



# GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

## TRABAJO FIN DE GRADO

### *ADAPTACIÓN DE MOTOR DE SCOOTER EURO3 A GLP*

**Alumno/Alumna:** Baiges de la Sota, Juan  
**Director/Directora:** Martín Gómez, Leopoldo

**Curso:** 2017-2018

**Fecha:** 24 de Julio de 2018



## 1. TABLA DE CONTENIDO

<b>2. LISTADO DE TABLAS, FIGURAS Y ACRÓNIMOS .....</b>	<b>5</b>
2.1. TABLAS.....	5
2.2. ILUSTRACIONES.....	5
2.3. ACRÓNIMOS.....	6
<b>3. RESUMEN TRILINGÜE .....</b>	<b>7</b>
RESUMEN .....	7
ABSTRACT.....	7
LABURPENA.....	7
<b>4. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>5. CONTEXTO.....</b>	<b>9</b>
<b>6. OBJETIVOS Y ALCANCE.....</b>	<b>10</b>
<b>7. BENEFICIOS .....</b>	<b>11</b>
7.1. BENEFICIOS ACADÉMICOS.....	11
7.2. BENEFICIOS ECONÓMICOS .....	12
7.3. BENEFICIOS TÉCNICOS.....	12
<b>8. METODOLOGÍA .....</b>	<b>13</b>
<b>9. UBICACIÓN Y RELEVANCIA.....</b>	<b>14</b>
9.1. INTRODUCCIÓN .....	14
9.1.1. Relevancia del sector transporte en la demanda energética. ....	14
9.1.2. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al sector del transporte. ....	16
9.2. MOVILIDAD SOSTENIBLE .....	16
9.2.1. Movilidad urbana (Movilidad urbana sostenible) .....	18
9.3. NECESIDAD DE COMBUSTIBLES GASEOSOS .....	20
9.3.1. Gases combustible utilizados .....	21
9.3.2. Objetivos y factores a tener en cuenta .....	22
9.3.3. Ventajas del uso de combustibles gaseosos.....	25
9.3.4. Inconvenientes .....	27
9.3.5. Aplicación a flotas .....	29
<b>10. MOTOR ORIGINAL DE SCOOTER .....</b>	<b>31</b>
10.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	32
10.2. SISTEMA DE INYECCIÓN .....	33
10.2.1. Disposición componentes .....	33
10.2.2. Componentes .....	34
10.2.3. Funcionamiento del motor.....	38
10.3. NORMATIVA EURO3 .....	41
<b>11. ADAPTACIÓN A GLP .....</b>	<b>44</b>
11.1. COMPONENTES NECESARIOS PARA EL FUNCIONAMIENTO CON GLP.....	44
11.2. ESQUEMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN.....	46
11.3. MOTOR REAL ADAPTADO .....	48
11.4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO .....	54
11.5. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO .....	55
11.5.1. Procedimiento para funcionamiento a ralentí .....	56
11.5.2. Propuesta de funcionamiento .....	63



<b>12.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>66</b>
12.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA ADAPTACIÓN DEL MOTOR	66
12.2.	POSICIONAMIENTO DE LOS VEHÍCULOS PROPULSADOS A GAS EN LA ACTUALIDAD	67
12.3.	EXPECTATIVAS	67
12.4.	BENEFICIOS DE LA ADAPTACIÓN	68
<b>13.</b>	<b>DESCARGO DE GASTOS</b>	<b>70</b>
<b>14.</b>	<b>DESCRIPCION DE TAREAS. GANTT</b>	<b>72</b>
<b>15.</b>	<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	<b>74</b>
15.2.	BIBLIOGRAFÍA	74
15.3.	ENLACES WEB	74
<b>16.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>76</b>
16.1.	ANEXO I: IEEE2006	76
16.2.	ANEXO II: DESCARGO DE GASTOS DETALLADO	76
16.3.	ANEXO III: DIRECTIVA 2002/51/CE - NORMATIVA EURO 3	77
16.4.	ANEXO IV: MANUAL DE INSTALACIÓN Y PROGRAMACIÓN AC STAG	77
16.5.	ANEXO V: PATENTE. SISTEMA DE AUMENTO DE VAPORIZACIÓN EN RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO DE GLP	77



## 2. LISTADO DE TABLAS, FIGURAS Y ACRÓNIMOS

### 2.1. TABLAS

Tabla 1. Especificaciones técnicas.

Tabla 2. Listado y disposición de los principales componentes que intervienen en el sistema de inyección.

Tabla 3. Listado de componentes que intervienen en la inyección y el encendido, y sus respectivas funciones.

Tabla 4. Componentes de un motor con GLP.

Tabla 5. Componentes del motor adaptado.

### 2.2. ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Consumo energético total en España (2009-2015)

Ilustración 2. Consumo energético por sectores en el año 2015.

Ilustración 3. Distribución anual de las emisiones de gases de efecto invernadero y detalle para el año 2015.

Ilustración 4. Esquema Desarrollo Sostenible.

Ilustración 5. Etiquetado de vehículos según su potencial contaminante.

Ilustración 6. Estación de autoservicio en la que además de gasolina y diésel también hay autogas o GLP.

Ilustración 7. Autobús propulsado por GLP en Valladolid.

Ilustración 8. Prohibición de entrada a vehículos con GLP.

Ilustración 9. Flota de vehículos Mercamadrid.

Ilustración 10. Ilustración motor original.

Ilustración 11. Disposición componentes scooter original.

Ilustración 12. Imagen de pistón con árbol de levas y las válvulas de admisión y escape.

Ilustración 13. Tabla de emisiones aceptadas de la normativa Euro III.

Ilustración 14: Esquema eléctrico de conexión de la centralita STAG-4 QBOX PLUS.

Ilustración 15. Depósito GLP en equilibrio termodinámico.

Ilustración 16: Interfaz del programa de diagnóstico de STAG.

Ilustraciones 17, 18, 19 y 20. Pestañas de parámetros.

Ilustración 21: Mapa del multiplicador antes de calibración.

Ilustración 22: Mapa del multiplicador ajustado para la estabilidad del motor en estado gas.

Ilustración 23. Descarga de gastos.

Ilustración 24. Descripción de tareas.

Ilustración 25. Diagrama de Gantt.

## 2.3. ACRÓNIMOS

GLP: Gas Licuado de Petróleo.

DGT: Dirección General de Tráfico.

VEA: Vehículos de Energías Alternativas.

IDAE: Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía.

GEI: Gases de Efecto Invernadero.

CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono.

CH<sub>4</sub>: Metano.

NO<sub>2</sub>: Dióxido de Nitrógeno.

GNC: Gas Natural Comprimido.

NO<sub>x</sub>: Óxidos de Nitrógeno.

Rpm: Revoluciones por minuto.

AT: Alta Tensión.

2T: Dos Tiempos.

4T: Cuatro Tiempos.

P: Presión.

PMS: Punto Muerto Superior.

HC: Hidrocarburos.

CO: Monóxido de Carbono.

ECU: Engine Control Unit (Unidad de control de motor)

OBD: On Board Diagnostics.



## 3. RESUMEN TRILINGÜE

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo es el estudio y comprensión de la adaptación de un motor de scooter que está sujeto a la normativa Euro 3 a su funcionamiento con GLP. Para ello, se enmarcará al proyecto dentro de la necesidad de combustibles alternativos en el transporte y se expondrán las ventajas e inconvenientes de éstos. Posteriormente se analizará el motor original con el objetivo de ayudar al entendimiento del posterior funcionamiento del motor adaptado. Por último, se analizarán los componentes y operaciones necesarios para la implantación del sistema de GLP, y se expondrá el procedimiento para ajustar los parámetros para el correcto funcionamiento con GLP.

### ABSTRACT

This project is aimed at studying and understanding the adaptation of an existing scooter engine, inside the Euro 3 emissions standards, to its operation with LPG. To do this, this project will present the necessity of alternative fuels working in the transport, and the benefits and disadvantages of them. After this, the original engine will be analyzed with the aim of helping to understand the subsequent adapted engine operation. Finally, the needed components and operations for the adaptation of LPG system will be analyzed, and the procedure of adjusting the parameters for correct operation will be presented.

### LABURPENA

Lan honen helburua GLPrekin funtzionatuko duen eta Euro 3 araudiarekin bat datorren scooter motor baten adaptazioa ulertzea eta ikertzea da. Horretarako, proiektu hay garraiobideetan dagoen erregai berritzaileen beharrizanean kokatuko da eta honen onurak eta desabantailak aurkeztuko dira. Jarraian, motor egokituaren funtzionamendua ulertzeko helburuarekin, lehenengo motor originala aztertuko da. Azkenik, GLP sistema ezartzeko beharrezkoak diren osagai eta eragiketak aztertuko dira, eta GLPren funtzionamendu eraginkorra lortzeko parametroak doitzeko pozedura aurkeztuko da.



## 4. INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto de Fin de Grado en Ingeniería de Tecnología Industrial ha sido realizado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Bilbao, con la ayuda y supervisión del departamento de Máquinas y motores térmicos. En éste se estudiará la adaptación de un motor de scooter dentro de la normativa Euro 3 al funcionamiento dual con gasolina y gas GLP.

Para ello, se introduce al lector en los vehículos propulsados por GLP, contextualizando su uso y exponiendo sus características, después se detallarán las características del motor original, y posteriormente se evaluarán ciertos aspectos de la adaptación.

Además se analizan los objetivos y el alcance que podría tener este estudio, mencionando las motivaciones del alumno para su realización, así como la metodología empleada para ello. También se tratan los beneficios que este proyecto podría aportar, tanto académicos como técnicos.

El trabajo se divide fundamentalmente en tres partes. En la primera parte, se ubicará la necesidad del proyecto y se argumentará la relevancia que tienen los combustibles gaseosos actualmente, así como las ventajas y desventajas que éstos presentan. Además se situará a los combustibles gaseosos dentro de la necesidad de una movilidad más sostenible y la reducción de emisiones.

En la segunda parte, se analizarán las características técnicas del motor original y se centrará el estudio en los componentes del sistema de inyección que son los que intervendrán posteriormente en el funcionamiento con GLP. Posteriormente, se expondrán las características de la normativa Euro 3 dentro de la cual se encuentra el motor. Hay que destacar la necesidad de ajustarnos a esta normativa después de la adaptación.

En tercer lugar, se expondrán la adaptación del motor al funcionamiento dual con gas GLP. Se estudiarán las necesidades técnicas de la adaptación, para luego detallar los componentes incluidos en el motor del proyecto, así como las justificaciones de las posibles modificaciones. El estudio de la adaptación ha partido del manual de la centralita electrónica utilizada, que se adjunta en el ANEXO IV.

Por último, se analizarán todos estos conceptos expuestos anteriormente extrayendo unas conclusiones acerca de la relevancia de los combustibles gaseosos como el GLP, las características de la adaptación, y las consecuencias de su uso en el sector.

## 5. CONTEXTO

La creciente necesidad de una movilidad más sostenible en los núcleos urbanos está ayudando al fomento de combustibles alternativos en los vehículos motorizados, que tradicionalmente siempre han sido propulsados por gasolina y diésel. Unido a estos, cada vez más restricciones son impuestas a los vehículos más contaminantes dentro de las ciudades. El nuevo mercado que ha desarrollado la DGT pretende clasificar a los vehículos según sus emisiones, y desde esta perspectiva, el vehículo propulsado por GLP se ve beneficiado frente a los motores de gasolina y diésel convencionales.

La combustión de GLP emite menos gases y partículas nocivas a la atmósfera, sobre todo si lo comparamos con un vehículo diésel. Está exento de componentes como el azufre y el plomo y disminuye el ruido en un 50%, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero en torno a un 15% en comparación con la gasolina.

Unos 50.000 vehículos utilizan autogas o GLP actualmente en España, una cifra no demasiado abultada que sin ninguna duda va a experimentar un notable crecimiento en los próximos años después de que tanto la Unión Europea como el Gobierno español hayan incluido este combustible en sus planes VEA (Vehículos de Energías Alternativas). Con estos planes se dedicarán fondos públicos a ayudar a los usuarios en la compra de vehículos alternativos o a la conversión de vehículos existentes.

En España, la inversión en infraestructuras es cada vez mayor, aunque aún queda mucho trabajo por hacer, comparando con el otro países en Europa como Francia o Italia.

Actualmente existen alrededor de 600 estaciones de repostaje que dan cobertura a los usuarios de GLP. Esto presenta una gran ventaja frente a otros tipos de vehículos alternativos que no tienen una infraestructura suficiente para garantizar el repostaje a todos sus usuarios, y ven condicionado el uso del vehículo por esto.

Una de las grandes características del GLP es precisamente la posibilidad de adaptar motores existentes a su funcionamiento, mientras que otros vehículos alternativos son imposibles de adaptar o su adaptación es muy costosa. Esto da la posibilidad de utilizar un combustible alternativo como el GLP a usuarios que hayan adquirido un vehículo propulsado por gasolina recientemente.

La adaptación de motores convencionales a su funcionamiento dual con GLP es ofertada actualmente a particulares en numerosos talleres especializados, y la cantidad de vehículos propulsados con GLP es cada vez más relevante dentro del sector automovilístico.

Es, además, un combustible mucho más económico con el que se ahorra un considerable gasto. Pese a que necesita un mayor consumo, es hasta un 50% más barato que la gasolina convencional. Cada 100 kilómetros podemos reducir el gasto medio entre un 30 y un 40%.

En los próximos años se espera que el precio siga siendo notablemente más bajo que el de la gasolina y el diésel. Además, su mantenimiento es menos costoso, ya que no deja residuos y sufre menos averías. Una posible adaptación es amortizable en menos de dos años, y su aplicación en transporte público, empresas y particulares se prevé vital en el futuro.

## 6. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo principal de este proyecto es el análisis de la adaptación de un motor de gasolina a un funcionamiento dual con gas GLP. En concreto, se centra en la adaptación de un motor de scooter de 125cc, que es un motor de una capacidad y potencia muy pequeñas comparándolo con un motor de un automóvil, por lo que su adaptación se presenta más compleja.

La adaptación de un motor a funcionar con GLP no deja exento de la necesidad de gasolina al motor, ya que una pequeña parte siempre será necesaria para el encendido del motor. Sin embargo, el ahorro esperable tras la modificación hace esta opción muy atractiva para particulares. A pesar de que la cantidad de gas consumida superará a la cantidad de gasolina equivalente, la diferencia de precios hace que el ahorro sea muy considerable.

La idea de este proyecto es ofrecer una solución para aquellos usuarios que hayan adquirido un vehículo convencional recientemente. Por ello, uno de los objetivos es adquirir los conocimientos necesarios para una entender una posible adaptación de un vehículo convencional, así como ser capaz de ajustar los parámetros que gobiernan el sistema para el correcto funcionamiento de éste.

Hay que destacar la importancia de comprender la calibración de los parámetros de la centralita electrónica y ser capaz de su modificación.

La adquisición de conocimientos acerca de combustibles gaseosos, entre ellos el GLP, se presenta como un objetivo secundario, sin embargo, es realmente importante para entender la repercusión de la adaptación.

La posible aplicación dentro del consumo particular así como para el empleo por compañías (aplicación a flotas, vehículos con grandes desplazamientos, transporte público) hace que el estudio de la adaptación de un motor a funcionamiento dual sea de gran interés.

Por último, este proyecto se puede enmarcar dentro de la necesidad de una movilidad más sostenible. Los vehículos propulsados por gas se presentan como la gran alternativa en el futuro en conjunto con el vehículo eléctrico, teniendo en cuenta que la reducción de las emisiones en las grandes ciudades se presenta como uno de los grandes objetivos en las instituciones europeas.

## 7. BENEFICIOS

### 7.1. BENEFICIOS ACADÉMICOS

La realización de este trabajo viene motivada académicamente por la finalización del Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial de la Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco (UPV/EHU).

La superación de este proyecto beneficia a su autor con la obtención de los últimos 6 ECTS (European Credit Transfer System) necesarios para la obtención del título de graduado en Ingeniería en Tecnología Industrial, y demuestra que el alumno es capaz de emplear todos los conocimientos obtenidos durante el estudio del grado en la creación de este trabajo. Este



proyecto pertenece al departamento de Máquinas y Motores Térmicos y está dirigido por el profesor Leopoldo Martin Gómez.

## 7.2. BENEFICIOS ECONÓMICOS

En el plano económico la posibilidad de la adaptación presenta numerosos beneficios. La adaptación de un motor existente al funcionamiento con GLP es una operación no muy costosa y amortizable en un período corto de tiempo. Dada la diferencia de precios que presenta el GLP frente a la gasolina y el diésel el gasto en combustible después de la modificación se reducirá considerablemente. Teniendo en cuenta el futuro ahorro económico en combustible se estima que la inversión se amortice en un período menor a dos años. Además su mantenimiento no presenta sobrecostos.

## 7.3. BENEFICIOS TÉCNICOS

Más allá de los beneficios académicos y los económicos, este trabajo presenta unos beneficios técnicos para su autor y sus lectores. Con este proyecto se ha demostrado la capacidad de transformación que se tiene sobre la gran mayoría de vehículos con motor de gasolina. A pesar de las características técnicas del motor adaptado, que se podían prever como insuficientes en cuanto a capacidad y potencia, se ha conseguido un correcto funcionamiento en estado gas. El estudio de su adaptación provee a los lectores y a su autor de la capacidad de analizar la adaptación, así como de entender el principio de funcionamiento de un motor dual con gas GLP.

No olvidemos el prometedor futuro que se espera de este tipo de vehículos dentro de este sector. Las expectativas son de un crecimiento absoluto, además viéndose reforzadas por los planes aprobados por las instituciones tanto a nivel estatal como a nivel europeo.

Mientras su importancia dentro del sector sigue creciendo, la accesibilidad al combustible sigue aumentando y la población cada vez se familiariza más con su uso, siendo ya común la adaptación de motores de usuarios.

Dadas las marcadas diferencias con los motores de gasolina y diésel, en cuanto a consumo y reducción de emisiones, la adaptación de motores convencionales se presenta como una opción interesante y económica para grandes compañías así como para particulares.





