

|                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                       |                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <b>ISU CENTRAL<br/>TÉCNICO</b><br><small>INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO</small> | <b>INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CENTRAL</b><br><b>MACROPROCESO:</b> 01 FORMACIÓN ISTCT<br><b>PROCESO:</b> 03 TITULACIÓN<br>01 TRABAJO DE TITULACIÓN | <b>Versión:</b> 1.0<br><b>F. elaboración:</b> 17/10/2018<br><b>F. última revisión:</b> 21/03/2019 |
| Código: <b>INS.FO.31.02</b>                                                                                                                                         | <b>INSTRUCTIVO</b>                                                                                                                                    |                                                                                                   |



# ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMBUSTIBLE DIÉSEL PREMIUM UTILIZADO EN LOS AUTOMOTORES DE SERVICIO URBANO DE LA CIUDAD DE QUITO PARA COMPROBAR SI SE APLICA LA NORMATIVA TÉCNICA INEN.



## **PROYECTO PROFESIONAL DE GRADO**

Quito – Ecuador



**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CENTRAL TÉCNICO**

**CARRERA: MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO PROFESIONAL DE GRADO**

**TEMA:**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMBUSTIBLE DIÉSEL PREMIUM  
UTILIZADO EN LOS AUTOMOTORES DE SERVICIO URBANO DE  
LA CIUDAD DE QUITO PARA COMPROBAR SI SE APLICA LA  
NORMATIVA TÉCNICA INEN**

**AUTOR:**

**CEDENÑO ZAMBRANO JOHN CÉSAR**

**TUTOR:**

**ING. NELSON GUERRERO**

**Fecha: (16/ 04/2021)**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi gratitud a dios por bendecir mi vida con salud y fortaleza, a mis padres Gicela y John por su ejemplo de responsabilidad, disciplina y superación.

Mi sentimiento de gratitud especial con mis padres de corazón, Graciela y Carlos por ser pilares fundamentales en mi vida profesional y sentimental.

Gracias a mis docentes, quienes con paciencia y empatía compartieron sus conocimientos conmigo.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo lo dedico a mi familia, a mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio. Gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## **VALIDACIÓN**

Yo Ing. Guerrero Calero Nelson Leonardo, docente de la carrera de Mecánica Automotriz del Instituto Superior Universitario “Central Técnico” certifico que el presente trabajo final de carrera titulado “Análisis comparativo del combustible diésel premium utilizado en los automotores de servicio urbano de la ciudad de Quito para comprobar si se aplica la normativa técnica INEN, fue desarrollado en su totalidad por el señor **CEDEÑO ZAMBRANO JOHN CÉSAR**

