen los siguientes objetivos que se desearon alcanzar durante la realización del proyecto:

- OB.1) Diseño y prototipado a escala reducida de ADAS.
- OB.2) Reducción del coste de producción e implementación de ADAS.
- OB.3) Profundización (y mejora si cabe) en las técnicas utilizadas en ADAS, tanto de producción como de implementación.
- OB.4) Reducción del riesgo de accidente al circular con un vehículo.
- OB.5) Reducción del nivel de atención exigido al circular con un vehículo.
- OB.6) Aumento del confort en la conducción.

Gran parte de los objetivos anteriores se han visto materializados con este proyecto. Se ha conseguido diseñar un prototipo de bajo coste (debido en gran parte a los materiales utilizados, mucho más baratos que aquellos que se suelen utilizar para fabricar un prototipo de características similares y que resisten lo suficiente como para plantearse su uso) para implementar en él algunas características de las técnicas ADAS con vistas a reducir el riesgo de accidentes.

## **Requisitos**

Para facilitar el cumplimiento de dichos objetivos, se establecieron unos requisitos, algunos de ellos de obligado cumplimiento. Se describen en el siguiente esquema indicando en cada caso si se han cumplido (CUMPLIDO) o no (NO CUMPLIDO):

## Requisitos de funcionalidad

### Requisitos principales

- FP.1) Detección de obstáculos estáticos adyacentes al vehículo. → CUMPLIDO
- FP.2) Detección de obstáculos móviles adyacentes al vehículo. → CUMPLIDO
- FP.3) Frenada de emergencia frente a posible impacto frontal. → CUMPLIDO
- FP.4) Frenada de emergencia frente a posible impacto trasero. → CUMPLIDO
- FP.5) Reconocimiento de determinadas señales de tráfico. → CUMPLIDO
- FP.6) Respuesta automática inteligente a determinadas señales de tráfico. → CUMPLIDO
- FP.7) Control automático de distancia de seguridad con el vehículo delantero cuando el vehículo se encuentra en circulación. → CUMPLIDO

### Requisitos secundarios

- FS.1) Aparcamiento automático. → CUMPLIDO
- FS.2) Detector de huecos de aparcamiento. → CUMPLIDO
- FS.3) Establecimiento de velocidad de cruce autónomo. → NO CUMPLIDO
- FS.4) Limitador de velocidad por aviso. → NO CUMPLIDO
- FS.5) Limitador de velocidad automático. → CUMPLIDO
- FS.6) Aviso telemático automático en caso de accidente. → NO CUMPLIDO
- FS.7) Corrección automática de la dirección frente a posible descarrilamiento involuntario del vehículo. → NO CUMPLIDO
- FS.8) Conducción autónoma. → NO CUMPLIDO
- FS.9) Control automático de luces exteriores. → NO CUMPLIDO
- FS.10) Aviso automático frente a posible descarrilamiento involuntario del vehículo. → NO CUMPLIDO
- FS.11) Sistema de luces intermitentes. → CUMPLIDO

## Requisitos de prestación

### Requisitos principales

- PP.1) Detección de obstáculos estáticos en un radio de al menos 0.5 metros entorno al vehículo. → CUMPLIDO
- PP.2) Detección de obstáculos estáticos móviles en un radio de al menos 0.5 metros entorno al vehículo. → CUMPLIDO
- PP.3) En caso de frenada de emergencia frente a posible impacto frontal, parada total del vehículo en un tiempo menor al necesario para recorrer 0.5 metros

a la velocidad en ese momento. → CUMPLIDO

- PP.4) En caso de frenada de emergencia frente a posible impacto trasero, parada total del vehículo en un tiempo menor al necesario para recorrer 0.5 metros a la velocidad del vehículo en ese momento. → CUMPLIDO

- PP.5) Procesamiento de 3 imágenes por segundo. → CUMPLIDO

- PP.6) En caso de reconocimiento de señal de tráfico, respuesta automática inteligente en un tiempo menor al necesario para recorrer 0.5 metros a la velocidad del vehículo en ese momento. → CUMPLIDO

- PP.7) En caso de rebase del límite de distancia de seguridad con el vehículo delantero cuando el vehículo se encuentra en circulación, corrección de esta en un tiempo menor al necesario para recorrer 0.5 metros a la velocidad del vehículo en ese momento. → CUMPLIDO

- PP.8) Detección de vehículo delantero en un alcance de al menos 0.5 metros cuando el vehículo se encuentra en circulación. → CUMPLIDO

#### Requisitos secundarios

- PS.1) Aparcamiento automático sin choques. → CUMPLIDO

- PS.2) Aparcamiento automático en un tiempo menor a 1 minuto. → CUMPLIDO

- PS.3) Detector de huecos de aparcamiento en un radio de al menos 0.5 metros entorno al vehículo. → CUMPLIDO

- PS.4) Establecimiento de velocidad predeterminada de cruce en un tiempo menor a 1 minuto. → NO CUMPLIDO

- PS.5) Establecimiento de velocidad predeterminada de cruce de manera suave y continua, sin aumentar más de 5 kilómetros por hora por segundo. → NO CUMPLIDO