## 8. METODOLOGÍA

1. En primer lugar, se realizó un estudio acerca del transporte y la relevancia de este en el consumo de energía y en la emisión de gases contaminantes.
2. Posteriormente, se estudiaron las características de los combustibles gaseosos, situándolos en este contexto, y teniendo en cuenta sus ventajas, inconvenientes y factores a tener en cuenta.
3. Se analizó la relevancia de las regulaciones en cuanto al mercado de vehículos y se situó el proyecto en el contexto de la Movilidad Sostenible.
4. Se analizó el motor original a partir de la ficha técnica del producto y del propio motor.
5. Se desarrolló el estudio del motor original, centrándose en las partes del motor relevantes para el funcionamiento después de la posterior adaptación a funcionamiento dual.
6. Se hizo un estudio teórico acerca de las adaptaciones de motores reales a funcionamiento dual para contextualizar la adaptación del motor estudiado.
7. Se describió el motor adaptado del proyecto, detallando las diferencias y las particularidades del proceso para el motor estudiado.
8. Se calibró manualmente el motor para su correcto funcionamiento a ralentí.
9. Se realizó una propuesta de funcionamiento para la correcta autoadaptación del motor en su funcionamiento real en carretera.
10. Se desarrollaron las conclusiones a partir del estudio realizado anteriormente. El motor estudiado se toma como una representación de la adaptación de distintos motores que funcionan con gasolina. Además presentando éste ciertas dificultades en el proceso de adaptación.

## 9. UBICACIÓN Y RELEVANCIA

### 9.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo tanto económico como a todos los niveles que se está experimentando tanto en España como a nivel europeo y mundial ha contribuido a un aumento exponencial del consumo. Una de las principales consecuencias de este creciente consumo es el aumento de la demanda energética. Este aumento es muy rápido, pero, por el contrario, los métodos vigentes de producción de energía no son sostenibles, ni por razones medioambientales ni de recursos, ya que la producción se fundamenta principalmente en el uso de combustibles fósiles. Sin embargo, mientras se trabaja y se evoluciona en la producción de energía más sostenible, parece claro que los combustibles fósiles van a seguir formando una parte importante de la producción total debido a su bajo coste y su gran disponibilidad.

#### 9.1.1. Relevancia del sector transporte en la demanda energética.

Uno de los sectores que más ha contribuido a este aumento de la demanda energética es el sector del transporte, que a partir de los años 90 se ha convertido en el sector con mayor demanda de energía final, superando al de la industria que tradicionalmente ha sido el mayor consumidor de energía.

Analizando los datos de consumo energético final de los últimos años se puede ver como el porcentaje correspondiente al sector del transporte respecto al consumo energético total ronda el 40%, y este es el sector con mayor importancia como se puede observar en la ilustración 1:

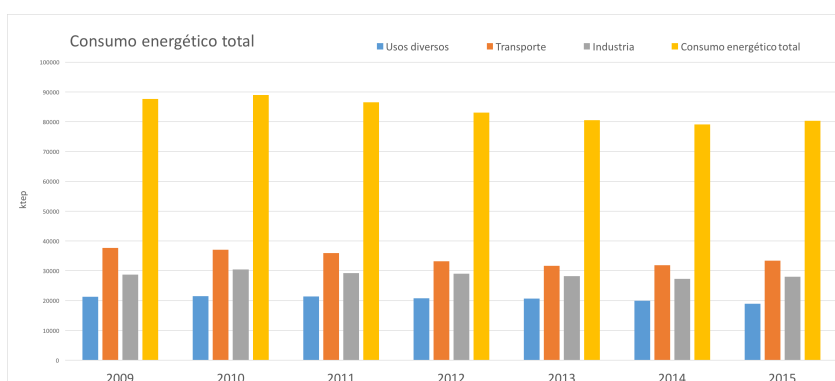


Ilustración 4. Consumo energético total en España (2009-2015)

Fuente: Elaboración propia. Datos extraídos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Consumo de Energía Final 1990-2015.

Y en particular, en el año 2015 los datos fueron como se muestran en la siguiente ilustración:

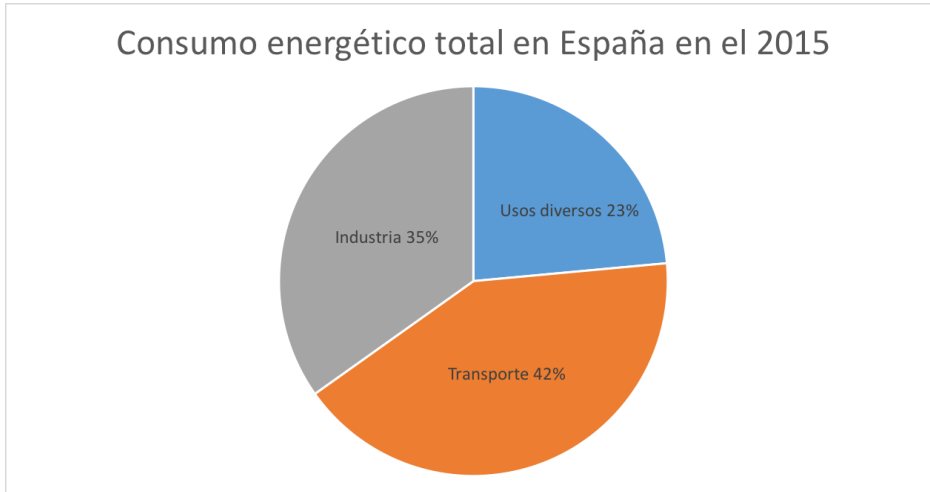


Ilustración 5. Consumo energético por sectores en el año 2015.

Fuente: Elaboración propia. Datos extraídos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Consumo de Energía Final 1990-2015.

Exactamente el consumo energético asociado al transporte en el año 2015 fue del 42% del total, bastante por encima del asociado a la Industria.

Unido a la relevancia del sector transporte hay que mencionar la importancia que tienen los motores de combustión interna que además de ser la principal fuente de energía en este sector, también componen una parte importante del resto de sectores. Mucho se ha evolucionado dada la inversión continua en investigación y desarrollo dirigida a apoyar y mejorar el rendimiento de los dispositivos de producción de energía del tipo de combustión interna. Estos han progresado rápidamente a lo largo de los años hasta alcanzar un nivel actual en el que se logra un rendimiento de alta calidad con fiabilidad, a la vez que abarcan una amplia diversidad de diseños, tamaños y campos de aplicación. En las últimas décadas en particular, los motores alternativos de combustión interna se han convertido en la forma más dominante y versátil dentro de los sistemas de generación de energía, en todos los sectores, incluso a nivel de consumo individual.

## 9.1.2. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al sector del transporte.

Unido al consumo energético, destaca la relevancia que tiene el transporte en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). En el 2015 las emisiones de gases de efecto invernadero se estiman en 335,6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq.

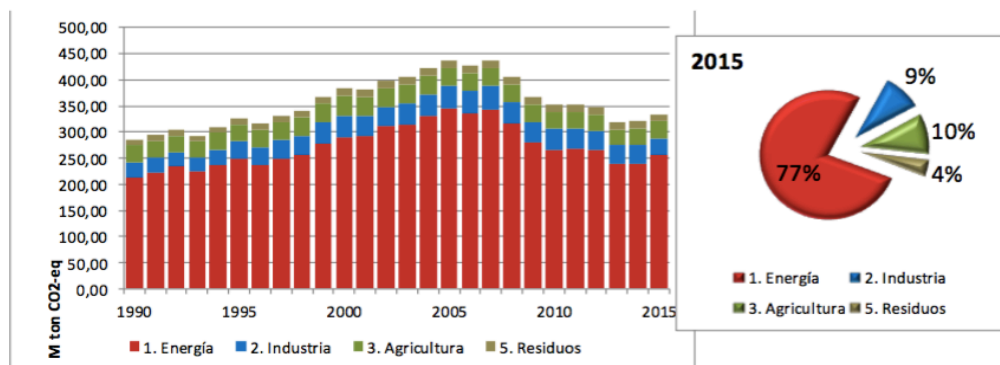


Ilustración 6. Distribución anual de las emisiones de gases de efecto invernadero y detalle para el año 2015.

Fuente: Informe Resumen. Inventario de emisiones de España: Emisiones de gases de efecto invernadero. Serie 1990-2015. Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente. Marzo 2017.

Como vemos en el gráfico de 2015, más del 75% de las emisiones se generaron en los procesos de procesado de energía. Dentro de este grupo, la generación de electricidad supuso el 22% del total de las emisiones, y el transporte genero el 25% del total de las emisiones.

En cuanto al tipo de gases emitidos, el CO<sub>2</sub>-eq es el principal gas emitido, seguido por el CH<sub>4</sub> y del NO<sub>2</sub>.

## 9.2. MOVILIDAD SOSTENIBLE

Como se ha expuesto anteriormente el transporte representa la cuarta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero y en torno al 40% del consumo de energía en España.

Teniendo en cuenta los datos aportados en el epígrafe 9.1., queda destacada la relevancia del transporte y la necesidad de actuación sobre el modo de consumo y el funcionamiento del sector. Surge la necesidad de afrontar estos problemas medioambientales y sociales ocasionados por el aumento exponencial del consumo. Aquí es donde se introduce el concepto de Desarrollo Sostenible, y dentro de este, el de Movilidad Sostenible.

El término sostenibilidad o Desarrollo Sostenible fue formalizado por primera vez en el “Informe Brundtland”, elaborado en 1987 por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas.

En este documento, Desarrollo Sostenible se define como “el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

Por lo tanto, no se refiere, únicamente a cuestiones ambientales. Debe entenderse en una triple dimensión económica, social y ambiental.

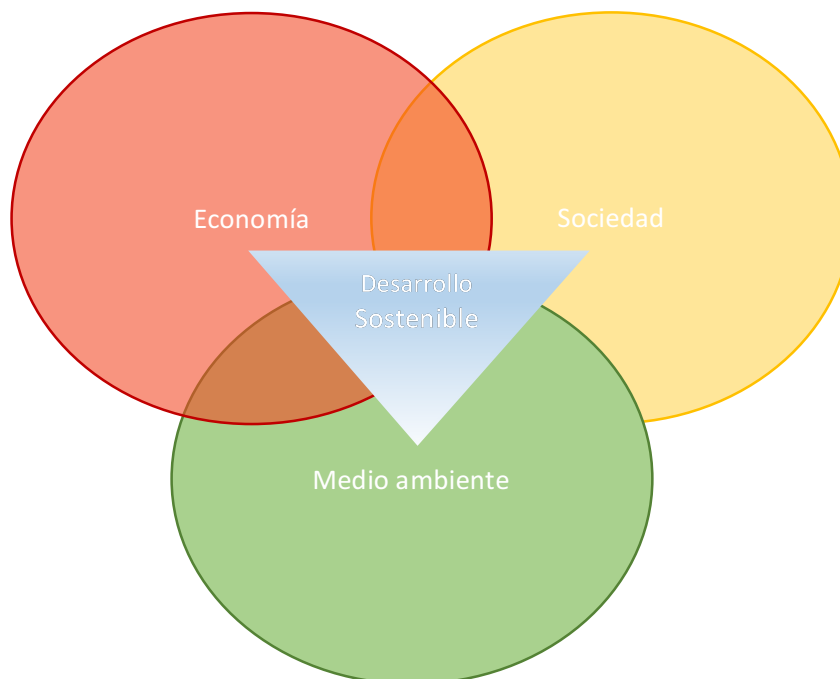


Ilustración 4. Esquema Desarrollo Sostenible.

Fuente: Elaboración propia.

Los inconvenientes del modelo actual de transporte, entre los que destacan la contaminación del aire, el consumo excesivo de energía, los efectos sobre la salud o la saturación de las vías de circulación; han generado una preocupación creciente por encontrar alternativas que ayuden a evitar o minimizar los efectos negativos de este modelo y encontrar uno nuevo.

Las actuaciones de movilidad sostenible son aquellas que ayudan a reducir dichos efectos negativos, ya sean prácticas de movilidad responsable por parte de personas sensibilizadas con estos problemas (desplazarse a pie o en bicicleta, en transporte público, compartir un coche entre varios compañeros para acudir al trabajo...), como el desarrollo de tecnologías que amplíen las opciones de movilidad sostenible por parte de empresas, o decisiones de las

administraciones para impulsar estas prácticas de manera directa por medio de regulaciones y a través de financiación, o de manera indirecta sensibilizando a la población promoviendo dichas prácticas.

Las políticas de movilidad sostenible llevadas a cabo por las administraciones públicas se centran en reducir la congestión de las vías y reducir el consumo de combustibles fósiles contaminantes. Por ello, a menudo impulsan el uso de vehículos de propulsión alternativa mediante ayudas a la compra, que se suelen gestionar a través de las comunidades autónomas.

Con esto en mente, este trabajo de fin de grado se podría enmarcar dentro de una acción de movilidad sostenible que intenta solucionar parte de la problemática del transporte tal y como lo conocemos hoy en día.

### 9.2.1. Movilidad urbana (Movilidad urbana sostenible)

Dentro del transporte se podría destacar también la relevancia de la movilidad urbana en las emisiones de efecto invernadero, representando alrededor del 10% de las emisiones totales, y un 40% de las emisiones debidas al transporte.

Cuando hablamos de movilidad urbana nos referimos a la totalidad de desplazamientos que se realizan en la ciudad.

En las últimas décadas, como producto de la primacía absoluta del vehículo privado frente a otros modos de transporte y de la continua expansión urbana, que aleja cada vez más las zonas residenciales de los centros de trabajo, ocio, comercio, etc., el modelo de movilidad instaurado es cada vez más, fuente de conflictos tanto en términos medioambientales como socioeconómicos.

En este sentido, cada vez más la movilidad de las ciudades europeas se está orientando a incorporar criterios de sostenibilidad para lograr un equilibrio entre las necesidades de movilidad y accesibilidad que permita a los ciudadanos disfrutar de la ciudad, con desplazamientos seguros y que economicen tiempo y energía, al tiempo que se favorece la protección del medio ambiente, la cohesión social y el desarrollo económico.



La mayoría de los problemas derivados del modelo de movilidad actual se producen y soportan dentro de las propias ciudades, pero otros, como la emisión de gases de efecto invernadero, tienen mucha mayor trascendencia y, en el plano espacial, repercuten a escala global, y, en el temporal, pueden afectar a las generaciones venideras.

Ante esta situación, la apuesta de muchas ciudades por una mayor sostenibilidad ha conducido a la adopción de “Políticas de Movilidad Sostenible”, con los objetivos básicos de reducir las emisiones contaminantes, minimizar la presión del automóvil en la ciudad, reforzar el principio de equidad y favorecer los modos de desplazamiento más respetuosos con el medio ambiente.

Ante el enorme aumento del nivel de motorización, estas políticas a menudo resultan insuficientes y los esfuerzos se centran en reducir el uso del automóvil incentivando ciertas formas de movilidad y penalizando otras. Las experiencias de gestión de la demanda han constatado que, si no se adoptan medidas que dificulten la utilización del coche, las inversiones en modos de transporte alternativos a él tienen serio riesgo de fracaso.

Un ejemplo de esto, sería las restricciones impuestas a la circulación de vehículos muy contaminantes dentro de los centros urbanos, medida prevista en un futuro cercano en ciudades con mucha densidad móvil y con problemas de polución.

Unido a esto, se han empezado a clasificar los vehículos según la cantidad de emisiones que expulsan, distinguiendo a primera vista si un vehículo es más o menos contaminante, siendo los más favorecidos los vehículos eléctricos de cero emisiones (etiqueta 0), los vehículos híbridos y los que son propulsados con combustibles alternativos, como el GLP o el gas natural (etiqueta ECO). El resto del parque móvil se etiqueta según mayor o menor cantidad de emisiones expulsadas.



Ilustración 5. Etiquetado de vehículos según su potencial contaminante.  
 Fuente: Dirección General de Tráfico (DGT).

### 9.3. NECESIDAD DE COMBUSTIBLES GASEOSOS

El grado de consumo de los recursos energéticos disponibles continúa aumentando a pesar del importante progreso que se está realizando para mejorar la eficiencia de su uso. Las contribuciones a este aumento en el consumo incluyen el aumento de la población mundial, las mejoras en el nivel de vida promedio y el aumento en la esperanza de vida, entre otras. Se espera que la combustión de combustibles fósiles siga siendo la principal fuente de energía durante un tiempo en el futuro. Esto se verá limitado, sin embargo, por el continuo agotamiento de los recursos de petróleo crudo de calidad, la necesidad de emisiones de escape cada vez más limpias y el rápido avance en el desarrollo de los recursos renovables. Por otro lado, cada vez es más evidente, que está aumentando la disponibilidad de gas natural, así como de otros combustibles gaseosos. Esto se ha producido principalmente como resultado de las mejoras en el transporte de larga distancia de gas y la mayor disponibilidad de fuentes no



convencionales, como las de gas de lutita<sup>1</sup> o gas de esquisto, biogases<sup>2</sup> y gases en capas de carbón<sup>3</sup>. Además, la mayor explotación de recursos no convencionales de hidrocarburos líquidos, como las arenas de alquitrán<sup>4</sup>, trae consigo la producción potencial de grandes cantidades de mezclas de combustibles gaseosos, aunque de calidad variada y con poderes caloríficos más bajos que los procesados convencionalmente en los gasoductos de gas natural. Teniendo esto en cuenta, hay muchas oportunidades para explotar cada vez más tales recursos de combustibles gaseosos mientras que al mismo tiempo se economiza el consumo de otros recursos de combustibles fósiles líquidos no renovables. Dichos enfoques necesitarían desarrollar nuevos medios para la producción de energía mientras continúan la reducción general de las emisiones de escape, incluidas las asociadas a la contribución al calentamiento global.

Dada la creciente accesibilidad del uso de combustibles gaseosos, lo más interesante es el hecho de que es posible la conversión de un motor convencional al funcionamiento con gas licuado de petróleo (GLP) o gas natural, lo que se denomina funcionamiento dual. Dadas las características del parque móvil existente, y la relativa facilidad de la conversión de vehículos con motores convencionales a funcionamiento dual, esta se erige como la gran alternativa a los vehículos eléctricos, mientras estos consiguen mayores prestaciones y accesibilidad.

### 9.3.1. Gases combustible utilizados

Los combustibles que se presentan en forma de gas en condiciones ambientales normales se clasifican como gaseosos. Ejemplos notables de estos incluyen el gas natural, el propano, el butano y el hidrógeno, entre otros. La naturaleza gaseosa de tales combustibles proporciona claras ventajas en su utilización en dispositivos de combustión en comparación con la

---

<sup>1</sup> Gas de lutita: *shale gas* en inglés, es sencillamente gas natural. Se denomina gas no convencional porque se encuentra atrapado en formaciones rocosas y arcillosas de muy baja permeabilidad, diferentes a las que tradicionalmente se utilizaban para producir gas natural. Por eso, las formaciones y los hidrocarburos que se obtenían de ellas se llamaron “no convencionales”.