**Fecha: 29 de octubre de 2021**

**Ing. Darío Borja**

**Coordinador de la carrera de Mecánica Automotriz**

**Ing. Nelson Guerrero**

**Ing. Fernanda Galarza**

**Secretaria**

## **APROBACIÓN DEL JURADO**

---

**Presidente**

**Ing. Christian Aguas Díaz**

---

**Vocal 1**

**Ing. Cristian Beltrán Chamba**

---

**Vocal 2**

**Ing. Carolina Sarango Ortiz**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN.....                                                                                                                                                                    | 1  |
| RESUMEN.....                                                                                                                                                                         | 2  |
| PALABRAS CLAVES .....                                                                                                                                                                | 3  |
| ABSTRACT .....                                                                                                                                                                       | 4  |
| KEY WORDS.....                                                                                                                                                                       | 4  |
| CAPÍTULO I.....                                                                                                                                                                      | 5  |
| 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....                                                                                                                                                       | 5  |
| 2. GENERALIDADES DEL DIESEL.....                                                                                                                                                     | 7  |
| 1.2.1 DEFINICIÓN DE DIÉSEL.....                                                                                                                                                      | 7  |
| 1.2.2 Historia del Diésel .....                                                                                                                                                      | 7  |
| 1.2.3 USOS.....                                                                                                                                                                      | 11 |
| 1.2.4 EL MOTOR DIÉSEL DE 2 O DE 4 TIEMPOS .....                                                                                                                                      | 12 |
| 1.2.5 LOS MOTORES DIÉSEL SOBREALIMENTADOS .....                                                                                                                                      | 13 |
| 1.2.6 LAS CÁMARAS DE COMBUSTIÓN .....                                                                                                                                                | 15 |
| 1.2.7 LOS MOTORES DIÉSEL RÁPIDOS PARA AUTOMÓVILES.....                                                                                                                               | 20 |
| CAPÍTULO II.....                                                                                                                                                                     | 23 |
| 2.1 NORMATIVAS DE CONTAMINACIÓN.....                                                                                                                                                 | 23 |
| 2.2 OBLIGACIÓN INEXISTENTE SOBRE LAS EMISIONES DE LOS VEHÍCULOS<br>(HASTA 2008).....                                                                                                 | 25 |
| 2.3 LEGISLACIÓN SOBRE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> ACTUAL .....                                                                                                                      | 27 |
| 2.4 EMISIONES DIFERENTES AL CO <sub>2</sub> : ETAPAS Y MARCO JURÍDICO .....                                                                                                          | 28 |
| 2.5 NORMATIVA SOBRE EMISIONES PARA TURISMOS .....                                                                                                                                    | 29 |
| 2.6 NORMAS EUROPEAS SOBRE EMISIONES PARA TURISMOS (CATEGORÍA<br>M1*), EN G/KM .....                                                                                                  | 30 |
| 2.7 NORMATIVA DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.....                                                                                                                               | 31 |
| 2.8 PRUEBAS PARA CALIDAD DEL DIÉSEL.....                                                                                                                                             | 33 |
| CAPITULO III.....                                                                                                                                                                    | 37 |
| Metodología ASTM D4294 - 16e1.....                                                                                                                                                   | 37 |
| Método de prueba estándar para determinación de azufre en petróleo y productos<br>derivados del petróleo mediante espectrofluorimetría de rayos X por dispersión<br>de energía. .... | 37 |
| Significado y sus usos.....                                                                                                                                                          | 37 |
| Alcance .....                                                                                                                                                                        | 38 |
| Toma de muestras .....                                                                                                                                                               | 40 |
| Análisis e interpretación de los resultados.....                                                                                                                                     | 41 |
| Diésel No. 2. Combustible que se utiliza en los siguientes sectores: industrial,                                                                                                     |    |



|                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| pesquero, eléctrico, naviero, etc., excepto para uso automotriz. ....                                                                                          | 43 |
| <i>Díesel Premium</i> . Es el combustible utilizado en motores de autoignición para la<br>propulsión de vehículos del sector automotriz a nivel nacional. .... | 43 |
| Procesamiento y análisis .....                                                                                                                                 | 43 |

**ÍNDICE DE GRÁFICOS**

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ILUSTRACIÓN 1 ESPECIFICACIONES DEL DIÉSEL PREMIUM .....                                                                                         | 43 |
| ILUSTRACIÓN 2 ESPECIFICACIONES DEL DIÉSEL EN LA UNIÓN EUROPEA....                                                                               | 44 |
| ILUSTRACIÓN 3 CUADRO DE RESUMEN DE LOS PRINCIPALES INDICADORES<br>DE LOS PAÍSES ESTUDIADOS EN ESTE INFORME(KEIFER &<br>EFFENBERGER, 1967) ..... | 45 |
| ILUSTRACIÓN 4 CONTENIDO DE AZUFRE .....                                                                                                         | 47 |
| ILUSTRACIÓN 5 ÍNDICE DE CETANO .....                                                                                                            | 47 |
| ILUSTRACIÓN 6 DENSIDAD DEL DIÉSEL .....                                                                                                         | 48 |

**ÍNDICE DE TABLAS**

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| TABLA 1 TOLERANCIAS DE LA NORMATIVA EUROPEA.....                  | 30 |
| TABLA 2 LÍMITES CONTAMINANTES PERMITIDOS EN VEHÍCULOS DIÉSEL..... | 31 |
| TABLA 3 PROPIEDADES DEL DIÉSEL PREMIUM.....                       | 33 |
| TABLA 4 PONDERACIÓN DE LA EMPRESA INTERTEK.....                   | 35 |
| TABLA 5 PONDERACIÓN DE LA EMPRESA SGS .....                       | 35 |
| TABLA 6 RESULTADO DE LAS MUESTRAS.....                            | 42 |
| TABLA 7 COMPARATIVA DE ESPECIFICACIONES DIÉSEL.....               | 46 |

## INTRODUCCIÓN

El diésel, combustible de trabajo y el más económico del país, ha sido titular de varias críticas por parte de los usuarios de la ciudad de Quito, con el auge y crecimiento del parque automotor diésel en la ciudad desde el 2013, según estadísticas de venta generadas por General Motors OBB del Ecuador con su vehículo de fabricación nacional Chevrolet D-Max, que incluso decidió suspender la producción de sus versiones a gasolina debido a esta curva de ventas, y gracias a la iniciativa de las casas comerciales para incrementar sus ventas de vehículos con este tipo de motor debido a las negociaciones de preferencias arancelarias en especial de vehículos europeos la inclinación hacia este tipo de vehículos ha ido creciendo y ganando mercados; así mismo el temor de los usuarios por su elevado costo de mantenimiento y de reparación.