- PS.6) Aviso de rebase de velocidad máxima predeterminada mediante LED. → NO CUMPLIDO

- PS.7) Aviso de rebase de velocidad máxima predeterminada mediante sonido. → NO CUMPLIDO

- PS.8) Corrección de la velocidad máxima predeterminada automática con un error menor a 5 kilómetros por hora. → NO CUMPLIDO

- PS.9) Aviso telemático automático en caso de accidente en un tiempo menor a 1 minuto. → NO CUMPLIDO

- PS.10) Aviso telemático automático en caso de accidente en un entorno de al menos 3 metros. → NO CUMPLIDO

- PS.11) Conducción autónoma con posibilidad de circular a la velocidad máxima permitida evitando riesgos. → NO CUMPLIDO

- PS.12) En caso de posible descarrilamiento involuntario del vehículo, aviso automático en un tiempo menor al necesario para evitar que el ancho completa de la rueda implicada sobrepase el límite interior del carril. → NO CUMPLIDO

- PS.13) Detección de luminosidad con una resolución de al menos 10 lux. → NO CUMPLIDO



### Requisitos de operación

- OP.1) Control telemático del vehículo. → CUMPLIDO
- OP.2) Control del vehículo en un radio de al menos 3 metros. → CUMPLIDO
- OP.3) Control inalámbrico del vehículo. → CUMPLIDO
- OP.4) Retardo del tiempo de propagación de la señal de control del vehículo menor a 100 milisegundos. → CUMPLIDO

### Requisitos alcanzados

Como se puede comprobar, la mayor parte de los requisitos principales propuestos se han conseguido, mientras que muchos de los requisitos secundarios, por tiempo y presupuesto insuficientes, no han podido realizarse. Aun así, algunos de ellos han podido ser implementados.

El principal requisito, necesario para poder implementar todo lo demás adecuadamente, es el control remoto del vehículo. Para ello se realizó una aplicación móvil mediante la que se maneja el prototipo mediante Bluetooth, pudiendo controlar el prototipo de forma inalámbrica dentro de un radio definido por el alcance del módulo, sin apenas retardo.

A partir de ese requisito básico, se ha ido implementando el resto, utilizando los sensores de ultrasonido para las siguientes acciones: detección de obstáculos, fijos y móviles, requisito que permite la implantación de la frenada de emergencia ante posibles impactos.

Con la cámara se realiza el reconocimiento de ciertas señales de tráfico, del cual deriva la respuesta automática inteligente a dichas señales, realizando una acción concreta al captarlas. Si bien, de los requisitos anteriormente explicados se ha conseguido totalmente la detección de obstáculos y la frenada de emergencia, por la limitación de recursos a la hora de procesar imágenes en la Raspberry, se ha simplificado la forma de las señales.

Ahondando en las prestaciones, se han conseguido las especificaciones indicadas en el SOW, la distancia límite de reconocimiento o de frenada del vehículo se ha conseguido en parte gracias al alcance de los sensores, lo que permite la parada a tiempo del vehículo cuando va a la velocidad predefinida, al igual que pasa con el reconocimiento de señal. En lo concerniente al reconocimiento de imagen se planteó de forma limitada, ya que la Raspberry no desarrolla la potencia necesaria para un reconocimiento complejo de imágenes. A pesar del pequeño retraso que se observa en el reconocimiento de imágenes, eso no afecta a la distancia máxima que debe recorrer el vehículo.

En cuanto a los requisitos secundarios, de ellos se han cumplido los referentes al aparcamiento automático, el cual realiza de forma autónoma en caso de que se haya ordenado desde la aplicación. El vehículo se vale de los sensores laterales para buscar huecos de aparcamiento y de los sensores delanteros y traseros, en caso de que un hueco haya sido encontrado, para aparcar de forma automática y evitar choques. El

tiempo requerido se cumple sin problemas dado el reducido tamaño del prototipo. También se implementó finalmente un sistema de luces intermitentes, que se activan automáticamente con el giro.

### **Requisitos pendientes**

Por otro lado, ha habido varios requisitos (en su mayoría secundarios) que, por limitación de hardware, de tiempo o de presupuesto, no han podido ser cumplimentados.

En un principio, se tenía en mente un establecimiento de control de velocidad de crucero y de ciertos limitadores de velocidad, bien por aviso o bien estableciendo un valor máximo de velocidad, corrección automática de la dirección (o un aviso) en caso de descarrilamiento involuntario del vehículo, control de encendido automático de luces o un aviso telemático en caso de accidente.

Tales requisitos no pudieron cumplirse, debido a lo limitado del hardware disponible y del presupuesto, ya que la capacidad de procesamiento de la Raspberry es, como se indicó antes, muy limitada, además de que casi todos los pines GPIO habían sido utilizados. Debido a esto, algunos componentes como el sensor de luminosidad no podrían ser instalados. Tampoco pudo programarse un algoritmo que estableciera límites de velocidad, control automático de la velocidad, conducción autónoma o algún aviso telemático en caso de accidentes, todo ello por falta de precisión en los motores y en las propias ruedas del soporte.