<sup>2</sup> El biogás es un gas compuesto principalmente por metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), en proporciones variables dependiendo de la composición de la materia orgánica a partir de la cual se ha generado.

<sup>3</sup> Mayoritariamente metano contenido en el interior de las capas de carbón, el gas es químicamente absorbido por el mineral.

<sup>4</sup> son una combinación de arcilla, arena, agua, y bitumen.

combustión de combustibles líquidos o sólidos comunes. El precio del gas natural en relación con el del diésel o la gasolina varia bastante, incluso dependiendo del lugar donde se comercialice, pero generalmente, en términos de energía, el gas natural y el gas licuado de petróleo (GLP) se venden significativamente más baratos que el diésel y la gasolina. Algunos de los combustibles en estado gas más utilizados son: el gas natural, el propano, el butano, el gas natural comprimido (GNC), el metano y el gas licuado de petróleo (GLP); de los cuales el autogas o GLP y el GNC son los más utilizados en el uso de motores de combustión interna.



Ilustración 6. Estación de autoservicio en la que además de gasolina y diésel también hay autogas o GLP. Fuente: [elperiódicodelaenergía.com](http://elperiódicodelaenergía.com), 2015

### 9.3.2. Objetivos y factores a tener en cuenta

Parece claro que los motores de combustión interna convencional permanecerán con nosotros durante bastante tiempo en el futuro. Al mismo tiempo, la demanda de mayor eficiencia en la producción, mayor producción de potencia específica, mayor fiabilidad y emisiones cada vez más reducidas continuará aumentando. También existe una mayor necesidad, por razones ambientales, económicas y de conservación de recursos, entre otras, de incrementar el consumo de combustibles gaseosos tanto naturales como procesados.

Debido a esto, existe un continuo desarrollo y se investiga para conseguir avances, a menudo haciendo progresos muy importantes para alcanzar estas metas.

Uno de los principales objetivos, es desarrollar mejoras que nos permitan aumentar el conocimiento y desarrollar un mayor control de los relativamente complejos procesos físico-

químicos en la combustión del motor de combustión interna. Muchos de los avances tecnológicos que se han desarrollado con éxito a lo largo de los años han sido, en gran medida, producto de la experiencia, siendo procesos lentos y el nivel de progreso sigue siendo insuficiente para cumplir los exigentes objetivos a largo plazo. Estos objetivos, además de lograr una alta eficiencia, emisiones mínimas de contaminantes y un alto rendimiento de potencia específica, deben incluir la capacidad del motor de responder automáticamente a las variaciones en la calidad del combustible sin pérdidas en la producción de energía, la eficiencia o la fiabilidad.

Ha sido demostrado que el motor de combustión interna alimentado por gas, cuando opera en el modo de combustible dual, puede asociarse con emisiones de gases de escape que son menos perjudiciales para el medio ambiente que las de las otras formas de motores de combustión interna, como el diésel o el motor de gasolina. Por ejemplo, las concentraciones de monóxido de carbono son relativamente bajas, con emisiones de  $\text{NO}_x$  no superiores a las emitidas por un motor diésel equivalente, y con frecuencia mucho más bajas. Las emisiones de óxidos de azufre son insignificantes ya que generalmente los principales combustibles empleados se procesan para quedar prácticamente libres de compuestos de azufre, exceptuando por las pequeñas cantidades que surgen de la combustión de los aditivos odorantes, como los mercaptanos<sup>5</sup>, comúnmente añadidos a los combustibles gaseosos por razones de seguridad.

Los hidrocarburos no quemados emitidos son esencialmente no tóxicos y apenas reactivos en la atmósfera para producir smog (niebla fotoquímica) o lluvia ácida. Sin embargo, dado que el metano es el componente principal de los gases combustibles comúnmente disponibles, dichas emisiones, cuando no se tratan adecuadamente, pueden contribuir potencialmente a las emisiones de gases de efecto invernadero y requieren controles más estrictos.

Las partículas, que representan una seria preocupación en las emisiones de escape de los motores de combustión comunes, apenas son una preocupación en los motores de combustible dual. Esto se debe principalmente a que los motores de combustible dual en general emplean mezclas de combustible pobre en aire, la naturaleza gaseosa de su

---

<sup>5</sup> Mercaptanos o tioles son aditivos con un fuerte olor que se añaden habitualmente por motivos de seguridad, facilitando la detección de posibles fugas de combustibles que sin este componente, son inodoros.

combustible dominante, y que las cantidades muy pequeñas de combustible gasolina que se emplean son generalmente para fines de encendido solamente.

Además, también existen diversos factores que están facilitando y promoviendo el uso del funcionamiento dual, sobre todo en el sector transporte:

- Recientemente se han realizado muchos avances, consiguiendo lidiar con las dificultades que tenía el manejar las emisiones de escape en el funcionamiento con combustibles gaseosos en sus distintos rangos de carga.
- Para obtener los beneficios potenciales asociados a operar con gas, se necesita optimizar y controlar cuidadosamente los factores de funcionamiento y diseño que influyen en la combustión. En el pasado, no se disponía de controles informáticos adecuados para las numerosas variables del motor, y se dependía principalmente de dispositivos de control mecánico. Esto dificultaba su implementación en aplicaciones de transporte. La necesidad de dos controles distintos para los distintos combustibles así como los sistemas para almacenar estos, también ha contribuido a la dificultad de su implementación.
- Una consecuencia del funcionamiento de los motores de combustión interna en el modo de combustible dual premezclado es que parte del aire de admisión es desplazado por el combustible gaseoso inducido. Este desplazamiento de aire puede tener una influencia significativa en la eficiencia volumétrica, las emisiones y la potencia de salida asociada del motor, lo que requiere medidas correctivas para recuperar el posible déficit en la potencia de salida del motor y el rendimiento. De lo contrario, se necesitan motores relativamente más grandes con mayores costos de capital asociados al funcionamiento. Los últimos avances han hecho que esta pérdida de potencia no sea importante.
- La creciente atención en los últimos años a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero está ayudando a la aplicación generalizada de combustibles gaseosos en motores de combustión interna en aplicaciones de transporte.



Ilustración 7. Autobús propulsado por GLP en Valladolid.

Fuente: dicyt.com, 2015.

### 9.3.3. Ventajas del uso de combustibles gaseosos

Algunas de las principales características positivas que pueden citarse del empleo de combustibles gaseosos en los sistemas de combustión en general y en los motores de combustión interna, en particular, en comparación con la utilización de combustibles líquidos, son las siguientes:

- El funcionamiento dual con combustibles gaseosos se presenta como la gran alternativa a los vehículos eléctricos, mientras las características de estos siguen evolucionando. La autonomía y las prestaciones de los vehículos eléctricos siguen aún en una fase de desarrollo comparándolas con las de los vehículos con motor de combustión interna.
- Vistas las características del parque móvil, en las que parece claro que los vehículos con motores convencionales seguirán con nosotros durante un tiempo, una de las





grandes ventajas es la capacidad, relativamente sencilla y de coste asumible, de poder adaptar motores de combustión interna convencionales a su funcionamiento con gas.

- La posibilidad de adaptar vehículos antiguos más contaminantes a un motor dual, y enmarcarlo dentro de la etiqueta ECO de la DGT, con las ventajas que esto pueda suponer.
- Con la evolución de los centros urbanos, que cada vez están más concurridos y viendo el deterioro de la calidad del aire que se está sufriendo en las grandes ciudades, unido a las nuevas clasificaciones de vehículos que se están imponiendo, según su potencial contaminante, cada vez es más previsible el futuro uso de nuevas restricciones de circulación en los centros urbanos. Estas restricciones parecen que van a ser dirigidas a la prohibición de acceso de los vehículos más contaminantes a los centros urbanos, solo pudiendo acceder aquellos con etiqueta 0 o ECO.
- Posible aplicación a flotas de empresas.
- Los combustibles gaseosos generalmente están asociados con una alta eficiencia en la combustión. Debido a su naturaleza gaseosa, necesitan menos tiempo para mezclarse adecuadamente con el aire necesario para la combustión.
- La quema de combustibles gaseosos está asociada con la producción de gases relativamente más limpios con apenas emisión de contaminantes sólidos, como ceniza, partículas u hollín. Tienen una menor tendencia a iniciar la corrosión. Las emisiones de gases contaminantes es notablemente menor.
- Se pueden desarrollar equipos de combustión más simples y económicos con una mayor eficiencia a baja temperatura. El suministro de combustible es fácil de controlar, con un control más preciso del exceso de aire de combustión y mayores relaciones de reducción.
- El diseño, el funcionamiento y el control de los sistemas de combustión que son dependientes del combustible utilizado, así como la mezcla necesaria entre el



combustible y el aire después de su introducción, tienden a ser relativamente más simples e inician más fácil la combustión. La economía del funcionamiento del motor de combustible dual es bastante atractiva. Su uso de dos sistemas de combustible separados puede considerarse una característica muy positiva, ya que permitiría el cambio al funcionamiento con gasolina sin interrupción de la producción de energía cuando sea necesario. Con esta característica, permitiría la explotación eficiente de los suministros de combustible ininterrumpidamente, como en las aplicaciones de transporte, donde solucionaríamos el problema de la portabilidad limitada de combustible gaseoso.

- En términos de rendimiento económico por capital invertido, un motor de combustión en funcionamiento dual es una de las más importantes fuentes de energía contemporáneas. La combinación de combustibles baratos y un motor principal bien desarrollado demuestra una oportunidad de inversión muy atractiva al tiempo que ofrece claras ventajas ambientales y de recursos.
- Además, el funcionamiento en combustibles gaseosos tiene una importante influencia positiva en el mantenimiento del motor y su sistema de lubricación, mientras que cualquier pequeño déficit en la potencia de salida de la operación correspondiente en combustible líquido puede compensarse empleando una versión ligeramente más grande o más rápida.

#### 9.3.4. Inconvenientes

Sin embargo, a pesar del gran desarrollo efectuado en los últimos años siguen existiendo algunos factores susceptibles de mejora:

- Una característica aparentemente limitante del uso de combustibles gaseosos en motores de combustión interna es el hecho de que ingresan al motor generalmente como un gas, que desplaza parte del aire que de otro modo sería inducido al motor. Esto repercutiría negativamente en la potencia que pueda producir el motor. En cambio el combustible líquido, como la gasolina, ingresa al motor inicialmente como un aerosol líquido, y su vaporización ayuda a

reducir la temperatura de admisión general y aumenta la densidad de la mezcla de admisión. Sin embargo, la ligera disminución de la eficiencia volumétrica efectiva del motor alimentado por gas puede no ser una limitación importante ya que la disminución de la capacidad de producir energía puede compensarse con las características de combustión positiva y la turboalimentación asociadas.

- Una seria limitación asociada con el uso de combustibles gaseosos es la tendencia al aumento de incendios, explosiones y peligros tóxicos, especialmente después de una fuga. Sin embargo, a lo largo de los años fruto de la experiencia y de los estrictos controles regulatorios establecidos para el manejo y uso seguro de combustibles gaseosos, se ha avanzado mucho en este campo. Existe la prohibición en algunos parkings subterráneos de aparcar vehículos que utilicen GLP.
- Sigue la dependencia en los combustibles fósiles, por lo menos durante el tiempo que estos sigan siendo la principal fuente de energía.
- Seguimos teniendo emisiones, aunque éstas sean mucho menores.



Ilustración 8. Prohibición de entrada a vehículos con GLP.  
Fuente: clubsubarutodocamino.com, 2012.



### 9.3.5. Aplicación a flotas

Uno de los factores muy a tener en cuenta es la aplicación del vehículo dual en funcionamiento con combustibles gaseosos a grandes flotas de vehículos de empresas que tengan que hacer una gran cantidad de desplazamientos cada día. Un ejemplo son las empresas de reparto que diariamente tienen que acceder a los centros urbanos. Actualmente ya hay empresas como *Correos* o *Seur* que están instaurando vehículos alternativos dentro de sus flotas.

Compañías con grandes flotas como las de taxis, camiones de carretera, autobuses, y empresas de reparto, con grandes flotas de vehículos, entre ellos motocicletas, tienden a tener grandes gastos en combustible y mantenimiento. El uso de gas natural y otros combustibles gaseosos como el GLP puede ahorrar una cantidad considerable de dinero.

Además, existen numerosas características positivas que pueden considerarse asociadas al empleo de combustibles gaseosos en los sistemas de combustión en comparación al funcionamiento con combustibles líquidos. Por ejemplo, la composición de los combustibles gaseosos generalmente tiende a ser mucho más simple en su estructura en comparación a los combustibles líquidos comunes, que están hechos de mezclas complejas de una variedad de hidrocarburos de gran peso molecular.

Esto hace que la introducción de combustibles gaseosos en el motor de combustión interna sea simple y más eficiente.

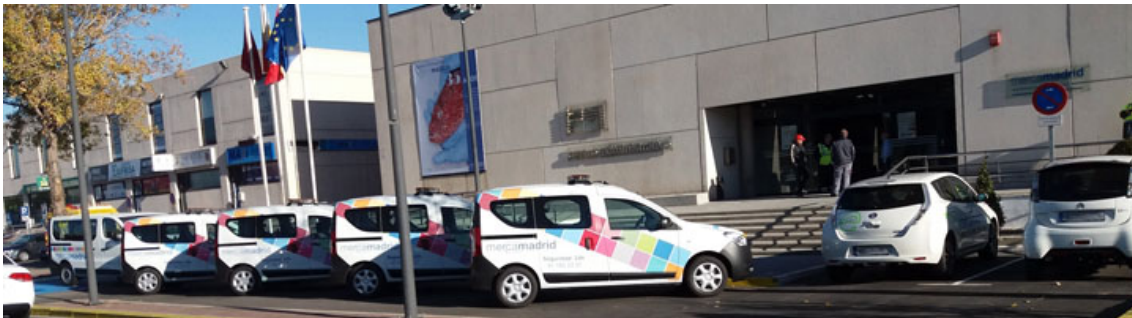


Ilustración 9. Flota de vehículos Mercamadrid.  
Fuente: [eysmunicipales.es](http://eysmunicipales.es), 2018.

En general, en la evaluación económica de la viabilidad de la aplicación de combustibles gaseosos para un sistema de transporte, se deben considerar y evaluar numerosos factores. Estos incluirían el costo de capital de los motores y vehículos convertidos, combustible, costos operacionales y de mantenimiento, tamaño de la flota, infraestructura para el suministro de



combustible y su capital; con las características de las rutas, impuestos y subsidios, si están disponibles.

## 10. MOTOR ORIGINAL DE SCOOTER

En este apartado se definirá tanto el motor original como alguno de sus componentes ya que estos pueden resultar interesantes para explicar la posterior modificación. No entraremos a detallar todos los componentes del motor y nos centraremos en los que intervendrán en el sistema adaptado al GLP, que son en su mayoría los que se encuentran en el sistema de inyección. El motor original que se ha modificado proviene de una Piaggio MSS Liberty 125ie 3V.

El motor que equipa es un monocilíndrico de cuatro tiempos, refrigeración por aire y tres válvulas (dos de admisión y una de escape) además de inyección electrónica.

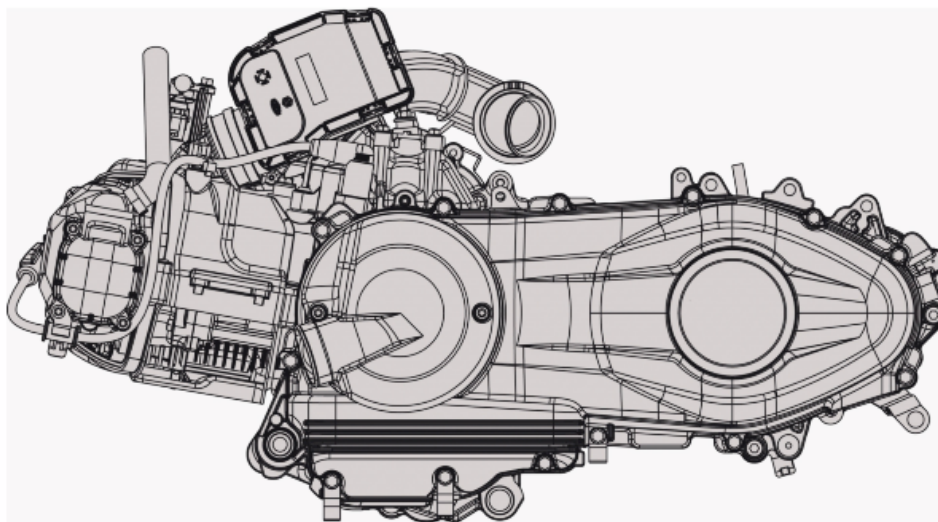


Ilustración 10. Ilustración motor original.

Fuente: Manual de taller Liberty 3V.

El sistema de 3 válvulas se considera la solución más eficaz para aumentar el rendimiento y reducir el consumo, ya que mejora el consumo y la eficiencia del motor en comparación con los motores de 2 válvulas convencionales.

El sistema de refrigeración logra un menor ruido mecánico y mayor potencia. El sistema de inyección de combustible es extremadamente avanzado, con control de ralentí automático y la gestión del ciclo de mezcla de combustible depende de la sonda Lambda. La sincronización del motor la realiza la centralita integrada de serie.

## 10.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### Descripción/Valor

Motor: Monocilíndrico de 4 tiempos Piaggio LEM
Cilindrada: 124 cm <sup>3</sup>
Diámetro interior por carrera: 52 x 58,6 mm
Potencia máx.: 7,6 kW a 7500 rpm
Par máx.: 10,4 Nm a 6000 rpm
Relación de compresión: 10 : 1
Distribución: 3 válvulas, monoárbol de levas en la culata con mando por cadena.
Juego de válvulas (en frío): Admisión: 0,08 mm Escape: 0,08 mm
Bujía: NGK CR8EB
Alimentación: Inyección electrónica con cuerpo de mariposa Ø26 con inyector simple.
Refrigeración: De circulación forzada del aire.
Lubricación: Con cárter húmedo
Arranque: Eléctrico
Cambio: Variador automático de velocidad CVT con servidor de par
Embrague: Automático centrífugo en seco
Combustible: Gasolina sin plomo (95 R.O.N.)
Escape: De tipo de absorción con convertidor catalítico.
Normativa emisiones: EURO 3

Tabla 1. Especificaciones técnicas.