En el país contamos con la normativa Técnica INEN 500 emitida en el 2013 en la que establece parámetros máximos de azufre en 500 ppm en el diésel refinado en el país pero que presumiblemente esta regulación no se cumple, por lo que es necesario el análisis químico del diésel Premium que se distribuye en el Distrito Metropolitano de Quito.

Es fundamental levantar información cualitativa sobre los estándares de nuestro diésel para dejar así un precedente informativo de los posibles rastros de contaminación y los riesgos ambientales que ello conlleva, así como también los probables daños que pueden sufrir los motores de los vehículos que utilizan este combustible.

## RESUMEN

Varias organizaciones mundiales y locales están tratando de contrarrestar los efectos adversos que genera la combustión de los vehículos en los gases resultantes de su trabajo. Instituciones como la Agencia Metropolitana de Tránsito, quien desde hace algunos años es el encargado de la revisión técnica vehicular del parque automotor que circula en la ciudad de Quito y de generar la normativa vigente de los valores máximos permitidos para la circulación de los automotores de la capital.

El estado ecuatoriano, como proveedor del Diésel Premium que se distribuye en el Distrito Metropolitano de Quito, ha implementado mejoras en la calidad de dicho combustible para mitigar de forma significativa la contaminación que producen los vehículos diésel dentro de la ciudad, por tal motivo es necesario investigar la calidad del Diésel Premium que se distribuye dentro del perímetro urbano para comprobar aquella mejora y posteriormente, determinar si el nivel de tolerancia que aplica la Agencia Metropolitana de Tránsito en sus análisis durante la Revisión Técnica Vehicular para los vehículos diésel que se distribuyen en el país se encuentra acorde al tipo de combustible que se provee.

Se procedió a tomar cuatro muestras del carburante en cuestión de diferentes distribuidores dentro de la ciudad y así poder comparar con análisis previos de otros combustibles, incluso de la Unión Europea para demostrar el nivel de calidad del combustible local.

Los resultados hablan por sí solos, nos encontramos ante una falta de estandarización de normas que no se relacionan entre sí en nuestra ciudad, ya que el combustible con el que contamos, posee estándares aceptables para vehículos diésel Euro 3, no obstante, el Distrito Metropolitano de Quito, pretende resultados de contaminación vehicular con estándares del tipo Euro 5.

## **PALABRAS CLAVES**

**Palabras Claves:** Diésel, Ecuador, Calidad, Combustibles, Índice de Cetano.

## **ABSTRACT**

Several global and local organizations are trying to counteract the adverse effects generated by the combustion of vehicles in the gases resulting from their work. Institutions such as the Metropolitan Transit Agency, which for some years has been in charge of the technical vehicle inspection of the vehicle fleet circulating in the city of Quito and of generating the current regulations of the maximum values allowed for the circulation of vehicles in the capital.

The Ecuadorian state, as supplier of Premium Diesel distributed in the Metropolitan District of Quito, has implemented improvements in the quality of such fuel to significantly mitigate the pollution produced by diesel vehicles within the city, but has the quality of Premium Diesel distributed within the urban perimeter really improved. Is the tolerance level applied by the Metropolitan Transit Agency in its analysis during the Vehicle Technical Inspection for diesel vehicles distributed in the country adequate.

To obtain the answer to these questions, we proceeded to take four samples of the fuel in question from different distributors within the city in order to compare with previous analyses of other fuels, even from the European Union, to demonstrate the level of quality of the local fuel.

The results speak for themselves, we are faced with a lack of standardization of norms that are not related to each other in our city.