### **Roles y tareas**

En cuanto a los roles han sido diversos y cada componente del grupo ha realizado más de una tarea de diferente ámbito, habiendo contribuido todos en todas las secciones y fases del proyecto. Sin embargo queremos destacar los cometidos más relevantes y diferenciados que se han llevado a cabo a lo largo del desarrollo:

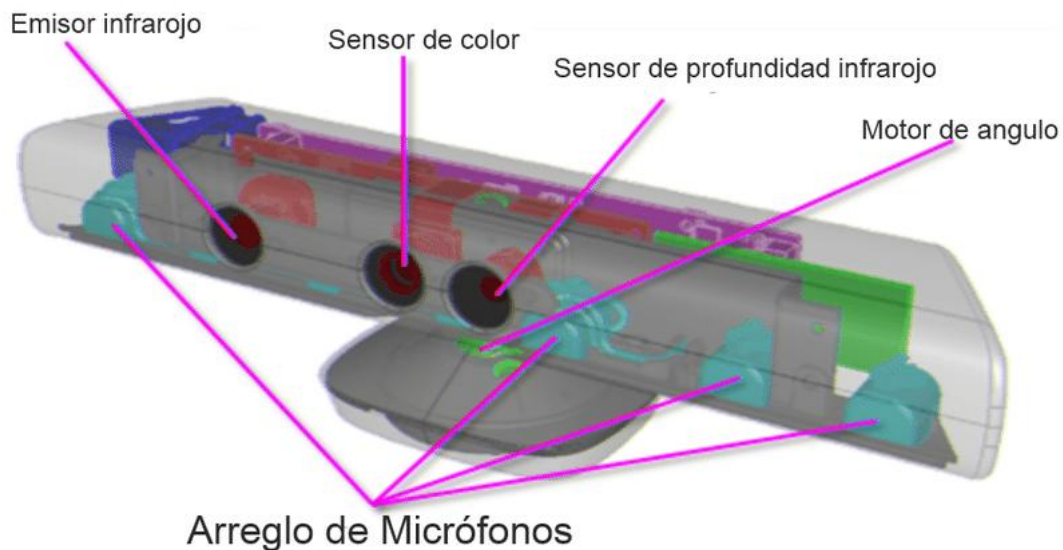
- Programación: se dividió en dos partes claramente diferenciadas por la complejidad de cada una de ellas por separado. Una parte de procesamiento de imágenes, a lo que un integrante dedicó la mayor parte de su tiempo. Y otra parte dedicada al resto de periféricos.
- Montaje estructural: consistente en el ensamblaje de los distintos elementos del hardware en la estructura principal junto con el conexionado y cableado. Fue resuelto mayoritariamente por tres de los componentes.
- Documentación: preparación de la documentación y entregables, cubierta por el grupo al completo.
- Investigación: acerca de los periféricos usados, entorno de desarrollo y demás temas desconocidos por los integrantes. Realizado por el conjunto.

- Administración: tareas de gestión y reparto de tareas entre los miembros del equipo. Una de las tareas más importantes llevada a cabo principalmente por el líder.

## **CAMBIOS PRODUCIDOS**

### **Cambios estructurales**

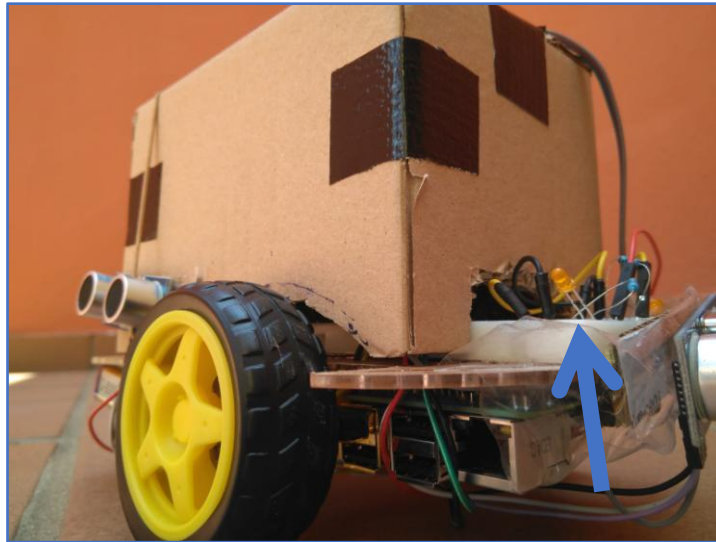
En un principio el sistema de reconocimiento de imagen se iba a realizar con un dispositivo Kinect aprovechando sus múltiples sensores como se aprecia a continuación:



Un foco de luz ilumina el objeto que se iba a detectar, este refleja la luz al sensor, aprovechando el gran rango de ángulos (57° horizontal y 43° vertical) que nos ofrece este dispositivo era más cómoda la detección de objetos. El sensor calcula la distancia a partir del tiempo de salida y llegada de la luz en cada pixel. Tras esto, un software como OpenCV se encargaría de crear un mapa de profundidad para identificar los objetos en tiempo real y transmitir al dispositivo esta señal para que este puede reaccionar.