Fuente: Manual de taller Liberty 3V.

## 10.2. SISTEMA DE INYECCIÓN

El sistema de inyección es la metodología de alimentación de combustible en los motores a gasolina actuales.

El sistema de inyección consiste en inyectores ubicados en la cámara de combustión o en los tubos de admisión para realizar la alimentación de combustible hacia el motor. Su fundamento es la dosificación exacta del combustible necesario para la realización del proceso de combustión dentro del motor, según sea la demanda del vehículo. Básicamente la función del sistema de inyección de combustible es la de transportar conjuntamente con la bomba de gasolina, el combustible que va desde el depósito o tanque hasta los cilindros, el proceso comentado debe contar con que suceda en el momento correcto, en la cantidad exacta y con la presión correcta. Cada indicación debe seguirse según las condiciones de diseño del vehículo, con el fin de administrar un funcionamiento correcto del vehículo.

### 10.2.1. Disposición componentes



Ilustración 11. Disposición componentes scooter original.

Fuente: Manual de taller Liberty 3V.

1. Grupo de instrumentos
2. Cuerpo de mariposa y centralita electrónica inyección (MIU)
3. Conector para diagnóstico
4. Bomba de combustible
5. Sensor de temperatura del motor
6. Inyector de gasolina
7. Bobina A.T.
8. Sensor de revoluciones del motor
9. Sonda lambda
10. Telerruptor cargas de inyección
11. Batería 12V - 6Ah

Tabla 2. Listado y disposición de los principales componentes que intervienen en el sistema de inyección.

Fuente: Manual de taller Liberty 3V.

### 10.2.2. Componentes

Las partes del motor que son importantes de cara a la posterior adaptación al funcionamiento GLP del motor son el circuito de alimentación, el circuito de encendido y el sistema de inyección.

En la siguiente tabla se ilustran todos los componentes, y sus respectivas funciones, que forman parte de alguno de estos sistemas y que intervendrán en el posterior funcionamiento del motor adaptado al sistema de GLP.

Componente	Función
1. Electrobomba de gasolina	La bomba de gasolina es un elemento esencial para el buen funcionamiento del motor ya que es la encargada de hacer que el sistema de inyección reciba de manera constante el combustible a través de los rieles de los inyectores que mediante succión extraen el líquido del

	tanque.
2. Filtro de gasolina	La función del filtro de gasolina es sencilla, evitar que las impurezas que pueda haber en el depósito de combustible lleguen a nuestro sistema de inyección o a nuestro motor atrapándolas en su interior.
3. Inyector	El inyector es el encargado de pulverizar en forma de aerosol la gasolina procedente de la línea de presión dentro del conducto de admisión, es en esencia una refinada electroválvula capaz de abrirse y cerrarse muchos millones de veces sin escape de combustible y que reacciona muy rápidamente al pulso que la acciona.
4. Regulador de presión	El regulador de presión está colocado al inicio del circuito. Mantiene la presión de alimentación de la gasolina constante en función de la presión ambiente.
5. Bobina AT	La bobina del encendido es un dispositivo de inducción electromagnética o inductor, que forma parte del encendido del motor de combustión interna alternativo de que cumple con la función de elevar el voltaje normal de a bordo (6, 12 o 24 V, según los casos) en un valor unas 1000 veces mayor con objeto de lograr el arco eléctrico o chispa en la bujía, para permitir la inflamación de la mezcla aire/combustible en la cámara de combustión.
6. Cable AT	Son los cables que conectan la bobina de encendido a la bujía. Son los responsables de conectar eléctricamente estos dos y que surja la chispa en la bujía.
7. Centralita electrónica	Una centralita electrónica, también conocida como unidad de control electrónico ECU (del inglés electronic control unit), es un dispositivo electrónico normalmente conectado a una serie de sensores que le proporcionan información y actuadores que ejecutan sus comandos.
8. Bujía	La bujía es el elemento que produce el encendido de la mezcla de combustible y oxígeno en los cilindros, mediante una chispa, en un motor de combustión interna de encendido provocado (MEP). Su correcto funcionamiento es crucial para el buen desarrollo del proceso de combustión/expansión del ciclo del motor, ya sea de 2 tiempos (2T) como de 4 tiempos (4T) y



	pertenece al sistema de encendido del motor.
9. Sensores de temperatura	Estos sensores realizan correcciones a la alimentación y permiten que se inyecte el combustible al motor de una manera más eficiente, variando la proporción de combustible y aire según la temperatura de funcionamiento.
10. Sonda lambda	La sonda lambda (Sonda- $\lambda$ ), es un sensor que está situado en el conducto de escape, inmediatamente antes del catalizador, de forma que puede medir la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que sufran alguna alteración. La medida del oxígeno es representativa del grado de riqueza de la mezcla, magnitud que la sonda transforma en un valor de tensión y que comunica a la unidad de control del motor.
11. Válvulas admisión	Para la etapa de la admisión en el ciclo del motor las válvulas de admisión se abren, esto permite la entrada de aire que proviene del exterior y se genera el descenso del pistón, así como el movimiento de la biela y el cigüeñal.
12. Válvula de escape	En la etapa de escape en el ciclo del motor el pistón se eleva mientras la válvula de escape se abre y deja que el gas de combustión sea liberado a través de ella.
13. Válvula de cuerpo de mariposa (válvula del acelerador)	Este dispositivo son los responsables del control de aire que accede a los cilindros mediante el circuito de colectores de admisión, ubicándose entre éste y el filtro de aire. Se encargan, por tanto, de regular el flujo de aire que formará parte del proceso de combustión, aumentando o disminuyendo el paso mediante la llamada placa de mariposa que gira sobre un eje.
14. Depósito de combustible	El depósito de combustible o tanque de combustible es un contenedor seguro para líquidos inflamables, que forma parte del sistema de inyección, y en el cual se almacena el combustible.
15. Tubo de envío del combustible	Como el nombre lo señala, son las conexiones dispuestas en el sistema por dónde el combustible o gasolina se desplaza hasta llegar a los inyectores.



Tabla 3. Listado de componentes que intervienen en la inyección y el encendido, y sus respectivas funciones.

Fuente: Elaboración propia.

**El sistema de inyección** del motor original es del tipo con inyección y encendido integrados.

La inyección es del tipo indirecta en el colector mediante electroinyector.

La inyección y el encendido están fasados con el ciclo 4T por medio de una rueda fónica ensamblada en el cigüeñal (24-2 dientes) y un sensor de variación de reluctancia (pick-up).

La carburación y el encendido están administrados en función de las revoluciones del motor y de la apertura de la válvula del acelerador. Las correcciones adicionales pertinentes tienen lugar de acuerdo con los siguientes parámetros:

- Temperatura del motor
- Temperatura del aire aspirado
- Sonda lambda

El sistema efectúa una corrección de la alimentación del ralentí con motor frío mediante un motor paso a paso (stepper motor) colocado en un circuito Bypass de la válvula del acelerador.

La centralita controla el motor paso a paso y el tiempo de apertura del inyector garantizando así la estabilidad del ralentí y la correcta carburación. En todas las condiciones de funcionamiento, la carburación se controla modificando el tiempo de apertura del inyector.

La presión de alimentación de la gasolina se mantiene constante en función de la presión ambiente.

**El circuito de alimentación** está constituido por:

- Bomba gasolina
- Filtro de gasolina
- Inyector
- Regulador de presión

La bomba, el filtro y el regulador están colocados en el depósito de combustible mediante un solo soporte. El inyector se conecta por medio de un tubo provisto de acoples rápidos. El regulador de presión está colocado al inicio del circuito. La bomba de gasolina está controlada por la centralita; esto garantiza la seguridad del vehículo.

**El circuito de encendido** está constituido por:

- Bobina A.T.
- Cable A.T.

- Capuchón blindado
- Centralita
- Bujía

La centralita controla el encendido con el avance óptimo, garantizando al mismo tiempo la puesta a punto en ciclo 4T (encendido solamente en fase de compresión).

El equipo de inyección-encendido controla el funcionamiento del motor por medio de un programa pre configurado que controla la centralita electrónica.

### 10.2.3. Funcionamiento del motor

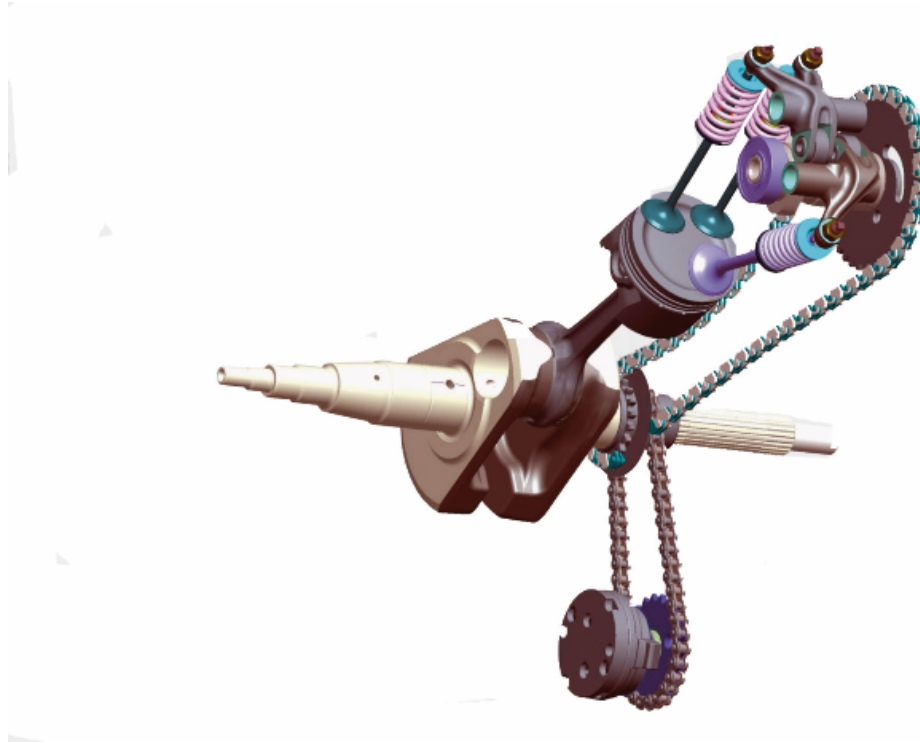


Ilustración 12. Imagen de pistón con árbol de levas y las válvulas de admisión y escape.  
Fuente: Manuel de taller Liberty 3V.

El sistema de inyección en los vehículos de gasolina busca la mezcla ideal de aire-gasolina con el fin de obtener una combustión completa en el cilindro.

El circuito de alimentación de combustible comprende la electrobomba, el filtro, el regulador de presión, el electroinyector y el tubo de envío del combustible. La bomba eléctrica está situada en el depósito del cual aspira el combustible y lo envía a través del filtro al inyector.

La presión es controlada por el regulador de presión situado en el conjunto bomba en el depósito.

Que el sistema sea de inyección indirecta quiere decir que la inyección de gasolina se produce en la bifurcación del colector de admisión o justo delante de la válvula de admisión, esta válvula puede encontrarse abierta o cerrada. Algo característico del funcionamiento estos motores es que siempre lo hacen en proporción homogénea, es decir con una mezcla proporcional aire – combustible en toda la cámara de combustión.

Uno de los factores que ha influido en el consumo de gasolina es la evolución de los sistemas de inyección, ya que proporciona una mayor exactitud de la cantidad de combustible suministrada a los cilindros. Esta exactitud se logra mediante la incorporación de un inyector por cada cilindro y de un control de la apertura del mismo, que se realiza en el momento oportuno y durante el tiempo estrictamente necesario. En nuestro caso solamente tenemos un cilindro y un inyector.

Esta dosificación produce una mezcla de aire-gasolina en el cilindro que prácticamente se quema en su totalidad, provocando una gran disminución de los gases contaminantes enviados a la atmósfera. Por otro lado, estos sistemas permiten modificar los colectores de admisión produciendo un mejor llenado de los cilindros y, por lo tanto, un aumento en la potencia del vehículo. Finalmente, a estos sistemas se les incorporan otros dispositivos para reducir aún más los gases contaminantes, como son la recirculación de gases y los catalizadores.

Un motor de inyección indirecta de un vehículo funciona con una mezcla de aire – gasolina cuya proporción es aproximadamente de 14.7:1 en volumen, lo que se denomina mezcla estequiométrica o coeficiente lambda 1 y es aquella cuya combustión produce exclusivamente CO<sub>2</sub> y agua.

Este tipo de mezcla puede ser modificada en cierta medida en cuanto a riqueza, es decir en coeficiente lambda, sobre todo convirtiéndola en más pobre lo que proporciona ventajas obvias en reducción de emisiones y consumo. La sonda lambda es la que nos determinará como es la riqueza de la mezcla, y según sus datos se realizarán posteriores correcciones en la combustión.

Si el motor es capaz de funcionar con mezcla pobre, se producirá una disminución del consumo de gasolina, no ya porque se inyecte menos gasolina, que sería casi la misma cantidad, sino porque la mariposa estaría más abierta que en condiciones normales para dejar entrar más aire, y cuanto más abierta esté la mariposa, mejor rendimiento tiene el motor.

Sin embargo, los motores normales necesitan funcionar con una mezcla próxima a la estequiométrica para que el catalizador funcione correctamente, es decir, pueda descontaminar los gases de escape adecuadamente. El gran problema que presentan los motores que funcionan con mezcla pobre es el de la emisión de óxidos de nitrógeno, ya que cuando la mezcla es pobre se produce un aumento de los mismos tras la combustión.

Por lo tanto el objetivo es la precisión en la dosificación del combustible, ya que varía el tiempo de inyección dependiendo de la situación de marcha, de carga del motor y de los gases producidos en cada combustión.

El tiempo de apertura del inyector así como la presión a la que se encuentra la gasolina determinan la cantidad inyectada. Estos dos factores, presión y tiempo de apertura, así como el momento en que se realiza, son los que hay que controlar con precisión para obtener una mezcla óptima. Estos son los factores más críticos a tener en cuenta para el correcto funcionamiento del motor y sobre los que la centralita actuará:

- **Presión:** el regulador de presión es el encargado de controlarla, y lo hará en función de la presión atmosférica, y de la diferencia de presiones entre el colector de admisión y la entrada del inyector del combustible.

El funcionamiento del regulador de presión consiste en mantener constante la diferencia de presión ( $\Delta P$ ), entre la presión que hay en el colector de admisión y la presión que tiene el combustible a la entrada del inyector. Al acelerar la válvula de mariposa se abre haciendo que el caudal de aire aumente y, de esta manera, sube la presión en el colector de admisión. Esto conlleva que la presión a la entrada del inyector también debe aumentar haciendo constante la  $\Delta P$ , y se traduce en un aumento del tiempo de apertura del inyector.

En conclusión, el caudal es proporcional al tiempo de apertura del inyector, y este viene controlado por el regulador de presión, que hará las correcciones necesarias

según las señales que manden los sensores de temperatura así como la sonda lambda a la centralita.

- **Tiempo de apertura del inyector:** dependiendo de la aceleración la válvula de mariposa se abrirá más o menos dejando entrar el aire correspondiente, por lo que para que la mezcla siga en proporciones estequiométricas, el inyector debe abrirse el tiempo exacto para esa cantidad de aire. El regulador de presión es el que controlará este tiempo dependiendo del caudal de aire que entre en el colector de admisión. El tiempo de magnetización de la bobina es controlado por la centralita. La potencia del encendido aumenta durante la fase de arranque del motor. El sistema de inyección reconoce el ciclo de 4 tiempos; por consiguiente, el encendido es accionado sólo en fase de compresión.
- **Ángulo de avance de encendido:** es el ángulo que se adelanta la chispa al punto muerto superior (PMS) del pistón. El avance es necesario ya que la explosión dentro de la cámara de combustión del pistón no se produce de manera instantánea, sino que la presión de la explosión tarda en llegar desde la bujía al pistón alrededor de 2 ms. La máxima eficiencia del motor se obtiene cuando el pistón recibe la presión en el momento que se encuentra en el PMS, para aprovechar la explosión en todos los 180° del periodo de expansión de los gases. El avance es necesariamente variable cuando la velocidad del pistón cambia o cuando las condiciones de la mezcla de gasolina o las del motor hacen que el tiempo de propagación de la explosión cambie, ya que una explosión antes del PMS puede destruir o desgastar el motor y la misma atrasada le resta potencia y eficiencia al motor.  
  
Esto se optimiza en el momento en función de las revoluciones del motor, la carga y la temperatura del motor y la presión ambiente. Con el motor en ralentí, se optimiza para lograr la estabilización del régimen a  $1450 \pm 50$  rpm.

### 10.3. NORMATIVA EURO3

La norma europea sobre emisiones contaminantes es el conjunto de requisitos que regulan los límites aceptables para las emisiones de gases de combustión interna de los vehículos nuevos

vendidos en los Estados Miembros de la Unión Europea. Las normas de emisión se definen en una serie de directivas de la Unión Europea con implantación progresiva que son cada vez más restrictivas.

Actualmente, las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOX), Hidrocarburos (HC), Monóxido de carbono (CO) y partículas están reguladas para la mayoría de los tipos de vehículos, incluyendo automóviles, motocicletas, camiones, trenes, tractores y máquinas similares pero excluyendo los barcos de navegación marítima y los aviones. Para cada tipo de vehículo se aplican normas diferentes. El cumplimiento se determina controlando el funcionamiento del motor en un ciclo de ensayos normalizado. Los vehículos nuevos no conformes tienen prohibida su venta en la Unión Europea, pero las normas nuevas no son aplicables a los vehículos que ya están en circulación. En estas normas no se obliga el uso de una tecnología en concreto para limitar las emisiones de contaminantes, aunque se consideran las técnicas disponibles a la hora de establecer las normas.

En el año 1997 se agrupó en una única norma todo lo referente a homologación de vehículos de motor de dos o tres ruedas y cuadríciclos, destinados a circular por carretera, así como a sus componentes o unidades técnicas.