## **KEY WORDS**

Diesel, Ecuador, Quality, Fuels, Cetane Index

# CAPÍTULO I

## 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La confianza es la base que caracteriza al ser humano, somos una sociedad curiosa, competitiva, pero a la vez dependiente y como tal es indispensable dar algo de si para los demás. Se prevé realizar este estudio con la finalidad de demostrar la afectación o no que proviene del uso del diésel como combustible urbano.

### **Normativa Euro 3**

La Norma Europea sobre Emisiones Contaminantes es un conglomerado de exigencias que reglamentan los máximos admisibles para las emisiones de gases de combustión interna de los vehículos nuevos distribuidos en los Estados Miembros de la Unión Europea. Las normas de emisión se definen en una cadena de directivas de la Unión Europea con ajuste progresivo 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 en los que se incluye:

- Automóviles
- Camiones
- Trenes
- Tractores y máquinas similares
- Barcazas, 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 negada su venta en la Unión Europea, pero las normas nuevas no son aplicables a los automotores que ya están en circulación. En estas normas no se obliga el uso de una tecnología específica para limitar las emisiones contaminantes, aunque se consideran las técnicas disponibles a la hora de establecer las normas.

Los vehículos que cuentan con normativa de contaminación Euro 3 utilizan diésel con hasta 350 ppm de azufre.

### **Diésel Premium**

La normativa vigente ecuatoriana por el INEN establece que el Diésel Premium que se provee en la ciudad de Quito, debe contener como máximo 500 ppm de azufre en el diésel.

- Camiones
- Trenes
- Tractores y máquinas similares
- Barcazas, 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 negada su venta en la Unión Europea, pero las normas nuevas no son aplicables a los automotores que ya están en circulación. En estas normas no se obliga el uso de una tecnología específica para limitar las

emisiones contaminantes, aunque se consideran las técnicas disponibles a la hora de establecer las normas.

Los vehículos que cuentan con normativa de contaminación Euro 3 utilizan diésel con hasta 350 ppm de azufre.

La normativa vigente ecuatoriana por el INEN establece que el Diésel Premium que se provee en la ciudad de Quito, debe contener como máximo 500 ppm de azufre en el diésel.

## **2. GENERALIDADES DEL DIESEL**

### **1.2.1 DEFINICIÓN DE DIÉSEL**

El diésel, gasóleo o gasoil es un hidrocarburo líquido de densidad sobre los 832kg/m<sup>3</sup> (0,832g/cm<sup>3</sup>), donde fundamentalmente está compuesto por parafinas y su uso es muy variado, puede emplearse como carburante de calefacción y hasta en motores diésel. Su poder calorífico es equivalente a 35,86MJ/l (43,1MJ/kg) que depende meramente de su composición.

### **1.2.2 Historia del Diésel**

La denominación diésel procede de Rudolf Diésel, ingeniero alemán nacido en 1858 y fallecido en 1913 que quedó en la historia por el desarrollo de un tipo de motor y de un carburante que llevan su apellido. La idea de diésel, por lo tanto, puede aludir a dichos motor y carburante o al vehículo que los emplea.

El carburante o combustible diésel, también conocido como gasóleo o gasoil, es un producto que se obtiene a partir de la destilación y la purificación del petróleo crudo. Este combustible se emplea en los motores diésel, creados por el mencionado

ingeniero alemán en 1893: se trata de motores de combustión interna en los cuales, por la elevada temperatura que registra el aire comprimido en su cilindro, el combustible se auto inflama cuando es inyectado en la cámara. Un vehículo diésel, por su parte, utiliza esta clase de motor y funciona con el mencionado combustible

La principal característica del motor diésel es que la elevada temperatura que deriva de la alta relación de compresión permite que el combustible se auto inflame. La compresión, por lo tanto, aumenta la temperatura de la cámara de combustión: cuando el combustible (el gasoil, gasóleo o diésel) es inyectado y se mezcla con el aire caliente, se produce su autoinflamación. No se necesita, por lo tanto, de una chispa, como sí ocurre en los motores de gasolina. La combustión, a su vez, provoca la expansión del gas de la cámara y desplaza el pistón hacia fuera.

Puede decirse, en definitiva, que el gasoil deriva del petróleo: un fluido oleaginoso, extraído de lechos geológicos marítimos o continentales, que combina diversos compuestos orgánicos.

Para que pueda ser aprovechado, el petróleo se somete a un proceso conocido como destilación fraccionada, a través del cual se separan sus componentes y se consiguen varios productos.