Pero por varios motivos como por ejemplo el peso o la dificultad de programación de este dispositivo, la idea de usar un Kinect fue reemplazada por el EyePlaystation 3, el cual se adaptaba perfectamente a las dimensiones del vehículo y su peso no entorpecía el movimiento de este. Aunque el principal factor se ha debido a la facilidad en la programación y a la versatilidad de este, ya que al contrario que el Kinect, la Raspberry podía ejecutar el programa sin entorpecer mucho al resto de funciones.

Un elemento que no aparecía en el SOW pero que se incorporó sobre la marcha dada su facilidad de implementación y programación fue un sistema de luces intermitentes. El sistema está formado por dos leds naranjas que se activan automáticamente (mediante parpadeos) ante el giro a un lado u otro.



En cuanto al soporte, la idea inicial era montar una estructura sencilla (un rectángulo de madera horizontal apoyado sobre otros dos trozos verticales) sobre el chasis que permitiera tener dos alturas en el coche para una mejor distribución de los componentes en el vehículo, pero esa idea fue descartada y sustituida por una pequeña caja de cartón, ya que con esta conseguíamos abaratar más el precio total del vehículo y además todo el conexionado quedaba oculto, consiguiendo una mejor estética.

### **Cambios en el sistema de control**

El proyecto iba a ser en su totalidad implementado en la Raspberry, pero dada la dificultad que encontramos para hacer funcionar ciertos componentes, decidimos implementar también el código en Arduino por si finalmente hubiese que descartar el uso de la Raspberry para algunos componentes, ya que algunos miembros del equipo cuentan con experiencia en el uso de Arduino y no les suponía mucha dificultad ir planteando un código de “emergencia” por si hiciera falta.

Finalmente conseguimos que todos los componentes funcionaran correctamente con la Raspberry, y descartamos toda la parte de Arduino en pos de conseguir un coche más compacto controlado solo a través de una Raspberry.

### **Cambios en el planteamiento**

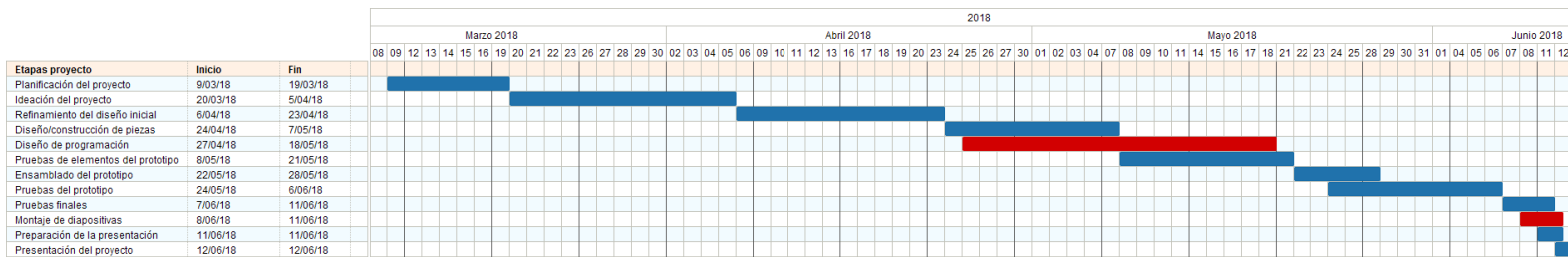
Por otro lado, todos los requisitos que hacían referencia al descarrilamiento del vehículo, como por ejemplo la corrección automática de la dirección frente a posible descarrilamiento involuntario del vehículo, pasaron de ser requisitos principales a secundarios dada la complejidad y la gran cantidad de recursos que el procesamiento de señales suponía.

## Cambios en la planificación

Antes de iniciar el proyecto se establecieron fechas para cada tarea, esto se refleja en el siguiente diagrama de Gantt.

| Tareas                             | Inicio   | Fin      |
|------------------------------------|----------|----------|
| Planificación del proyecto         | 9/03/18  | 15/03/18 |
| Ideación del proyecto              | 16/03/18 | 4/04/18  |
| Refinamiento del diseño inicial    | 6/04/18  | 23/04/18 |
| Diseño/construcción de piezas      | 24/04/18 | 7/05/18  |
| Diseño de programación             | 27/04/18 | 18/05/18 |
| Pruebas de elementos del prototipo | 8/05/18  | 15/05/18 |
| Ensamblado del prototipo           | 15/05/18 | 22/05/18 |
| Pruebas del prototipo              | 15/05/18 | 26/05/18 |
| Pruebas finales                    | 26/05/18 | 28/05/18 |
| Montaje de diapositivas            | 26/05/18 | 28/06/18 |
| Preparación de la presentación     | 28/05/18 | 29/05/18 |
| Presentación del proyecto          |          | 29/05/18 |

□



Sin embargo, al principio se tuvo varios problemas con algunas tareas, especialmente con el diseño de programación. Esto se debe al uso de un entorno de programación totalmente nuevo para el grupo. Esto propicio a llevar un cierto retraso y que tareas como diseño de programación y pruebas de elementos del prototipo se solapasen.

También se tuvo problemas con la Raspberry Pi usada, ya que al no ser un modelo actualizado no era capaz de soportar el control de periféricos y tendía a saturar. Esto imposibilitaba el progreso en el proyecto ya que no se podía seguir usando la Raspberry Pi durante las siguientes horas.