Para motocicletas se han ido desarrollando normativas posteriores más exigentes en cuanto a los niveles máximos de emisión permitidos sucediéndose la EURO I y después la EURO II, hasta llegar a la EURO III, que es bajo la cual el motor original está contenido.

En 2002 la Unión Europea adoptó la Directiva 2002/51/CE que introdujo la norma EURO III (año 2006) para motocicletas. Sin embargo no sería hasta el año 2014 en el que la normativa Euro III entró en vigor para ciclomotores y vehículos de cuatro ruedas ligeros. La directiva al completo se encuentra en el ANEXO III.

			EURO III (mg/km)					
			CEPE (2006)					
		Propulsión	CO		HCT		NO <sub>x</sub>	
Categoría	Descripción		< 150cc	> 150cc	< 150cc	> 150cc	< 150cc	> 150cc
L1e-A ©	Ciclo de motor	PI/CI	-	-	-	-	-	-
L1e-B ©	Ciclomotor de dos ruedas	PI/CI	-	-	-	-	-	-
L2e ©	Ciclomotor de tres ruedas	PI/CI	-	-	-	-	-	-
L3e	Motocicleta 2 ruedas s/ sidecar	PI	2000	2000	800	300	150	150
L4e	Motocicleta 2 ruedas c/ sidecar	PI	2000	2000	800	300	150	150
L5e-A	Triciclo	CI	-	-	-	-	-	-
L7e-A	Quad pesado para carretera	PI	-	-	-	-	-	-
L5e-B	Triciclo comercial	CI	-	-	-	-	-	-
L6e-A ©	Quad ligero para carretera	PI	-	-	-	-	-	-
L6e-B ©	Cuatrimóvil ligero	CI	-	-	-	-	-	-
L7e-B	Quad pesado todo terreno	PI	-	-	-	-	-	-
L7e-C	Cuatrimóvil pesado	CI	-	-	-	-	-	-

Ilustración 13. Tabla de emisiones aceptadas de la normativa Euro III.

Fuente: mapama.gob.es, 2013.

## 11. ADAPTACIÓN A GLP

### 11.1. COMPONENTES NECESARIOS PARA EL FUNCIONAMIENTO CON GLP

Componente	Función
<b>1. Evaporador-reductor</b>	<p>Hasta él llega el GLP en estado líquido por tuberías de alta presión y sale en estado gaseoso por tuberías de baja presión.</p> <p>Su función es cambiar de estado líquido a gaseoso el GLP y para ello se utiliza intercambio de calor con el circuito de aire de la refrigeración.</p> <p>Dispone de una válvula de seguridad que evita que la presión de baja aumente por encima de 2,25 veces la presión máxima de funcionamiento.</p>
<b>2. Sensor temperatura</b>	Toma la temperatura del agua del circuito para determinar el paso del vehículo a modo GLP.
<b>3. Electroválvula de corte</b>	<p>Se coloca junto al reductor para cortar el paso de GLP en estado líquido al sistema.</p> <p>Por normativa y seguridad, ante cualquier imprevisto cierra el paso de gas.</p>
<b>4. Filtro</b>	Filtro a baja presión para eliminar impurezas del GLP en estado gaseoso antes de llegar a los inyectores.
<b>5. Bloque de inyectores</b>	<p>Llega ya el gas en estado gaseoso y los inyectores mandan la cantidad correcta de gas en cada cilindro.</p> <p>Incluye una sonda de temperatura y otra de presión para controlar dichos valores antes de inyectar el gas en el colector e informar a la ECU.</p>
<b>6. Boquilla del colector e admisión</b>	<p>Van colocadas en el colector de admisión, lo más cercanas posible a la cámara de combustión y por ellas entra el GLP en estado gaseoso.</p> <p>Están unidas al rail de inyectores por tubería flexible, entrando por la parte A, la parte B es la que se une al</p>



	colector de admisión.
<b>7. Centralita electrónica</b>	<p>Recibe y gestiona la señal de diferentes sensores y es la encargada de controlar la relación estequiométrica de gas/aire a inyectar</p> <p>También se encarga de emular las señales para informar a la ECU del vehículo de gasolina que no hay ninguna avería aunque el vehículo vaya a GLP</p>
<b>8. Conmutador</b>	<p>Nos permite pasar el vehículo indistintamente a GLP o Gasolina, según nuestras preferencias</p> <p>El sistema por lo general está en automático y cambia automáticamente al llegar a la temperatura necesaria</p> <p>Nos indica a través de leds u otros, el nivel de carburante en el depósito</p> <p>Nos avisa acústicamente de averías y falta de GLP en el depósito</p>
<b>9. Toma de carga externa</b>	<p>En España utilizamos la toma estándar Europea, que en ocasiones puede ir integrada en la trampilla de la toma de gasolina si hay espacio suficiente.</p> <p>Está dotado de una válvula anti retorno.</p> <p>Se puede colocar en una toma externa complementaria a la de gasolina.</p>
<b>10. Depósito</b>	Almacena el GLP en estado líquido a presión.
<b>11. Multiválvula</b>	<p>La multiválvula es uno de los componentes más complejos de un sistema de GLP y está instalada en el depósito. La multiválvula realiza numerosas funciones para garantizar el buen funcionamiento y la seguridad de todo el sistema de GLP, tales funciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retirar el GLP en la fase líquida del depósito a través de un tubo pescante.</li> <li>• Determinar el nivel de carga del depósito mostrándose en un medidor situado en la misma multiválvula y en el conmutador.</li> <li>• Bloquear el flujo de GLP de la boca de repostaje</li> </ul>

	o al motor utilizando válvulas manuales para aislar, si es necesario, el depósito.
<b>12. Sensor de presión y temperatura</b>	El sensor de presión incorpora un sensor de temperatura, este elemento lee la presión interna del conducto que va a la inyección y también la temperatura del gas, este dato será utilizado por la unidad de control del GLP para calcular el tiempo de abertura de los inyectores

Tabla 4. Componentes de un motor con GLP.

Fuente: Elaboración propia.

## 11.2. ESQUEMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN

La centralita elegida para nuestro motor es la STAG-4 QBOX PLUS y está diseñada para trabajar con inyección indirecta y optimizada para hacerlo con vehículos de 4 cilindros. Al ser nuestra adaptación un prototipo para el que no existe una centralita óptima, debido al pequeño tamaño del motor y además ser éste monocilíndrico, se ha elegido esta centralita como la más adecuada para realizar una aproximación del funcionamiento.

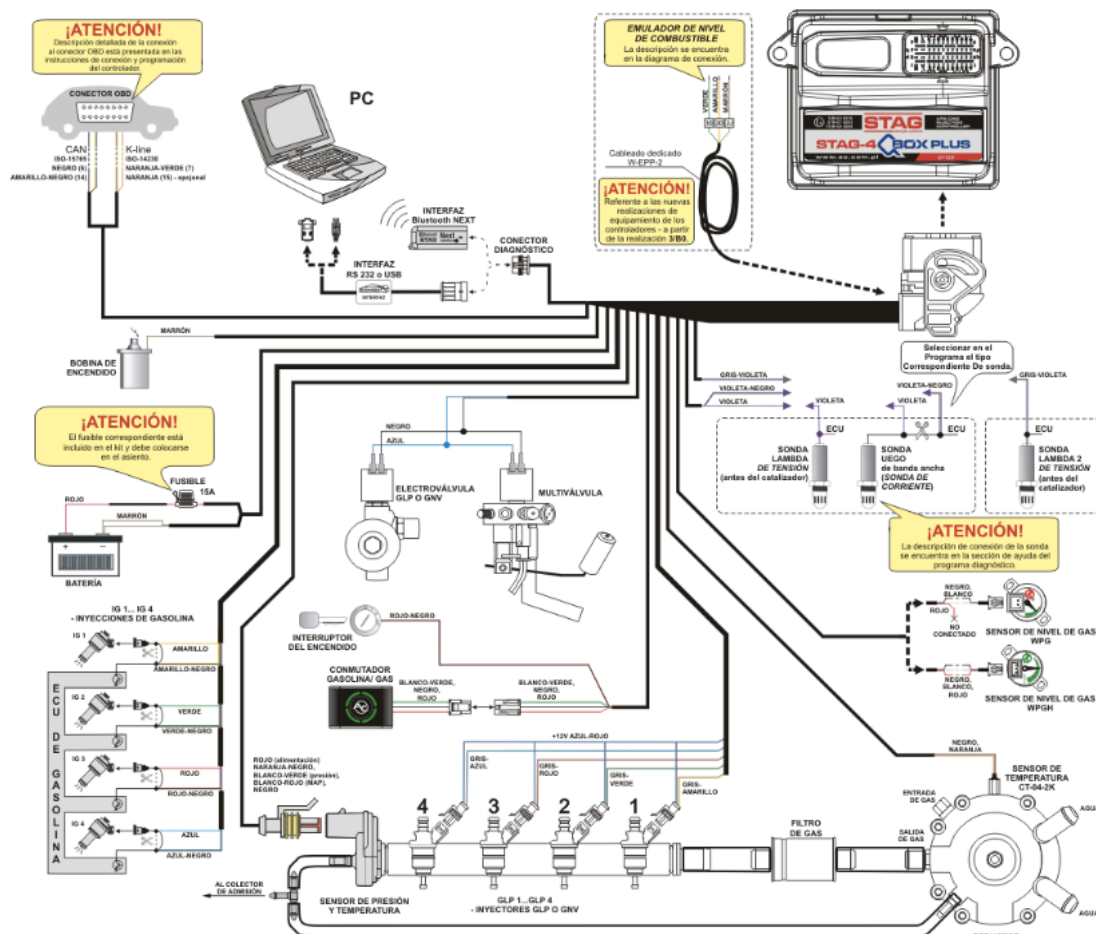
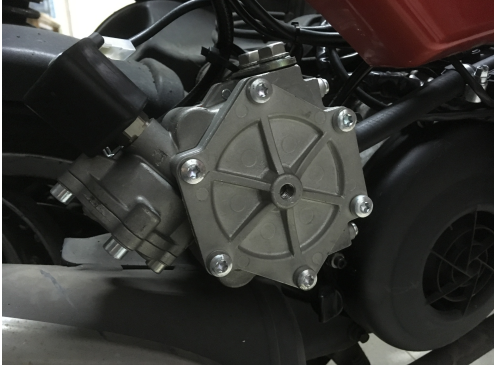





Ilustración 14: Esquema eléctrico de conexión de la centralita STAG-4 QBOX PLUS.

Fuente: Manual de instalación AC STAG.

A partir de este esquema eléctrico se ha realizado el montaje en el motor de la scooter, teniendo en cuenta las diferencias que hay entre el motor representado en el esquema que sería un motor estándar de 4 cilindros de inyección indirecta refrigerado por agua con mucha mayor capacidad, y nuestro motor real monocilíndrico refrigerado por aire.

### 11.3. MOTOR REAL ADAPTADO

Componente	Situación
<p><b>1. Evaporador-Reductor.</b> Se encuentra justo encima del tubo de escape, algo que ayudará a su correcto funcionamiento.</p>	
<p><b>2. Sensor de temperatura.</b> En nuestro motor el sensor se encuentra tomando directamente la temperatura en el motor, al no funcionar nuestro motor con agua de refrigeración, que es el sitio donde se suele colocar el sensor de temperatura.</p>	
<p><b>3. Electroválvula de corte (2 piezas)</b> Hay colocadas dos electroválvulas, una en el depósito del GLP y otra a la entrada del reductor.</p>	
<p><b>4. Inyector.</b> Se utiliza otro inyector para el combustible gaseoso.</p>	

**5. Centralita electrónica STAG.**

Se encuentra en la parte delantera de la motocicleta, no sustituya a la anterior centralita, sino que el vehículo funcionará con las dos.



**6. Conmutador.**

Se encuentra en la parte derecha del manillar, al activarlo el motor cambia automáticamente su funcionamiento a GLP.



**7. Toma de carga externa.**

Se encuentra encima del depósito del GLP.



**8. Depósito.**

Se encuentra en el exterior de la motocicleta en la parte posterior, justo encima de la matrícula. Capacidad:





## 9. Multiválvula.

9.1. Indicador nivel de combustible.

9.2. Válvula manual de obturación (cierre).

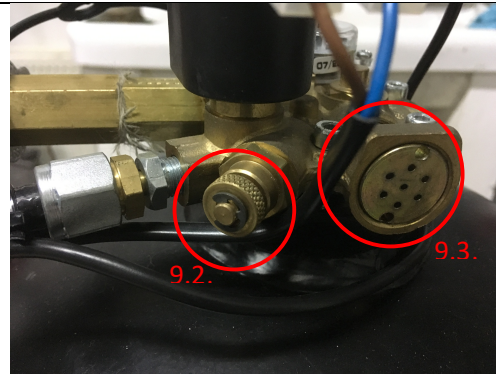
Es una válvula que se encuentra normalmente cerrada, que sólo permite el paso de GLP en fase líquida hacia el compartimento motor cuando le llega la señal de apertura por parte de la centralita (ECU) del sistema, o se abre.

9.3. Válvula de sobrepresión.

Se abre al alcanzarse una presión máxima dentro del depósito que viene definida por la válvula que no debe superarse por motivos de seguridad. (Limitada a 27 bar)

9.4. Válvula de corte al 80%.

Limita el llenado del depósito hasta un máximo del 80% de su capacidad. (Se encuentra en el interior, y no se ve desde fuera)



## 10. Sensor de presión y temperatura.

Se encuentra conectado al conducto que va a la inyección.



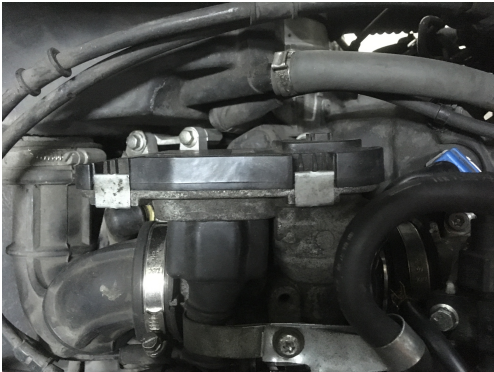

<p><b>11. Válvula de mariposa.</b> Se encuentra justo antes del colector de admisión y da paso al aire que entra para realizar la inyección.</p>	
<p><b>12. Sonda lambda.</b> Se encuentra conectada al tubo de escape.</p>	

Tabla 5. Componentes del motor adaptado.

Fuente: Elaboración propia.

La configuración de nuestro motor real adaptado al funcionamiento con GLP es un prototipo que intenta optimizar el rendimiento siendo consciente de las limitaciones que un motor tan pequeño presenta.

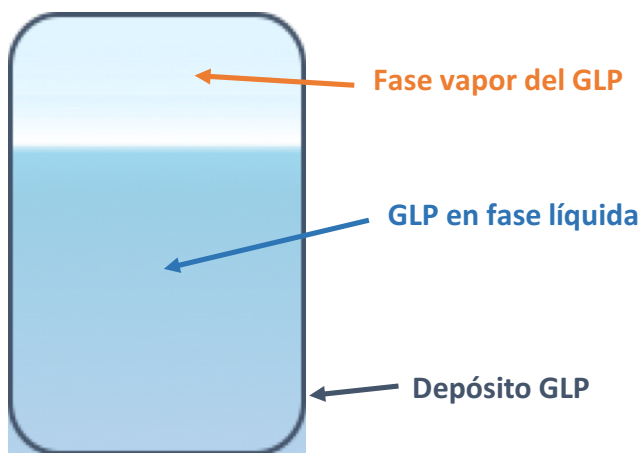
Unido a las limitaciones mecánicas nos encontramos con ciertas limitaciones en su funcionamiento, tanto por las características del motor original como por las características de algunos componentes.

Como ya se ha señalado anteriormente, el motor tiene un único cilindro, además siendo su cilindrada 125 cc, que es muy poca capacidad comparándola con la de un motor de automóvil de 4 cilindros. De ahí la dificultad que encontraremos a la hora de establecer los parámetros de la centralita que harán que el motor se autorregule y consiga trabajar en condiciones óptimas en su funcionamiento con GLP.

Al igual que en su funcionamiento con gasolina, el regulador de presión deberá mantener

constante la diferencia de presión ( $\Delta P$ ), entre la presión que hay en el colector de admisión y la presión que tiene el combustible a la entrada del inyector. En su funcionamiento con gas, la presión tanto en el colector como en la entrada del inyector variará pero la diferencia entre estas deberá seguir siendo constante y la centralita modificará los tiempos de inyección del GLP en función de esto, relacionándolos a los tiempos de inyección de gasolina.

El recipiente de almacenamiento de GLP contiene el gas licuado a presión. En el interior del depósito de GLP hay líquido (gas licuado) y gas en equilibrio termodinámico. La parte superior está en estado gaseoso y la parte inferior en forma líquida y el consumo se realiza conectando



una tubería a la fase gas del recipiente para su salida a consumo en forma gaseosa. La salida de gas a consumo del depósito, hace que sea necesario que parte del líquido se vaporice. El proceso de vaporización o paso de la fase líquida a gaseosa, requiere necesariamente el aporte del calor de vaporización.

Ilustración 15. Depósito GLP en equilibrio termodinámico.  
Fuente: Elaboración propia.

En nuestro caso el evaporador-reductor es el componente encargado de realizar este cambio de fase líquida a fase gas. Normalmente, en un vehículo con un motor de mayor capacidad en el que se requeriría una mayor cantidad de gas saliendo del reductor, en este proceso se realizaría un intercambio de calor con el agua del circuito de refrigeración, algo que impulsa este cambio de la fase líquida (vaporización) y ayuda al correcto funcionamiento del motor.

Nuestro motor, dado que realiza este intercambio de calor con el aire, tendrá una capacidad de vaporización mucho menor. Sin embargo, debido a las características ya comentadas de nuestro motor en cuanto a capacidad y potencia, que son mucho menores que las de un automóvil, también la demanda de gas después del reductor será mucho menor.



Si la cantidad de gas que va a consumirse es moderada y se mantiene dentro de ciertos límites, el calor para la vaporización se obtiene por la transmisión de calor del aire circundante al recipiente de almacenamiento.

El proceso de transferencia de calor se realiza de manera automática ya que, al evaporarse el GLP, el calor necesario para realizar este proceso hace que el líquido se enfríe por debajo de la temperatura del ambiente circundante. Por tanto, habrá una transferencia de calor del aire hacia el GLP líquido almacenado, a través de la superficie de las paredes metálicas del depósito. Este proceso se denomina *vaporización natural*<sup>6</sup> del recipiente y tiene un límite, que está determinado esencialmente por la temperatura ambiental del exterior y por la cantidad de superficie externa del depósito de almacenamiento.