Entre los derivados obtenidos por la destilación del petróleo se encuentran la nafta, el queroseno, el metano y el alquitrán. También, como he mencionado previamente, el diésel. El uso de la palabra diésel para aludir al gasoil está vinculado a Rudolf Diésel, el inventor alemán que creó un motor que también lleva su nombre. Esta asociación surge ya que el motor diésel funciona con gasoil como combustible. El gasoil, de todos modos, también se usa en calderas de calefacción.

Cerca del 75% del gasoil se compone de hidrocarburos saturados, mientras que el resto corresponde a hidrocarburos aromáticos. La densidad del gasoil es superior a la densidad de la gasolina, que a su vez ofrece un mayor poder calorífico y emite una mayor cantidad de dióxido de carbono durante su combustión.

Proyectado inicialmente para funcionar con carbón pulverizado, se diferenció después del ciclo ideado por Rudolf Diésel

- El motor térmico de rendimiento más elevado y menos contaminante puede funcionar a 2 o a 4 tiempos.
- Su única desventaja de importancia: el peso del mismo.

La característica técnica distintiva de esta categoría de motores alternativos de combustión interna, llamados también motores por compresión e inyección y con encendido espontáneo del combustible, está constituida por la elevada compresión de una carga no inflamable (usualmente, aire), tal que su aumento de temperatura al final de la carrera de compresión sea suficiente para encender espontáneamente el combustible inyectado.

Los motores Diésel están en ventaja termodinámica sobre las demás categorías de motores térmicos. Su rendimiento térmico más elevado permite una mejor utilización de los combustibles líquidos y gaseosos, por lo que son preferidos para potencias próximas a 3.000 CV. En el campo de las aplicaciones navales y en el de la generación de energía eléctrica de integración o para servicios punta, se adoptan motores Diésel de 2 tiempos y de simple efecto, girando a un número de vueltas bastante bajo (incluso hasta 120-180 rpm), capaces de desarrollar potencias motrices que alcanzan y superan 45.000 CV y quemando bien, con bajos consumos específicos, incluso aceites combustibles de refinería, llamados naftas.

Respecto a los otros motores térmicos, los Diésel presentan una reducción de consumo del orden de un tercio. Esta propiedad los hace particularmente aptos para su empleo en el campo de los transportes, ya sea en carretera o sobre carril, y en motonáutica. Tiene una mayor fiabilidad y son capaces de suministrar la plena potencia después de cortos períodos de calentamiento; en general requieren menor mantenimiento, pero tienen mayor volumen y peso unitario (6-7 kg/CV) y un coste más elevado. Su funcionamiento es más ruidoso y desprenden mayor cantidad de humos, con olores desagradables en el escape, en condiciones determinadas o por insuficiencia de mantenimiento.

En los motores Diésel pueden quemarse 3 tipos de aceites combustibles, precisamente:

Los aceites crudos (productos brutos petrolíferos)

Los aceites destilados de refinería (gas-oil y fuel- oil);

Las naftas y toda la gama de los combustibles gaseosos (en particular, los gases naturales y los gases de refinería), pero que requieren en general una inyección controlada de gas-oil para conseguir un encendido bueno y simultáneo.

En los Diésel que trabajan a velocidades medias de giro (600-1.200 rpm) y también con más razón en las velocidades para automovilismo, son quemados ventajosamente sólo los destilados de graduación adecuada (o bien los combustibles gaseosos), mientras que a baja velocidad de rotación (motonaves y motores fijos) se queman incluso las naftas.

### 1.2.3 USOS

Inicialmente los motores Diésel fueron adoptados casi exclusivamente en las instalaciones terrestres fijas; después de algunas aplicaciones iniciales esporádicas para la propulsión de pequeños barcos fluviales, hacia 1912 se llegó a la primera aplicación marítima y a las instalaciones en los sumergibles. En 1925 fueron empleados para locomotoras ferroviarias y, después en 1930, en la propulsión de autobuses, camiones y turismos.