A pesar de los problemas mencionados anteriormente, cabe destacar que se consiguió terminar el proyecto, es decir, el montaje del vehículo y la presentación del proyecto en el margen de tiempo previsto en el diagrama de Gantt.

## **ANÁLISIS DE RIESGOS A POSTERIORI**

Con respecto al análisis de riesgos, desafortunadamente, varios de los problemas planteados al principio del proyecto han tenido lugar:

- Problema con el motor: uno de los motores perdió fuerza y giraba más lento que el otro, además, el eje de la rueda estaba doblado, lo que se repercutía en un cabeceo de la rueda.
- Problema con los componentes: un ultrasonido se rompió y se tuvo que pedir prestado uno a un compañero.
- Problema de peso: se tenían sospechas de que la estructura no soportaría el peso del Kinect, así que se cambió por la cámara.
- Problema con la dirección del vehículo: como se ha mencionado antes, un motor era más que el otro así que el vehículo tenía tendencia a desviarse hacia un lado.Hubo que compensar esta diferencia.
- Problema de comunicación vehículo-persona: por un motivos desconocidos, la Raspberry se desconfiguraba y el módulo bluetooth dejaba de funcionar. Esto es algo que se ha ido arrastrando hasta la finalización del proyecto.

## **CRITERIOS DE ACEPTACIÓN**

### **Estado final de la matriz de verificación**

| Requisito | Nombre de requisito                                      | Verificación |   |   |   | Nombre prueba   | Estado     |
|-----------|--|--------------|---|---|---|---|------------|
|           |  | I            | A | D | T |   |            |
| FP.0      | Teledirigido a través de bluetooth                       |              |   |   | x | Test 0  | Finalizado |
| P.0.1     | Distancia alcanzada por el bluetooth                     |              |   | x |   | Cálculo de la distancia máxima alcanzable por la conexión bluetooth | Finalizado |
| P.0.2     | Conexión correcta dispositivo con prototipo              |              | x |   |   | Análisis de cómo la información transmitida llega al prototipo      | Finalizado |
| FP.1      | Detección de obstáculos estáticos adyacentes al vehículo |              |   |   | x | Test 1  | Finalizado |

|             |   |  |   |   |   |   |            |
|-------------|---|--|---|---|---|---|------------|
| P.1.1       | Detección de obstáculos, objetos, etc.                        |  | x |   |   | Análisis de la detección de obstáculos.   | Finalizado |
| P.1 .2      | Reacción ante obstáculo                                       |  |   | x |   | Ensayos del vehículo con objetos dispersos.   | Finalizado |
| <b>FP.2</b> | <b>Detección de obstáculos móviles adyacentes al vehículo</b> |  |   |   | x | Test 3  | Finalizado |
| P.2.1       | Detección de obstáculos en movimiento                         |  | x |   |   | Estudio de la captación de objetos/obstáculos movimientos                           | Finalizado |
| P.2.2       | Reacción ante obstáculos móviles                              |  |   | x |   | Ensayos del vehículo con objetos móviles que se cruzan o que se acercan.            | Finalizado |
| <b>FP.3</b> | <b>Frenada de emergencia frente a posible impacto frontal</b> |  |   |   | x | Test 3  | Finalizado |
| P.3.1       | Detección de objeto (al) que se acerca frontalmente           |  | x |   |   | Ídem que en FP.1 y FP.2.  | Finalizado |
| P.3.2       | Análisis del frenado  |  | x |   |   | Detención del motor y frenado.  | Finalizado |
| P.3.3       | Ensayos sobre diferentes objetos                              |  |   | x |   | Pruebas varias con objetos a los que el vehículo se acerca o que se acercan a éste. | Finalizado |
| <b>FP.4</b> | <b>Frenada de emergencia frente a posible impacto trasero</b> |  |   |   | x | Test 4  | Finalizado |
| P.4.1       | Detección de objeto al que el vehículo se acerca              |  | x |   |   | Al dar el coche marcha atrás, detección de  | Finalizado |

|             |  |  |   |   |   |  |            |
|-------------|--|--|---|---|---|--|------------|
|             |  |  |   |   |   | un objeto o persona que pueda ser golpeada.  |            |
| P.4.2       | Análisis del frenado   |  | x |   |   | Ya realizado en P.3.2.   | Finalizado |
| P.4.3       | Ensayos con diferentes objetos   |  |   | X |   | Pruebas varias con objetos situados tras el vehículo.  | Finalizado |
| <b>FP.5</b> | <b>Reconocimiento de determinadas señales de tráfico</b>   |  |   |   | x | Test 5   | Finalizado |
| P.5.1       | Detección de señales   |  | x |   |   | Análisis sobre la detección de señales mediante el procesamiento de imagen (posible solución mediante código BIDI) | Finalizado |
| P.5.2       | Ensayos con varias señales   |  |   | x |   | Pruebas con diferentes señales   | Finalizado |
| <b>FP.6</b> | <b>Respuesta automática inteligente a determinadas señales de tráfico</b>  |  |   |   | x | Test 6   | Finalizado |
| P.6.1       | Ensayos con diferentes señales   |  | x |   |   | Pruebas con diferentes señales y sus correspondientes respuestas   | Finalizado |
| <b>FP.7</b> | <b>Control automático de distancia de seguridad con el vehículo delantero cuando el vehículo se encuentra en</b> |  |   |   | x | Test 7   | Finalizado |