De este manera se puede concluir que cuando las necesidades de gas a consumo después del reductor son superiores a la vaporización natural del recipiente de almacenamiento, es necesario recurrir a la vaporización forzada.

En el motor adaptado las características en cuanto a capacidad y potencia hacen que sea suficiente con la vaporización natural del depósito para el correcto funcionamiento con GLP. Además, el reductor está situado justo encima del conducto de escape de gases, de tal manera que existe un aporte de calor que también ayuda a este proceso.

---

<sup>6</sup> Concepto desarrollado en mayor profundidad en Patente: Sistema de aumento de vaporización en recipiente de almacenamiento de GLP

Solicitada por: LAPESA GRUPO EMPRESARIAL S.L.

Fecha de publicación: 8 de agosto de 2014.

Patente completa en ANEXO V.

## 11.4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento del motor no tiene grandes diferencias en cuanto al proceso que sigue el motor en condiciones normales.

Inicialmente el motor siempre funciona con gasolina, ya que es necesario realizar el arranque con ella. El GLP no tiene la temperatura necesaria para el arranque del motor y el correcto funcionamiento con el motor en frío.

Con el motor más caliente el evaporador-reductor es capaz de trabajar con la vaporización natural del depósito y la conmutación a trabajar con gas se podrá realizar. Intentar hacer esta conmutación muy pronto, o intentar arrancar el motor con el GLP resultará imposible si la temperatura no es la adecuada.

Una vez el motor tenga la temperatura adecuada se podrá pasar al funcionamiento con gas pulsando en el conmutador a GLP situado en el manillar de la scooter. Esto desactivará la utilización del inyector gasolina y activa el uso del inyector de GLP introduciendo la misma cantidad de energía.

El gas se canaliza del depósito al inyector. La centralita electrónica encargada del sistema de gas calcula cuánto gas ha de inyectar y cuándo, basándose en las órdenes de la centralita existente de gasolina y la inyección normal de gasolina se reduce o se detiene por completo.

En los modelos de inyección indirecta, el gas se inyecta en las cámaras de combustión a través del colector de admisión, donde se mezcla con el aire. Esa inyección se hace en fase gaseosa después de que el GLP pase de fase líquida a gaseosa en el evaporador-reductor (vaporización natural). Esto supone una leve pérdida de potencia.

A partir de aquí, el funcionamiento no cambia respecto al funcionamiento con gasolina, el motor realiza sus cuatro tiempos y los gases quemados salen por el escape. La gran diferencia es la toxicidad de los mismos, ya que con GLP se genera menos contaminación.

Cuando el nivel de GLP sea muy bajo, automáticamente pasaremos a consumir gasolina.



Hay que destacar la importancia de tener la inyección bien ajustada, si no, notaremos pequeños tirones, o altibajos en entrega de potencia, o un consumo más alto de lo normal.

La centralita de gas parte de los tiempos de inyección de gasolina y a través del software de la centralita STAG desarrolla una relación entre éstos y los tiempos de inyección del GLP. Esta relación se estudiará con más detalle en el apartado 11.5.1.

Teniendo esta relación de tiempos de inyección, para cualquier caudal que entre en el colector de admisión la centralita electrónica STAG relacionará los tiempos de inyección que envía la centralita original del vehículo y activará el inyector de GLP. A su vez cortará la señal enviada por la centralita original para evitar la inyección de gasolina.

Al igual que la centralita original, la centralita electrónica de STAG realizará las correcciones correspondientes atendiendo a las temperaturas y la información que reciba de la sonda lambda que determinará la riqueza de la mezcla trabajando con el GLP.

El consumo de GLP no tiene por qué afectar a la potencia del motor. Hay una cierta pérdida pero en el funcionamiento normal no es relevante. Aunque circulemos con GLP siempre hay un consumo muy bajo de gasolina. Siempre se consume un poco en los arranques, hasta que el motor alcanza algo de temperatura, y, ocasionalmente, también consumirá gasolina en algunas situaciones de alta carga de acelerador.

## 11.5. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO

La energía en el ciclo de combustión funcionando con GLP debe ser la equivalente a la correspondiente en su funcionamiento normal para que el motor funcione en condiciones óptimas. De esta manera, la centralita electrónica de STAG debe estar calibrada para la perfecta relación de los tiempos de inyección.

La implantación de estos parámetros en el motor quedan fuera del alcance de este proyecto, quedando éste enfocado al estudio del procedimiento de calibración y a una propuesta de funcionamiento basándonos en el programa del controlador de la centralita electrónica STAG.

La explicación más exhaustiva de todos los parámetros del programa y todas las posibilidades de éste se encuentran en el manual del programa de diagnóstico AC STAG en el ANEXO IV.

## 11.5.1. Procedimiento para funcionamiento a ralentí

### 1. Conexión del controlador:

Una vez realizado correctamente el montaje, es preciso conectar el ordenador con el programa diagnóstico instalado AC STAG al controlador STAG-4 QBOX PLUS. Antes de ejecutar el programa, es preciso girar la llave en el interruptor de encendido del automóvil.

Una vez conectado el controlador, aparecerá la interfaz del programa con varias ventanas con las distintas funciones y sus pestañas.

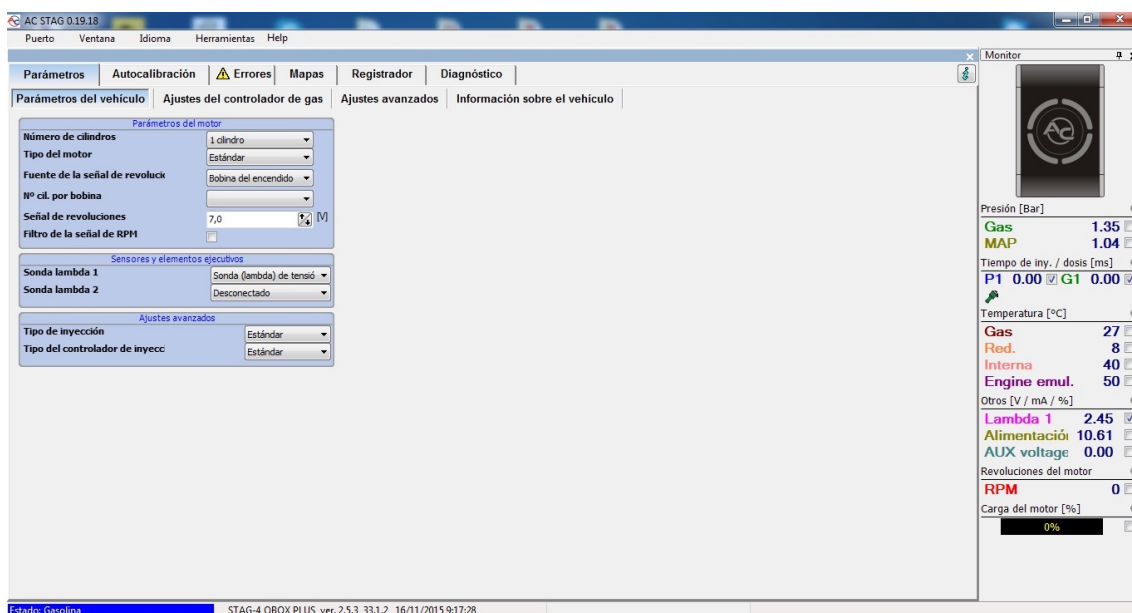


Ilustración 16: Interfaz del programa de diagnóstico de STAG.

Fuente: AC STAG.

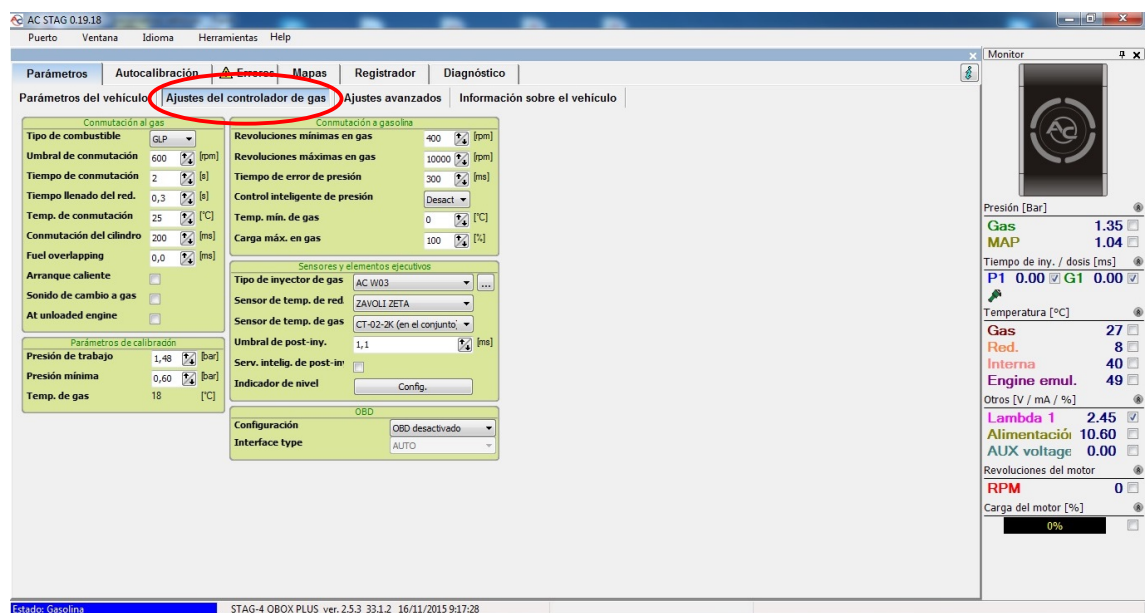
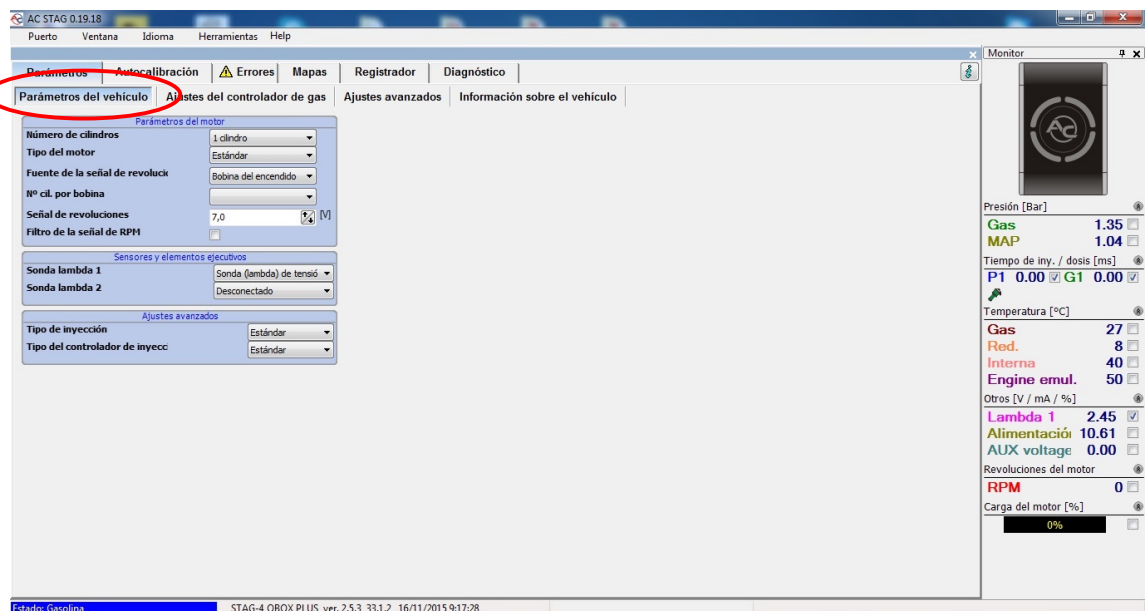
La interfaz tiene un menú principal, una sección general dentro de la cual se eligen los parámetros y se podrán visualizar los mapas de estado del motor, así como calibrar su funcionamiento; una sección en la que se señala en qué estado se encuentra el vehículo (Estado: Gasolina) y una sección en la que detalla los parámetros de estado del motor en cuanto a presiones, temperaturas, señales de sonda lambda o alimentación y revoluciones por minuto.

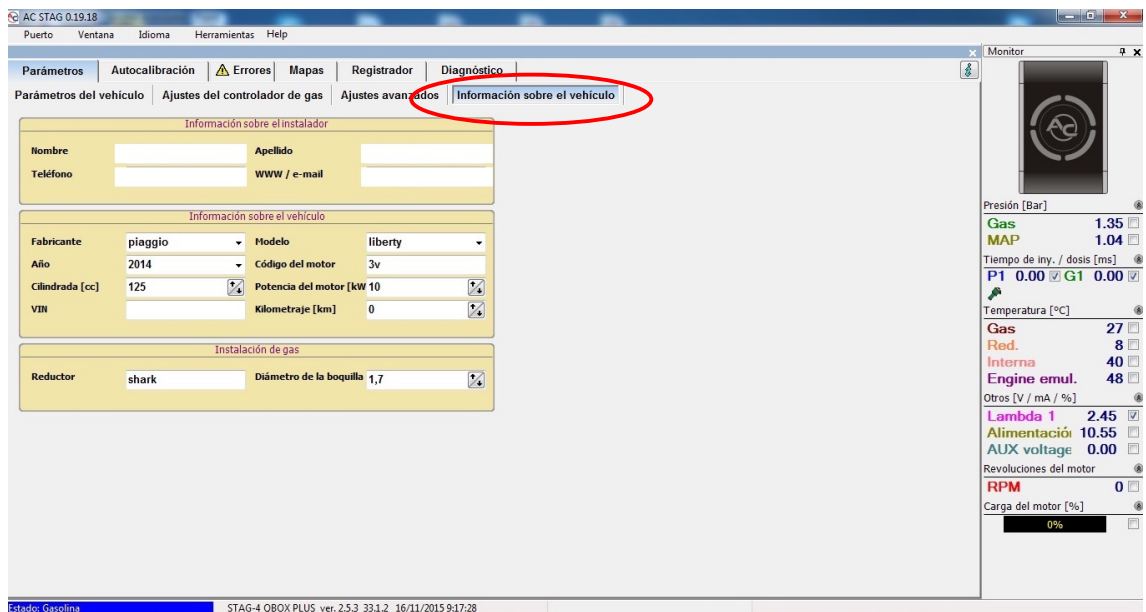
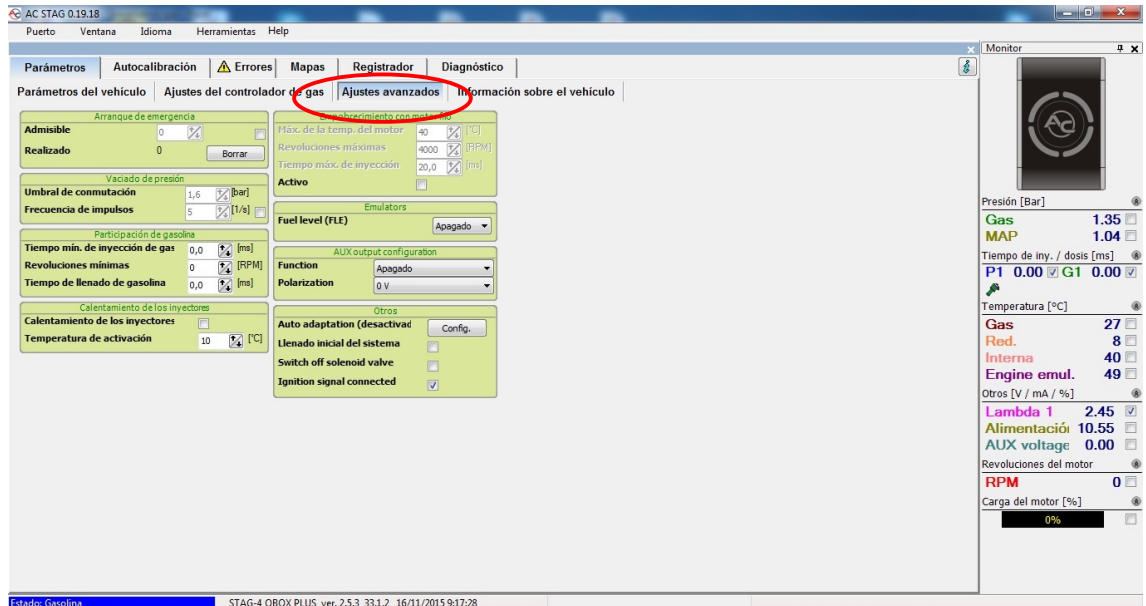
## 2. Introducción de los parámetros de nuestro vehículo:

En la sección principal, dentro del apartado de *Parámetros* tendremos que configurar el controlador con todos los parámetros de nuestro motor. Algunos parámetros dependerán de las condiciones de trabajo del motor.

Otros parámetros más avanzados dependen de los tipos de componentes que tengamos, y de características del motor difíciles de anticipar por lo que se procedería con los establecidos por defecto.

Estos parámetros deben fijarse individualmente para cada vehículo.





Ilustraciones 17, 18, 19 y 20. Pestañas de parámetros.

Fuente: AC STAG.

### 3. Cambiar el estado a GAS:

En la sección de Mapas nos encontramos con distintos mapas que representan distintos parámetros. En el que nos centraremos será en el *Mapa del Multiplicador*.

Este mapa sirve para configurar el multiplicador para los tiempos de inyección dados.

Es la herramienta que nos relaciona directamente los tiempos de inyección en gasolina



con los tiempos de inyección en GLP. Unido a este mapa, hay diversos mapas de corrección de temperaturas, presión y revoluciones que ayudarán a la centralita a las posibles correcciones posteriores.

Después de arrancar el motor y esperar a que se caliente y alcance una temperatura óptima, se puede activar en conmutador que cambia el funcionamiento de gasolina a gas (Estado: Gas).

Este proceso de cambio de combustible conlleva una gran dificultad, ya que es necesario que la curva del multiplicador que relaciona los tiempos este correctamente configurada para que la energía que aporta en su funcionamiento gas sea la misma que en el funcionamiento normal. Si este multiplicador esta fuera del rango en el que debe estar, el motor se parará ya que no tendrá el aporte necesario de energía para su funcionamiento.