La introducción de los sistemas de inyección mecánica permitió eliminar el compresor de aire, que incidía en cerca de un 7 % sobre el rendimiento del motor, simplificando el mecanismo de distribución y regulación del motor, y aumentar la velocidad de rotación, dando lugar a la aparición de motores menos voluminosos, pesados y costosos, más aptos para el campo de la locomoción. La inyección directa del aceite combustible fue introducida, en los años 1910-1911 casi simultáneamente, en Alemania por la Deutz Motorenfabrik y por la Benz und Cie. Y en Reino Unido por James McKennie. A partir de 1930, aquella se fue generalizando gradualmente; en 1923 se inició la construcción de motores de combustión a Diésel relativamente veloces y ligeros. Estos motores no respondían a la concepción de Rudolf Diésel y al ciclo de funcionamiento originario. Las diferencias principales estribaban en el desarrollo de las fases de inyección, encendido y combustión; esta última era mucho más rápida y estaba caracterizada por un veloz crecimiento de la presión. En efecto, en el proceso de la combustión aparecieron más o menos detectables 3 períodos sucesivos: el primero influido por el fenómeno del retardo del encendido (intervalo de tiempo en el cual se formaban focos de encendido y una combustión casi sin llama, caracterizado por un aumento de presión moderado); el segundo, que iniciándose desde los varios focos de encendido atacaba al aceite combustible inyectado en la

cámara de combustión, caracterizado por un rápido aumento de la presión, y el tercero, por combustión más lenta, determinado por un pequeño incremento ulterior de la presión.

#### **1.2.4 EL MOTOR DIÉSEL DE 2 O DE 4 TIEMPOS**

El motor Diésel puede ser de 2 o de 4 tiempos. El motor de 4 tiempos funciona según el ciclo siguiente: aspiración de aire, directamente o por medio de un compresor; compresión de la carga de aire con fuerte relación de compresión (14-22) e inyección del combustible que se auto enciende; combustión y expansión, y escape de los productos de la combustión bajo la acción mecánica de empuje del pistón.

En el funcionamiento de dos tiempos, el ciclo se cumple durante una sola vuelta del cigüeñal y, por lo tanto, en 2 carreras de los pistones en los cilindros. En el transcurso del ciclo se desarrollan las fases siguientes: recambio del ruido actuante (barrido de los cilindros y recarga), compresión de la nueva carga, inyección del aceite combustible, su encendido e inicio de la combustión (primer tiempo del funcionamiento); en la segunda carrera se verifican el acabado de la combustión, la expansión de los productos de la combustión con producción de trabajo y el inicio del escape de los gases generales (escape por caída de presión). El funcionamiento de 2 tiempos permite eliminar 2 carreras, pero implica una alimentación del motor mediante un sistema mecánico (compresor de barrido y recarga). El compresor envía el aire con ligera presión a los cilindros y está generalmente formado por una bomba centrífuga o rotativa de alabes (en el pasado, también alternativa de émbolos); en los motores pequeños puede estar alojada en el cárter, pero en tal caso existe el peligro de un recambio incompleto de aire.

Por efecto de la presencia de las lumbreras de distribución, la relación de compresión efectiva resulta inferior a la geométrica: la parte de carrera desde el punto muerto inferior a la altura de las lumbreras de distribución no contribuye a la compresión. Debe indicarse que, también en el caso de un motor de 4 tiempos, la relación de compresión efectiva difiere ligeramente de la geométrica. No se consigue que la potencia desarrollable por un motor Diésel a 2 tiempos con alimentación mecánica usual, alcance nunca el doble de la potencia desarrollada con un motor equivalente de 4 tiempos con alimentación por aspiración.

### **1.2.5 LOS MOTORES DIÉSEL SOBREALIMENTADOS**

La sobrealimentación, obtenida a raíz de la utilización de un compresor de aire, permite alcanzar considerables incrementos de la potencia específica (CV/1), ya sea en el caso de funcionamiento de 4 tiempos o bien en el caso de 2 tiempos; por tal motivo se ha difundido rápidamente en casi todas las aplicaciones marítimas y terrestres, con una incidencia menor en el campo de los automóviles.

En los motores sobrealimentados, la introducción del aire y el escape de los gases quemados tiene lugar a niveles de presión considerablemente más altos que la presión atmosférica (los niveles son tanto más elevados cuanto mayor es el grado de sobrealimentación adoptado); para comprimir el aire hasta las elevadas presiones requeridas por el funcionamiento, se debe consumir una energía mecánica en proporción considerablemente mayor que la necesaria para un compresor de alimentación mecánica de un motor de funcionamiento a 2 tiempos no sobrealimentado. Si los gases de escape están a niveles de presión suficientemente altos, una solución ventajosa, muy usada, consiste en aplicar a los motores Diésel un grupo auxiliar formado por una turbina de gases de escape, que acciona un compresor



centrífugo. Si bien los gases de escape tienen en general un contenido energético del orden de 2-3 veces el teóricamente requerido para la compresión del aire, como ello corresponde casi a la disponibilidad total, la energía debe racionarse.