|       | <b>circulación</b>   |  |   |   |   |   |            |
|-------|--|--|---|---|---|---|------------|
| P.7.1 | Detección de vehículo delante  |  | x |   |   | Análisis de la detección de un vehículo en movimiento.  | Finalizado |
| P.7.2 | Distancia al vehículo  |  | x |   |   | Cálculo de la distancia al vehículo.  | Finalizado |
| P.7.3 | Control de velocidad en función de la distancia al vehículo de delante |  |   | x |   | Prueba de la detección de vehículo y su posterior cambio de velocidad en función de la del vehículo de delante. | Finalizado |
| FS.1  | Detección de huecos de aparcamiento                                    |  |   |   | x | Test 8  | Finalizado |
| FS.2  | Aparcamiento automático  |  |   |   | x | Test 9  | Finalizado |
| FS.9  | Control automático de luces exteriores                                 |  |   |   | x | Test 10   | Finalizado |

## Resultado de los tests

Test 0: Al realizar el control teledirigido por Bluetooth a través de nuestra app propia iRemote, el coche reacciona bastante rápido y fiable, aun así es aconsejable usar el vehículo por un período no muy prolongado de tiempo y teniendo el dispositivo conectado cerca del receptor Bluetooth.

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Nº de test</b>               | 0   |
| <b>Tipo de test</b>             | Control teledirigido y conexión inalámbrica   |
| <b>Servicio para el test</b>    | Herramientas propias (teléfono móvil)   |
| <b>Unidad testeada</b>          | Vehículo (principalmente motor y giro de ruedas)<br>Conexión bluetooth                |
| <b>Procedimiento y duración</b> | Se procede al movimiento del coche en varias direcciones, incluyendo la marcha atrás. |
| <b>Timing</b>                   | 0.5 – 1 minuto  |
| <b>Fecha</b>                    | -   |
| <b>Test completado</b>          | SÍ  |

Test 1/2: La detección de obstáculos se realiza gracias a los ultrasonidos, siendo esta bastante fiable y suficientemente rápida. Teniendo en cuenta que el ultrasonido mide

en línea recta, quedarían ‘puntos ciegos’, así, por ejemplo, no se podrán detectar objetos demasiado bajos.

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Nº de test</b>               | 1  |
| <b>Tipo de test</b>             | Detección de objetos estáticos adyacentes al vehículo  |
| <b>Servicio para el test</b>    | Herramientas propias   |
| <b>Unidad testeada</b>          | Vehículo (principalmente motor y frenos)<br>Sensores ultrasonidos/Kinect   |
| <b>Procedimiento y duración</b> | Se coloca una serie de objetos sobre la habitación y se mueve el vehículo para que los detecte a cierta distancia. |
| <b>Timing</b>                   | 1 – 2 minutos  |
| <b>Fecha</b>                    | -  |
| <b>Test completado</b>          | Sí   |

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Nº de test</b>               | 2  |
| <b>Tipo de test</b>             | Detección de objetos móviles adyacentes al vehículo  |
| <b>Servicio para el test</b>    | Herramientas propias   |
| <b>Unidad testeada</b>          | Vehículo (principalmente motor y frenos)<br>Sensores ultrasonidos/Kinect   |
| <b>Procedimiento y duración</b> | Se mueven varios objetos sobre la habitación y se mueve el vehículo para que los detecte a cierta distancia. Además, podría usarse un coche teledirigido que se cruce con el vehículo y que éste lo detecte. |
| <b>Timing</b>                   | 1 – 2 minutos  |
| <b>Fecha</b>                    | -  |
| <b>Test completado</b>          | Sí   |

Test 3/4: Mantiene relación con la prueba anterior. Cuando se detecta un posible impacto el vehículo debe frenarse. Ante esta situación el vehículo ofrece una buena respuesta, no llegando a colisionar con ningún objeto detectable por los ultrasonidos. Esto demuestra que la conexión entre periféricos es lo suficientemente rápida. En estos test se ha conseguido implantar una importante mejora, el vehículo es capaz de reducir la velocidad cuando comprueba que puede llegar a colisionar, haciendo así un frenado progresivo, más suave.