#### 4. *Modificar la curva del multiplicador:*

La curva del multiplicador que nos relaciona los tiempos entre el funcionamiento en gasolina y gas debe ser calibrada de tal manera que al realizar la conmutación el motor siga funcionando de forma estable. La curva del multiplicador se puede modificar manualmente hasta encontrar el punto en el que el motor realice la correcta conmutación al funcionamiento con gas.



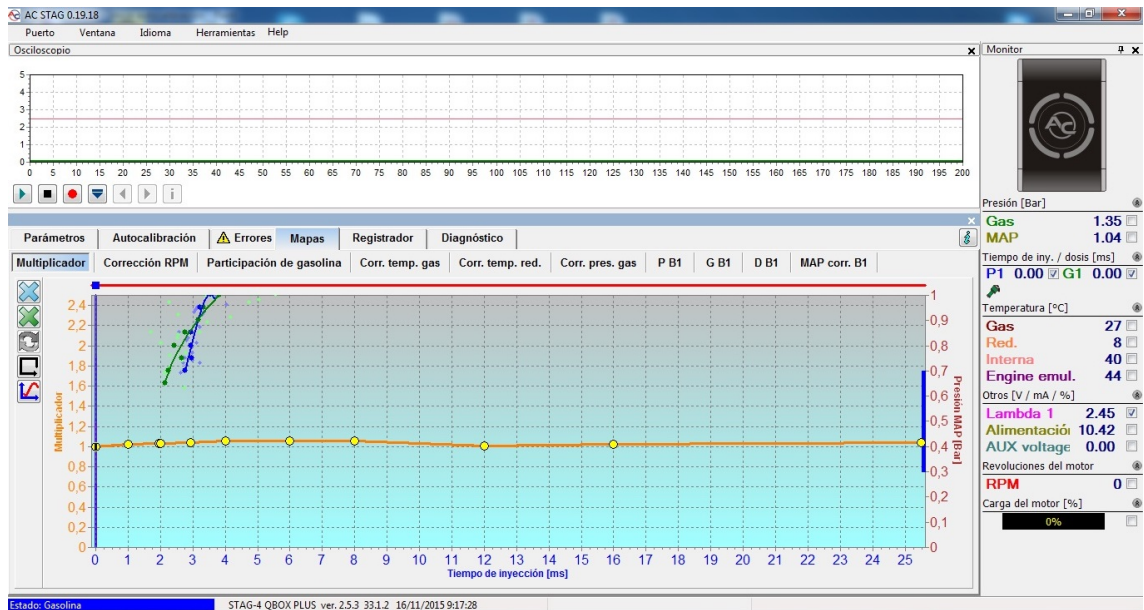


Ilustración 21: Mapa del multiplicador antes de calibración.  
 Fuente: AC STAG.

El mapa del multiplicador es de color naranja. A este mapa está asignado el eje izquierdo de datos, es decir el *Multiplicador* y el eje inferior, es decir el *Tiempo de inyección [ms]*. El mapa del multiplicador sirve para configurar el multiplicador para el tiempo de inyección de gasolina dado. Para configurar el multiplicador sirven los puntos situados en el mapa (amarillos). Estos puntos se pueden seleccionar y moverse para la correcta calibración. El valor del punto marcado se lista en el lado izquierdo en la parte inferior del mapa.

Aparte del mapa del multiplicador en la ventana están situados también dos otros mapas. El mapa de color azul es el mapa de los tiempos de inyección de gasolina (con gasolina). Al mapa está asignado en el eje derecho la *Presión del colector [Bar]* y en el eje inferior *Tiempo de inyección [ms]*. El mapa está compuesto por puntos azules. El controlador una vez recogido el mapa lo dibuja con línea continua. De forma análoga, pasa con el llamado mapa de tiempos de inyección de gasolina (con gas) el cual es de color verde.

Una vez que el controlador haya recogido ya los dos mapas, es decir, el mapa de gasolina y de gas es posible verificar la desviación entre los dos. La desviación aparece en forma de una línea roja una vez se indica desde el programa que la muestra. Esta desviación nos ayuda a relacionar los dos tiempos de inyección.



En la ventana presentada del mapa aparece también el cursor cuya posición cambia en el eje vertical con la presión del colector, y en el eje horizontal con los tiempos de inyección de gasolina. Es muy útil a la hora de recoger el mapa ya que muestra con qué carga y con qué tiempos de inyección trabaja el motor, y ayudará a identificar los puntos del multiplicador más cercanos al campo de trabajo del motor a ralentí.

Una vez identificados los puntos más cercanos del multiplicador al rango de trabajo del motor, habrá que modificarlos de tal manera, que con la conmutación a gas el motor no sufra unas variaciones muy grandes en la energía que se le suministra, hasta llegar al punto de que el motor siempre trabaje de forma estable en su funcionamiento con gas a ralentí.

Este proceso deberá ser repetido hasta encontrar este punto en el que el motor se encuentre estable. Durante el proceso es probable que el motor al conmutar a gas se apague debido a no estar calibrado correctamente. Habrá que ir valorando hacia donde modificar los puntos del multiplicador, siempre centrándonos en aquellos alrededor del rango de trabajo del motor, hasta dar con los puntos que consigan la estabilidad de éste.

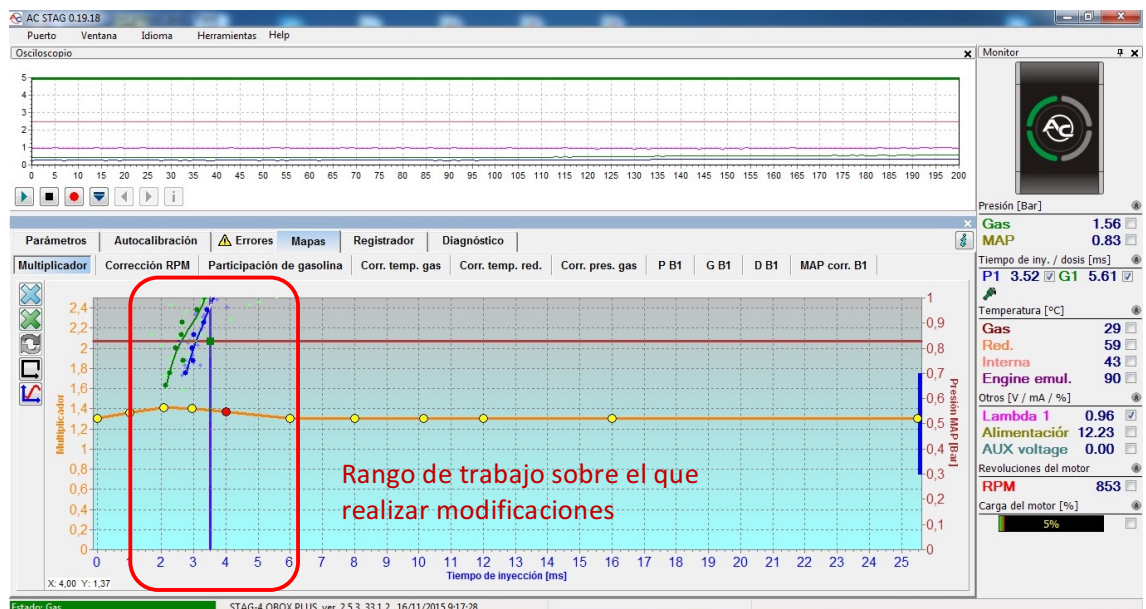


Ilustración 22: Mapa del multiplicador ajustado para la estabilidad del motor en estado gas.

Fuente: AC STAG.



El mapa mostrado en la ilustración 21 es el elaborado para que el motor se mantenga estable al conmutar a gas. Es una aproximación sobre la que se ha conseguido trabajar y el punto de partida para una posible autocalibración futura y un desarrollo completo del programa de STAG para el funcionamiento normal del motor de scooter en el uso de un particular. Para el estudio completo del comportamiento del motor en un funcionamiento convencional y no solo a ralentí se realiza una propuesta en el siguiente apartado 11.5.2.

Existe un proceso disponible en el programa llamado *Autocalibración*, con el que el programa elaborara automáticamente una curva del multiplicador ajustada a los parámetros de trabajo del motor.

Para este proceso es necesaria inicialmente una curva del multiplicador que consiga mantener muy estable el motor en su funcionamiento en gas con el motor a ralentí para un correcto registro de todos los puntos en los distintos rangos de trabajo del motor. Con este proceso se recogerán los datos de trabajo del motor trabajando en estado de gasolina y hará una conmutación automática a trabajar con gas de tal forma que recogerá los mapas de trabajo tanto en su funcionamiento con gasolina como en su funcionamiento con gas. Si el proceso de autocalibración se realiza con éxito tendremos unos nuevos valores del multiplicador correctos para el punto de calibración. Hay que destacar la dificultad de este proceso en nuestro motor de la scooter dadas sus características técnicas, de tal forma que no ha sido posible realizar esta calibración y se ha hecho de forma manual.



## 11.5.2. Propuesta de funcionamiento

Partiendo de la aproximación del apartado anterior, se desarrolla ahora una propuesta del procedimiento completo para la configuración del motor para su uso convencional en carretera.

Hay que resaltar que esta propuesta se realiza desde un marco teórico, dada la imposibilidad de que conducir esta motocicleta por carretera. El vehículo no está homologado para circular y por tanto no se ha podido realizar este ajuste de los parámetros en un uso real del vehículo.

Actualmente no existen motos a GLP homologadas, de forma que habría que realizar un estudio para la posible homologación de estas, aunque esto se escapa del objeto de estudio del proyecto.

### 1. *Autocalibración:*

Durante la autocalibración el motor debe trabajar en ralentí, no deben aumentar las revoluciones y es preciso observar los tiempos de inyección de gasolina y gas. Una vez terminado el proceso de autocalibración con éxito, el mapa del multiplicador estará inicialmente configurado. El valor del multiplicador para el punto de trabajo del motor en ralentí generará la curva del multiplicador que se usará en el controlador de la centralita.

### 2. *Recogida del mapa de los tiempos de inyección de gasolina con gasolina (mapa de gasolina):*

Una vez realizado el proceso de autocalibración es preciso cambiar el vehículo a gasolina y recorrer un tramo de aproximadamente 4 km con fin de recoger el mapa de gasolina. Al recoger el mapa es preciso intentar conducir de manera estable y no modificar las revoluciones del motor en gran medida y conducir de tal manera que la sonda lambda "trabaje", es decir, que cambie su estado de pobre a rica. Durante la recogida del mapa deben aparecer puntos azules. La recogida de los mapas se realiza sin participación del programa diagnóstico, por eso puede realizarse sin conectar el ordenador. Cuando el controlador decida que ha sido recogida la cantidad suficiente



de puntos el mapa se dibujará con línea continua. En este momento la recogida del mapa de gasolina termina.

### 3. *Recogida del mapa de los tiempos de inyección de gasolina con gas (mapa de gas):*

Una vez recogido el mapa de gasolina cambiamos el sistema a gas y empezamos recoger el mapa de gas de forma análoga. El mapa de gas debe recogerse en condiciones de carretera idénticas con cargas similares como en caso del mapa de gasolina. El mapa de gas se dibuja con puntos verdes. Una vez recogido el número suficiente de puntos el mapa se dibujará con línea continua. Con un controlador ajustado correctamente (correctamente seleccionada la característica del multiplicador) el mapa de gasolina y de gas deben coincidir. En caso de que los mapas no coincidan, en el lugar donde los mapas no se superponen es preciso corregir la característica del multiplicador (para los tiempos de inyección dados). Durante la recogida del mapa de gas, si conectamos el ordenador y con el programa diagnóstico ejecutado, cuando vemos que los puntos verdes recogidos no coinciden con el mapa de gasolina, sobre la marcha podemos corregir la característica del multiplicador. Corrigiendo sobre la marcha la característica del multiplicador, los puntos del mapa de gas deben coincidir con el mapa de gasolina. Si se llega a la situación en la que los mapas coinciden, se puede considerar que el multiplicador ha sido ajustado correctamente.

### 4. *Verificación de los mapas y la desviación:*

Una vez recogidos los mapas de gasolina y de gas (mapas dibujados con líneas continuas) podemos verificar la desviación entre el mapa de gasolina y el mapa de gas. En la pestaña "Multiplicador" a la derecha está situado el campo "Mostrar la desviación". Una vez presionado el icono aparece el gráfico de la desviación dibujado con una línea roja. En caso en que la desviación este dentro de los límites  $\pm 10\%$  se puede considerar que el controlador está programado correctamente, de lo contrario será necesario corregir el multiplicador en los puntos donde los mapas no coinciden.

### 5. *Corrección de la temperatura de gas:*

En caso de que durante el trabajo con gas, con el cambio de temperatura de gas cambie el tiempo de inyección de gasolina es preciso ajustar la corrección de la



temperatura de gas. Esta corrección se puede realizar utilizando el "Mapa de corrección de la temperatura de gas" disponible dentro de la pestaña de *Mapas*. Esta corrección sólo es posible una vez realizada la autocalibración y configurado el multiplicador en carretera.

#### 6. *Autoadaptación:*

El controlador STAG-4 QBOX PLUS tiene incorporado el lector de parámetros y defectos de OBDII/EOBD.

Para activar el lector es preciso seleccionar, en la pestaña de configuración de gas, la opción "Lector OBD". A partir de este momento, si el controlador permanece en el modo automático, cada vez que se active el interruptor del encendido el controlador intenta establecer conexión con el sistema diagnóstico a bordo OBDII/EOBD.

Este mecanismo, una vez activado, corrige la dosis de gas sobre la marcha - durante la conducción. La activación, la selección del tipo de adaptación y la configuración se realizan a través de la ventana "*Autoadaptación*" disponible del menú "*Ventana*".

La corrección del gas se realiza en base a las lecturas de parámetros de la interfaz diagnóstica del lector OBD, mientras se conduce, no interfiriendo en el funcionamiento del motor y adaptando sus parámetros para la optimización de éste.

## 12. CONCLUSIONES

Enmarcando este proyecto dentro de la creciente necesidad de combustibles alternativos y la reducción de emisiones en el transporte, el estudio de la adaptación del motor de scooter al funcionamiento con GLP presenta numerosos beneficios.

### 12.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ADAPTACIÓN DEL MOTOR

En general, en la conversión de un motor de combustión interna a funcionamiento con GLP deben tenerse en cuenta las siguientes características:

- Se deben evitar modificaciones importantes en el motor y es importante que se mantenga la capacidad para operar como un motor de inyección convencional.
- Siempre será necesario un pequeño aporte de gasolina para el encendido y para situaciones de carga del motor muy exigentes.
- Es posible que exista una reducción parcial de la potencia del motor.
- Otra característica a destacar es la posibilidad de trabajar con dos combustibles. La elección del combustible a utilizar se realizará mediante el conmutador que estará integrado en el vehículo.
- La seguridad en funcionamiento con combustibles gaseosos debe seguir siendo de vital importancia con el motor en ralentí, y en el modo de GLP se debe controlar la velocidad y mantener el motor en condiciones de seguridad.
- El proceso de calibración de la relación de tiempos de inyección entre los de gasolina y gas es de vital importancia para el correcto funcionamiento del motor adaptado.
- La potencia y la capacidad del motor a adaptar influye en su posterior comportamiento y en la facilidad para realizar la adaptación.



- El motor se autocalibrará y corregirá sus parámetros automáticamente con la centralita electrónica conectada durante el funcionamiento si previamente ésta ha sido configurada para hacerlo.

## 12.2. POSICIONAMIENTO DE LOS VEHÍCULOS PROPULSADOS A GAS EN LA ACTUALIDAD

Cada vez más consumidores recurren a este combustible alternativo y actualmente son alrededor de 30 millones de vehículos en todo el mundo los propulsados por GLP.

Con cerca de 600 estaciones de repostaje repartidas por todo España, el GLP se consolida como la mejor alternativa para alcanzar una movilidad más sostenible dentro del país.

Según datos de la DGT, la cantidad de vehículos propulsados por GLP matriculados en este último año se ha incrementado en cerca del 400% y ya supone el 1% sobre el total de las matriculaciones nuevas.

El sistema de etiquetado de vehículos es uno de los factores que ha colaborado en el incremento de estas nuevas matriculaciones de vehículos con GLP, ya que estos se etiquetan con el marcado ECO, anteriormente citado en el apartado 9.2.1.

## 12.3. EXPECTATIVAS

La expectativa es que estas nuevas matriculaciones sigan aumentando a medida que el GLP se afianza como una alternativa segura, fiable y eficiente a los combustibles tradicionales.

Las restricciones que se empiezan a imponer en las grandes ciudades a la circulación de los vehículos más contaminantes es uno de los factores que más impulsan a los vehículos alternativos. Se espera que estas restricciones vayan extendiéndose por todos los núcleos urbanos y además que estas sean cada vez más exigentes.

En consecuencia, teniendo en cuenta el etiquetado de vehículos y que los propulsados por GLP están catalogados como ECO y quedan fuera de estas restricciones, y las ventajas que ofrece en cuanto al ahorro, la expectativa de consumo y nuevas matriculaciones de estos vehículos alternativos se incrementa cada vez más.

La adaptación de motores existentes a funcionamiento con GLP también se va afianzando dentro del sector, siendo esta además accesible económicamente y amortizable en un período corto de tiempo.

## 12.4. BENEFICIOS DE LA ADAPTACIÓN

Después de realizar el estudio de la adaptación de un motor scooter Euro 3 a GLP podemos concluir que la adaptación de un motor existente al funcionamiento con GLP presenta numerosos e importantes beneficios:

- El motor original estaba sujeto a la normativa Euro 3. Hay que destacar, que después de la adaptación, el motor seguirá cumpliendo las exigencias impuestas en la normativa y además, es de suponer que las emisiones serán notablemente menores dadas las características que demuestra el GLP en cuanto a emisiones respecto a los combustibles convencionales.
- Una de las grandes ventajas, dadas las características del parque móvil, en la que la inmensa mayoría de los vehículos son de gasolina o diésel, es la capacidad de adaptación de motores existentes en vehículos en uso al funcionamiento dual con GLP. En cambio, la alternativa de adaptar un vehículo a un funcionamiento eléctrico, si es posible, es muy costosa.
- Existe un innegable ahorro económico en cuanto al consumo de combustible. Mientras la cantidad de combustible a utilizar posiblemente aumente, ya que la capacidad calorífica del GLP es menor que la de la gasolina y será necesaria más cantidad para llegar a la misma potencia, el costo de éste es mucho menor.