El aumento del grado de sobrealimentación de un motor Diésel implica incrementos, ya de la presión media, en beneficio del ahorro de la potencia motriz desarrollable, ya de la presión máxima del ciclo de funcionamiento, que comporta un aumento de las sollicitaciones mecánicas y requiere por ello mayor consistencia para los órganos del motor. En los motores Diésel de media velocidad la relación es del orden de 10; en los más rápidos, incluso mayor que 10. La habilidad de los proyectistas se manifiesta en la investigación para limitar los valores de las presiones máximas del ciclo de funcionamiento y, por consiguiente, para reducir los valores de la relación, ya sea en motores con alimentación ordinaria, ya, incluso más, en los sobrealimentados.

La inyección de una masa de fluido (el diésel) proporcionalmente pequeña respecto a la del aire comprimido y a velocidad elevada induce un inicio muy veloz del proceso de combustión y con un proceso casi a volumen constante. Se ha demostrado que el valor de la relación es un factor determinante del valor de la relación peso/potencia del motor, puesto que la potencia es función directa de la  $P_{me}$  y el peso, o sea, una mayor o menor robustez para los órganos operativos del motor.

Esta relación es desfavorable para los motores Diésel respecto a los motores de gasolina que funcionan según el ciclo Otto; es el precio que se debe pagar a costa de los más elevados valores de las relaciones de compresión y de expansión en los motores Diésel, pero que determinan un elevado rendimiento térmico. El progresivo crecimiento de estas relaciones en los motores de gasolina, si bien en medida mucho menor que para los motores Diésel muy rápidos para los automóviles, y los continuos

progresos metalúrgicos y tecnológicos-mecánicos en el campo de los materiales empleados para la construcción de los Diésel rápidos, tienden a acercar cada vez más ambos tipos de motores.

### **1.2.6 LAS CÁMARAS DE COMBUSTIÓN**

Se han realizado amplias e intensas investigaciones experimentales de una manera sistemática, conducentes a determinar cuál es el procedimiento de inyección más adecuado y cuáles son las formas y los perfiles más ventajosos que hay que dar a las cámaras de combustión de los motores Diésel para conseguir procesos de combustión completos, que impidan el conocido fenómeno del Diesel-knock y los ruidos excesivos, defectos que se pusieron de manifiesto en el período inicial del desarrollo de los motores Diésel muy rápidos.

El problema reside, de modo principal, en conseguir que cada minúscula partícula del aceite combustible o diésel sea puesta rápidamente en contacto con el oxígeno, o sea con el aire necesario para quemar por completo en el breve período de tiempo del proceso de combustión, pero evitando dar lugar a un funcionamiento áspero del motor y a una combustión proporcionalmente demasiado elevada. Existen, en definitiva, 2 alternativas principales válidas. Imprimir al aceite combustible, con dependencia de una inyección a presión muy elevada, una velocidad tal que sus gotas puedan alcanzar todas las zonas, incluso las más alejadas, de la cámara de combustión; generar en el aire comprimido una turbulencia rotacional tal, que sea capaz de envolver todas las partículas del aceite combustible que entran en la cámara de combustión.

Con el primer procedimiento de inyección, cualquier movimiento rotacional del aire es sólo complementario, si bien resulta ventajoso (apantallamiento parcial del platillo de la válvula de introducción del aire en la cámara de combustión, ideado por Hesselman

en 1930); el segundo procedimiento puede ser resuelto con diversas soluciones consistentes en la adopción de cámaras de turbulencia, o bien de pre cámaras de encendido, con las cuales se genera un torbellino de aire preparado, o bien una turbulencia general en la masa de aire comprimido durante la inyección del aceite combustible.

Los estudios y las pruebas experimentales de Harry Ricardo pusieron de relieve que el violento aumento de presión, que se verifica en torno al PMS, está compuesto de 3 partes: demora del encendido, encendido en la primera fase de la combustión, que sucede en un tiempo muy breve y determina un rápido aumento de presión (transformación casi a volumen constante), y combustión más lenta, al final de la cual se registra la máxima presión del ciclo. Es preciso recalcar que las 3 fases indicadas no son siempre diferenciables y sólo sobre la última es posible ejercer alguna acción moderadora, mediante un riguroso control de la operación de inyección del diésel, más fácilmente realizable en caso de inyección neumática.