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Nº de test</b>               | 3  |
| <b>Tipo de test</b>             | Frenada de emergencia ante posible impacto frontal   |
| <b>Servicio para el test</b>    | Herramientas propias   |
| <b>Unidad testeada</b>          | Vehículo (principalmente motor y frenos)<br>Sensores ultrasonidos/Kinect   |
| <b>Procedimiento y duración</b> | En primer lugar, se dirigirá el vehículo hacia varios objetos, comprobando que frene cuando observe que va a chocar. |

|                        |   |
|------------------------|---|
|                        | En segundo lugar, se realizará cruzando otro coche en su camino, haciendo al vehículo frenar para evitar la colisión. |
| <b>Timing</b>          | 2– 3 minutos  |
| <b>Fecha</b>           | -   |
| <b>Test completado</b> | Sí  |

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Nº de test</b>               | 4  |
| <b>Tipo de test</b>             | Frenada de emergencia ante posible impacto trasero   |
| <b>Servicio para el test</b>    | Herramientas propias   |
| <b>Unidad testeada</b>          | Vehículo (principalmente motor y frenos)<br>Sensores ultrasonidos/Kinect   |
| <b>Procedimiento y duración</b> | En primer lugar, se dirigirá el vehículo marcha atrás hacia varios objetos, comprobando que frene cuando observe que va a chocar.<br>En segundo lugar, se realizará cruzando otro coche en su camino, haciendo al vehículo frenar para evitar la colisión. |
| <b>Timing</b>                   | 2 – 3 minutos  |
| <b>Fecha</b>                    | -  |
| <b>Test completado</b>          | Sí   |

Test5/6: El vehículo es capaz de reconocer y actuar antes distintas señales, pero con ciertas limitaciones. Es necesaria una correcta iluminación y un entorno uniforme. Puede llegar a producirse errores con el vehículo en movimiento debido al tiempo de procesamiento.

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Nº de test</b>               | 5   |
| <b>Tipo de test</b>             | Reconocimiento de determinadas señales de tráfico   |
| <b>Servicio para el test</b>    | Herramientas propias<br>Señales a tamaño reducido (o códigos BIDI)  |
| <b>Unidad testeada</b>          | Vehículo (principalmente motor y frenos)<br>Procesador de imagen (Kinect)   |
| <b>Procedimiento y duración</b> | En primer lugar, con el coche estático, se procederá a la detección de determinadas señales, comprobando su correcto funcionamiento.<br>En segundo lugar, se realizará la misma |

|                        |  |
|------------------------|--|
|                        | prueba pero con el vehículo en movimiento. |
| <b>Timing</b>          | 2 – 3 minutos                              |
| <b>Fecha</b>           | -  |
| <b>Test completado</b> | Sí   |

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Nº de test</b>               | 6  |
| <b>Tipo de test</b>             | Respuesta automática inteligente a determinadas señales de tráfico   |
| <b>Servicio para el test</b>    | Herramientas propias<br>Formas de diferentes colores a modo de señales   |
| <b>Unidad testeada</b>          | Vehículo (principalmente motor y frenos)<br>Cámara (EyePlaystation 3)  |
| <b>Procedimiento y duración</b> | Con el vehículo en movimiento, se procederá a la detección de las diferentes señales y a la correcta actuación en función de la que se haya detectado. |
| <b>Timing</b>                   | 2 – 3 minutos  |
| <b>Fecha</b>                    | -  |
| <b>Test completado</b>          | Sí   |

Test 8/9: Los huecos de estacionamiento son perfectamente visibles para el vehículo. Para conseguir un aparcamiento autónomo se necesitaría un software más avanzado.

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Nº de test</b>               | 8   |
| <b>Tipo de test</b>             | Detectar huecos tanto a un lado como a otro del vehículo para aparcar                                 |
| <b>Servicio para el test</b>    | Material propio   |
| <b>Unidad testeada</b>          | Sensores ultrasonidos   |
| <b>Procedimiento y duración</b> | Se moverá el vehículo en una zona poblada de objetos, hasta que detecte un hueco a uno o ambos lados. |
| <b>Timing</b>                   | 30 segundos.  |
| <b>Fecha</b>                    | -   |
| <b>Test completado</b>          | Sí  |

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Nº de test</b>               | 9 (complementario a 8)   |
| <b>Tipo de test</b>             | Aparcamiento asistido  |
| <b>Servicio para el test</b>    | Material propio  |
| <b>Unidad testeada</b>          | Sensores ultrasonidos  |
| <b>Procedimiento y duración</b> | Una vez sea detectado el hueco (test 8), se procede al aparcamiento mediante la acción correspondiente en la interfaz móvil. |
| <b>Timing</b>                   | 30 segundos.   |
| <b>Fecha</b>                    | -  |
| <b>Test completado</b>          | Sí   |

## **PRESUPUESTO**

El bajo presupuesto es uno de los puntos fuertes de este proyecto. Con un presupuesto que ronda la mitad del máximo establecido se ha conseguido ensamblar una maqueta a escala y completamente funcional de un coche autónomo actual. Se considera que lo realmente valioso ha sido la capacidad del grupo de ajustarse a dicho presupuesto, sabiendo qué funcionalidades de las propuestas inicialmente eran posibles, y descartando aquellas excesivamente caras. Sumadas estas limitaciones a problemas a nivel de hardware, el modelo resultante puede carecer de algunas funcionalidades deseadas, pero es plenamente funcional y acorde al presupuesto inicial.

A continuación, se detallan los elementos del prototipo con su precio si ha sido necesario comprarlos.

- Sensor ultrasonidos: Se han utilizado 4 sensores de distancia modelo HC-SR04. Precio unitario de 1 €. Son necesarios para la detección de obstáculos, móviles o estáticos, adyacentes al vehículo. También se utilizan para detectar huecos de aparcamiento a ambos lados.