- La adaptación es un proceso relativamente sencillo y cada vez más talleres realizan este tipo de operaciones. Su costo no es muy grande y, teniendo en cuenta el ahorro que la adaptación implica en cuanto a combustible, es amortizable en un período corto de tiempo dentro de la vida útil del vehículo.
- El mantenimiento necesario es sencillo y de bajo coste.
- La infraestructura disponible en cuanto a estaciones de repostaje hace que los consumidores cada vez más perciban al GLP como una alternativa atractiva y viable.
- Las restricciones que se prevén para el uso de vehículos muy contaminantes unidas a las políticas de Movilidad Sostenible hacen que se fomente el uso de vehículos alternativos entre los que se encuentra el vehículo dual con GLP.
- Su posible implantación en flotas ya existentes es un punto que cabe destacar. Tanto grandes empresas de reparto como pequeños comercios que operen en los núcleos urbanos pueden adaptar sus vehículos en uso al funcionamiento con GLP, evitando posibles restricciones, contribuyendo a la reducción de las emisiones y, a largo plazo, disminuyendo el gasto en combustible.
- Las instituciones van incrementando las partidas económicas destinadas a ayudar tanto a la compra de vehículos con combustibles alternativos (entre ellos, el GLP) como a la adaptación de motores existentes al funcionamiento dual, y los particulares pueden verse beneficiados por esto.

## 13. DESCARGO DE GASTOS

En este apartado se realiza un estudio económico del proyecto. A continuación, se muestran todos los gastos que ha habido a lo largo de todo el trabajo:

		Coste por unidad de tiempo (€/hora)	Tiempo requerido (horas)	Coste (€)
<b>HORAS INTERNAS</b>	Ingeniero Senior	40	40	1.600,00 €
	Ingeniero Junior	20	160	3.200,00 €
<b>AMORTIZACIONES</b>	Ordenador MacBook Air	0,25	150	37,16 €
	Microsoft Word	0,23	110	24,75 €
	Microsoft Excel	0,68	10	6,75 €
	Documentación	-	-	20,00 €
	Desplazamientos	-	-	80,00 €

		Unidades (ud.)	Coste por unidad (€/ud)	Coste total (€)
<b>INVERSIONES</b>	Depósito GLP	1	185,00	185,00 €
	Evaporador-Reductor	1	215,00	215,00 €
	Multiválvula	1	72,00	72,00 €
	Electroválvulas	2	24,50	49,00 €
	Centralita GLP + componentes instalación	1	180,00	180,00 €
	Toma de carga	1	13,50	13,50 €
	Sensor presión y temperatura	1	47,00	47,00 €
	Inyector	1	78,00	78,00 €

<b>SUBTOTAL</b>				<b>5.808,16 €</b>
<b>IMPREVISTOS (2%)</b>				<b>116,16 €</b>
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>5.924,32 €</b>

Ilustración 23. Descargo de gastos.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior, se muestra el descargo de gastos total correspondiente a este proyecto. Como se puede observar, el total asciende a 5924,32 €.

Mostrado el presupuesto completo del proyecto, se realizará un estudio más detallado de cada apartado:

En primer lugar, se detallan las horas internas empleadas por el alumno y el tutor en la realización del proyecto fin de grado. Al tutor se le denomina ingeniero senior, con un salario de 40€ por cada hora de trabajo, y al estudiante ingeniero junior, que cobra 20€ por hora. Las horas empleadas son 40h y 160h respectivamente, haciendo un total de **4800 €**.

Por otra parte, se encuentran las amortizaciones, es decir, el dinero invertido al realizar el proyecto. Sumando las horas en las que se ha utilizado el ordenador, junto con las horas en las



que se han utilizados los programas de Microsoft Excel y Microsoft Word, y multiplicando estos valores por el precio que cuesta la hora de cada uno de ellos, se obtiene el valor de estos gastos. A este valor se le añadirá el importe correspondiente a la realización de diferentes impresiones de documentación necesaria y gastos en transporte, de tal forma que el total asciende a **168,66 €**.

Por último nos encontramos con las inversiones necesarias para la adaptación del motor de scooter. Aquí se incluyen los componentes que han sido necesarios para la adaptación. Los valores para cada uno de los componentes se han fijado teniendo en cuenta los distintos precios que se encuentran en el mercado, y no son el precio exacto de cada uno de ellos, si no un precio representativo en cada componente. El total de las inversiones asciende a **839,50 €**.

Hay que destacar exclusivamente los gastos de la adaptación. Sin tener en cuenta el resto de gastos del proyecto, tomando 30 horas del ingeniero senior como las horas invertidas en la adaptación del motor y sumándole las inversiones en los componentes el gasto total en la adaptación asciende a **2039,50 €**.

Teniendo en cuenta los precios en taller que realizan este tipo de adaptación que rondan los 2500-3000 €. Nos encontramos ante un coste de adaptación muy asumible, siendo conscientes de la dificultad de adaptar un motor de estas características, además no teniendo los medios que poseen los talleres especializados.

Finalmente, al coste total del proyecto se le ha añadido una tasa del 2% por los imprevistos surgidos durante el transcurso de éste que añaden un sobrecoste de **116,16 €**.

El descargo de gastos detallado se puede ver en las tablas presentes en el ANEXO II.

## 14. DESCRIPCIÓN DE TAREAS. GANTT.

Este Trabajo de Fin de Grado tuvo comienzo el 19 de Septiembre de 2017 y se prevé que se termine para el 24 de Julio de 2018, en un total de 179 días de duración de trabajo.

El desarrollo del trabajo ha implicado la realización de diferentes tareas que se muestran listadas a continuación, indicando la duración, comienzo y final de cada una. Después se muestra el diagrama de Gantt correspondiente al proyecto.

Estado	Nombre de la tarea	Fecha de Inicio	Fecha final	Duración
	<b>Adaptación de un motor scooter Euro3 a GLP</b>			
●	<b>- Definición TFG</b>	<b>19/09/17</b>	<b>13/10/17</b>	<b>19d</b>
●	Definición del contexto	19/09/17	29/09/17	9d
●	Definición del alcance	02/10/17	13/10/17	10d
●				
●	<b>- Búsqueda de información</b>	<b>02/10/17</b>	<b>22/12/17</b>	<b>60d</b>
●	Documentación sobre combustibles gaseosos	02/10/17	27/10/17	20d
●	Documentación sobre la tecnología	16/10/17	17/11/17	25d
●	Documentación sobre el funcionamiento	20/11/17	22/12/17	25d
●				
●	<b>- Revisión Manual de taller Liberty 3V</b>	<b>08/01/18</b>	<b>26/01/18</b>	<b>15d</b>
●	Revisión manual	08/01/18	26/01/18	15d
	<b>Revisión Manual AC STAG</b>	<b>29/01/18</b>	<b>16/03/18</b>	<b>35d</b>
	Revisión manual	29/01/18	16/02/18	15d
	Estudio de parámetros	19/02/18	16/03/18	20d
●	<b>Redacción TFG</b>	<b>14/05/18</b>	<b>20/07/18</b>	<b>50d</b>
	Redacción de todo el trabajo	14/05/18	20/07/18	50d

Ilustración 24. Descripción de tareas.

Fuente: Elaboración propia.

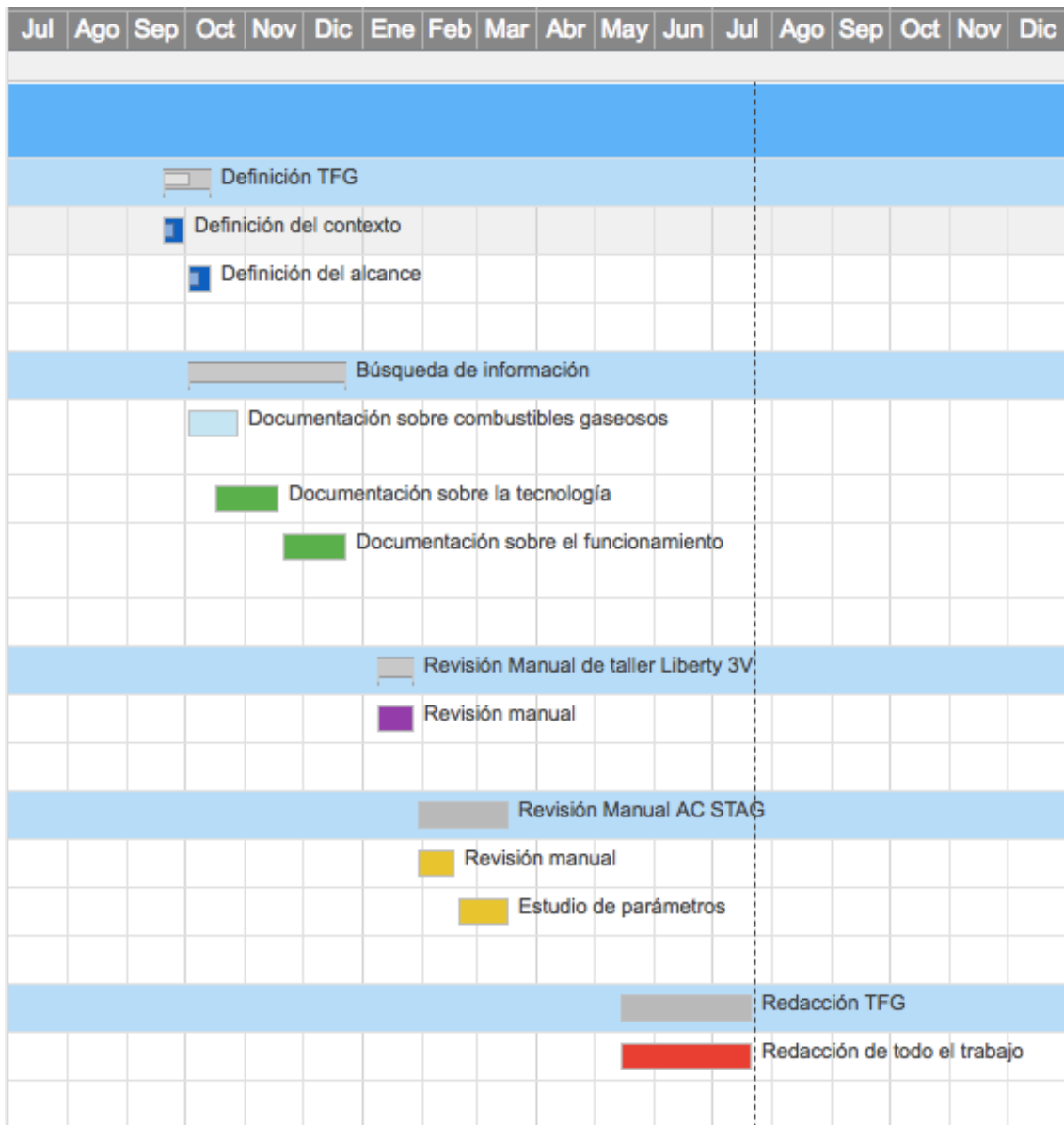


Ilustración 25. Diagrama de Gantt.

Fuente: Elaboración propia.



## 15. FUENTES DE INFORMACIÓN

### 15.2. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Secretaría de Estado de Medio Ambiente, “INVENTARIO DE EMISIONES DE ESPAÑA. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO. SERIE 1990-2015. INFORME RESUMEN.”, 2017
- [2] IDAE, “Consumo energía final España 1990-2015”, 2017
- [3] Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, “Movilidad Urbana Sostenible: Un reto energético y ambiental”, 2010
- [4] Greenpeace, “El transporte en las ciudades: Un motor sin freno del cambio climático”, 2016
- [5] Ghazi A. Karim, “Dual-Fuel Diesel Engines”, 2015
- [6] Piaggio, “Manual para talleres de servicio. MSS Liberty 125ie 150ie 3V”, 2013
- [7] Vogels Autogas, “Introducción autogas”, 2014
- [8] Transvegas, “GLP & GNC – Sistema Bi-fuel”, 2015
- [9] LAPESA GRUPO EMPRESARIAL, S.L., “Patente: Sistema de aumento de vaporización en recipiente de almacenamiento de GLP”, 2014
- [10] AC STAG Autogas Systems, “Instrucciones de conexión y programación de los controladores”, 2016

### 15.3. ENLACES WEB

- [1] <https://branded.eldiario.es/autogas-carburante-sostenible/>
- [2] <https://www.ecologiaverde.com/autogas-o-glp-la-gasolina-menos-contaminante-113.html>
- [3] <http://www.dgt.es/es/prensa/notas-de-prensa/2016/20160414-dgt-clasifica-parque-vehiculos-funcion-potencial-contaminante.shtml>  
<http://www.formulamoto.es/zona-eco/2017/02/09/etiquetas-medioambientales-motos-caso-abierto/17520.html>
- [4] <https://www.eysmunicipales.es/actualidad/mercamadrid-impulsa-la-sustitucion-de-su-flota-de-vehiculos-por-otros-100-elctricos-o-de-glp>
- [5] <http://shalegasespana.es/preguntas-frecuentes/>
- [6] <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biogas>
- [7] [https://es.wikipedia.org/wiki/Gas\\_metano\\_de\\_carbón](https://es.wikipedia.org/wiki/Gas_metano_de_carbón)
- [8] [https://es.wikipedia.org/wiki/Arenas\\_aceiteras](https://es.wikipedia.org/wiki/Arenas_aceiteras)



- [9] <https://www.mundodelmotor.net/sistema-de-inyeccion/>
- [10] [http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/Vehiculos\\_2\\_o\\_3\\_ruedas.aspx](http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/Vehiculos_2_o_3_ruedas.aspx)
- [11] [http://www.blogmecanicos.com/2017/01/como-funciona-un-sistema-glp\\_26.html](http://www.blogmecanicos.com/2017/01/como-funciona-un-sistema-glp_26.html)
- [12] <https://patentados.com/2014/sistema-de-aumento-de-vaporizacion>
- [13] <http://recambiosautogas.es/es/>



## 16. ANEXOS

### 16.1. ANEXO I: IEEE2006

- Las referencias incluidas en el texto se presentan al final del documento en una sección denominada "Referencias", ordenadas numéricamente según el orden de aparición en el texto. Ejemplo:
  - [1] B. Klaus and P. Horn, Robot Vision. Cambridge, MA: MIT Press, 1986.
  - [2] L. Stein, "Random patterns," in Computers and You, J. S. Brake, Ed. New York: Wiley, 1994, pp. 55-70.
  - [3] R. L. Myer, "Parametric oscillators and nonlinear materials," in Nonlinear Optics, vol. 4, P. G. Harper and B. S. Wherret, Eds. San Francisco, CA: Academic, 1977, pp. 47-160.
- La lista de referencias al final de un trabajo debe ofrecer la información necesaria para identificar y poder recuperar las fuentes utilizadas específicamente en la preparación y fundamentación del mismo.
- Es imprescindible que cada una de las citas que se hayan intercalado en el texto tenga su referencia correspondiente en la lista final y, a la inversa, toda entrada en la lista de referencias debe haber sido citada dentro del texto.
- Los datos para redactar la cita se tomarán del documento original al que se refieren, y se extraerán principalmente de la portada.
- Los nombres de persona deben abreviarse poniendo sólo las iniciales.
- En el caso de obras anónimas, el primer elemento de la cita será el título.
- Si el autor es una entidad se indicará el nombre de la misma tal y como aparece en la fuente.
- Cada palabra importante (sustantivos, adjetivos, verbos, adverbios) en el título de un libro, revista o congreso debe llevar la inicial en mayúsculas.
- Sólo va en mayúsculas la inicial de la primera palabra del título de un artículo o capítulo (excepto en el caso de nombres propios, siglas, etc.)
- La "v" de "Volumen" va en mayúsculas si se trata de un libro, pero no si es una revista.
- La puntuación de los títulos de artículos va dentro de las comillas.

### 16.2. ANEXO II: DESCARGO DE GASTOS DETALLADO

DATOS DE PARTIDA		UNIDADES
Horas ordenador	1000	horas/año
Horas Microsoft Excel	200	horas/año
Horas Microsoft Word	600	horas/año
Coste eléctrico	0,15	€/kwh
Coste mantenimiento	60	€/año



CÁLCULO DE TASA HORARIA							
	Coste (€)	Potencia (kW)	Vida útil (años)	Amortización (€/h)	Electricidad (€/h)	Mantenimiento (€/h)	Tasa horaria (€/h)
Ordenador	999	0,3	7	0,1427	0,045	0,06	0,25
Word	135	0	1	0,2250	0	0	0,23
Excel	135	0	1	0,6750	0	0	0,68

		Coste por unidad de tiempo (€/hora)	Tiempo requerido (horas)	Coste (€)
<b>HORAS INTERNAS</b>	Ingeniero Senior	40	40	1.600,00 €
	Ingeniero Junior	20	160	3.200,00 €
<b>AMORTIZACIONES</b>	Ordenador MacBook Air	0,25	150	37,16 €
	Microsoft Word	0,23	110	24,75 €
	Microsoft Excel	0,68	10	6,75 €
	Documentación	-	-	20,00 €
	Desplazamientos	-	-	80,00 €
		Unidades (ud.)	Coste por unidad (€/ud)	Coste total (€)
<b>INVERSIONES</b>	Depósito GLP	1	185,00	185,00 €
	Evaporador-Reductor	1	215,00	215,00 €
	Multiválvula	1	72,00	72,00 €
	Electroválvulas	2	24,50	49,00 €
	Centralita GLP + componentes instalación	1	180,00	180,00 €
	Toma de carga	1	13,50	13,50 €
	Sensor presión y temperatura	1	47,00	47,00 €
Injector	1	78,00	78,00 €	
<b>SUBTOTAL</b>				<b>5.808,16 €</b>
<b>IMPREVISTOS (2%)</b>				<b>116,16 €</b>
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>5.924,32 €</b>

16.3. ANEXO III: DIRECTIVA 2002/51/CE - NORMATIVA EURO 3.

16.4. ANEXO IV: MANUAL DE INSTALACIÓN Y PROGRAMACIÓN AC STAG.

16.5. ANEXO V: PATENTE. SISTEMA DE AUMENTO DE VAPORIZACIÓN EN RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO DE GLP.