- Puente DC: Para el control de los motores se ha utilizado el módulo L208N con un precio de 6 €.



- Módulo bluetooth: Para la comunicación con la aplicación móvil se ha utilizado el módulo HC-06 adquirido por 9 €. Necesario para el control inalámbrico del vehículo.



- Soporte físico: Se ha utilizado un chasis que incluye rueda y motores adquirido por 7 €. Al ser tan barato, la velocidad de los motores ha sido difícil de ajustar y hemos tenido problema de balanceo de la rueda. A pesar de eso, ha soportado el peso de todos los elementos sin mayores problemas.



- Elementos de montaje: Se han utilizado numerosos cables, resistencias y leds. Para el montaje de todo se ha utilizado una placa de pruebas. En total el precio ha sido de 6 € ya que muchos de estos elementos los teníamos antes de comenzar el proyecto.



- Controlador: Para el control del proyecto se ha utilizado una Raspberry Pi B+. Se ha reservado semanalmente de la biblioteca de la ETSI. Su poca capacidad de procesamiento ha sido el mayor problema que hemos tenido, especialmente a la hora de realizar el procesamiento de imágenes.



- Alimentación: Se han utilizado una pila de 9 voltios para la alimentación de los motores. El precio unitario es de 2 €, a lo largo del proyecto se han utilizado tres.



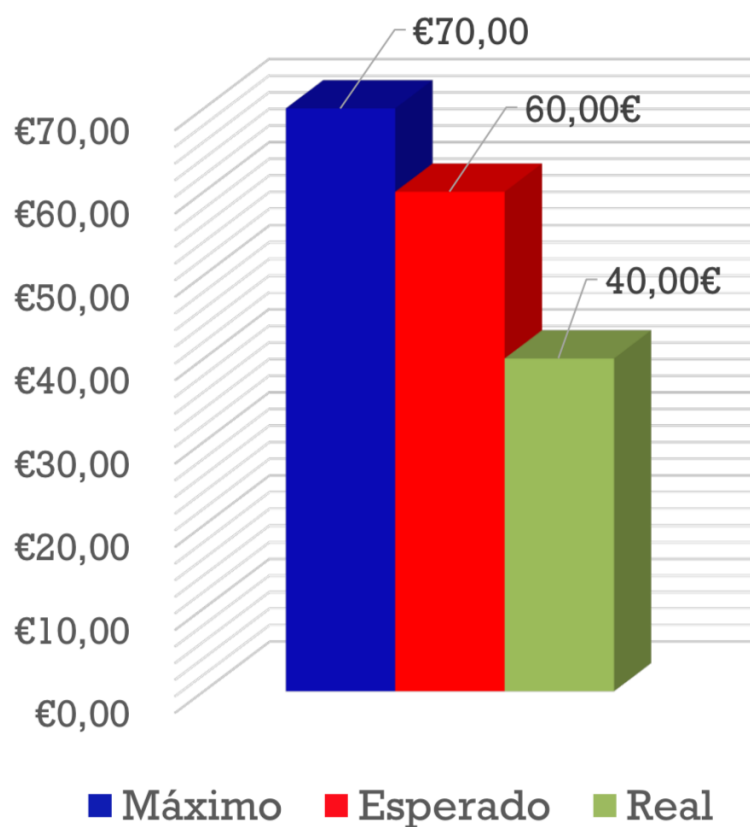
Para la alimentación de la Raspberry se ha utilizado una batería portátil que teníamos antes de comenzar el proyecto. Su gran tamaño y peso se ha resuelto con un montaje eficiente.



- Cámara: Se ha utilizado una cámara de la Play Station 2 que ya teníamos al empezar el proyecto. Es necesaria para el reconocimiento de señales de tráfico.



Por tanto, el presupuesto utilizado es de 40€, casi la mitad del máximo, establecido en 70 €.





## **CONCLUSIÓN FINAL**

Una vez concluido el proyecto, teniendo en cuenta la evaluación final realizada en la memoria y volviendo la vista atrás puede concluirse que el proyecto “Implementación de ADAS” ha sido un éxito, y todo dentro de los márgenes descritos, siendo fundamental lo estrictamente llevado a cabo de los procedimientos y del presupuesto máximo indicado.

En cuanto al planteamiento y cumplimiento de objetivos y requisitos, han sido ambiciosos pero realistas, y se han cumplimentado en su inmensa mayoría, salvando los secundarios, para los que se hubieran precisado de más recursos. Se han desarrollado un gran número defuncionalidades muy importantes en la seguridad vial y fácilmente escalables a la industria moderna.

Además, el aprendizaje y desarrollo personal y profesional de los integrantes del equipo ha sido uno de los aspectos más notables a resaltar, ya que se han enfrentado a tareas y problemas en los límites de su ámbito de conocimiento y saliéndose de su zona de confort para abarcar un resultado más ambicioso.

Por último, y conforme al resultado final puede concluirse que se superan con creces las expectativas iniciales y que el equipo de trabajo Edison junto con su prototipo “Edison Model Pi” es un referente frente al resto de grupos por su dedicación, disciplina, buen-hacer y resultados.

Un saludo del equipo de trabajo Edison.