Los factores que influyen mayormente en el fenómeno del retardo en el encendido del aceite combustible son los siguientes: características motorísticas del diésel y de los aceites Diésel; presiones y temperaturas finales de compresión; características técnicas del conjunto de inyección (bomba e inyector), forma, perfil, y dimensiones de la cámara de combustión.

En bases a las investigaciones de H. Ricardo ha resultado que el tiempo infinitesimal en el cual tienen lugar el encendido y la primera fase de la combustión, tiende a durar invariable a los distintos regímenes de giro y cargas de motor; por esto corresponde un mayor ángulo para el recorrido de cigüeñal a las elevadas velocidades de rotación del motor, requiriendo un mayor avance en la inyección. La segunda fase cubre, a la

vez, un ángulo de manivela de valor bastante constante a los distintos regímenes de rotación del motor.

Las cámaras de combustión más difundidas de los motores Diésel por inyección mecánica directa tienen, en general, una cavidad de forma semiesférica o toroidal, excavada en el pistón, caracterizada por un valor relativamente bajo para la relación superficie/volumen, que permite mantener las pérdidas de calor en un valor mínimo. El aceite Diésel es introducido mediante un inyector, llamado cegado, puesto que está provisto de un obturador de aguja, que tiene 2 o más agujeros (un promedio de diámetro de 0,2 mm para motores de automóviles), y a presiones del orden de 300 kg/cm<sup>2</sup>, y por consiguiente a velocidad muy elevada, tal que asegura una suficiente penetración de las gotas de diésel en la masa de aire comprimido. La mezcla es acelerada por la presencia de una turbulencia residual, generada en el momento de la introducción del aire en el cilindro por un adecuado apantallamiento parcial, aplicado al platillo de la válvula de introducción. Las ventajas de este sistema de inyección son esencialmente las siguientes: posibilidad de adoptar relaciones de compresión de valores relativamente bajos (13- 15); supresión de la bujía auxiliar de encendido para los arranques en frío; obtención de presiones medias efectivas relativamente elevadas y, por tanto, altas potencias y buen rendimiento termodinámico. Pero, al mismo tiempo, son mucho más elevados los valores de la relación, subsistiendo la tendencia a funcionamientos más duros de los motores.

Un tipo particular de cámara de combustión es la que tiene pre cámara, introducida por la Benz Motorenfabrik; el volumen de la pre cámara constituye cerca del 40 % del espacio interno, destinado al desarrollo del proceso de combustión. El combustible Diésel se enciende y se quema parcialmente, generando movimientos de turbulencia, que empujan la carga hacia el cilindro; en el intervalo entre la antecámara y el cilindro

la turbulencia se acrecienta, favoreciendo la mezcla completa de aceite y aire. Esta disposición está caracterizada por un notable efecto refrigerante durante este paso, debido a la elevada velocidad media del flujo, y de las pérdidas inherentes de temperatura, así como un menor rendimiento térmico. Se precisa, además la ayuda de una bujía auxiliar de encendido. Este procedimiento de inyección tiene 2 ventajas:

- Limitación para la marcha menos dura del motor, y
- Escape de los gases de la combustión más limpio.

Sin embargo, esto no compensa el menor rendimiento térmico y la menor potencia específica.

Entre los tipos más difundidos de cámara de combustión por turbulencia controlada para la carga de aire, reviste especial relieve la proyectada por Harry Ricardo, el cual entrevió lo importante de impartir al aire un movimiento en dirección tangencial, por tanto, turbulento en torno al eje principal del cilindro, y capaz de persistir como torbellino libre durante toda la carrera de compresión del pistón y de adquirir mayor velocidad en una cámara de menores dimensiones que las del cilindro. Efectuando la inyección del diésel perpendicularmente a la dirección del vortex, se conseguía una distribución rápida y completa de las partículas del aceite en la masa de aire comprimido, y este hecho permitía el empleo de una menor presión de inyección (del orden de 180-150 kg/cm<sup>2</sup>) y garantizaba un consumo específico favorable. Los sucesivos desarrollos de la cámara de turbulencia, según la concepción de Harry Ricardo, han conducido al tipo aún difundido, llamado Ricardo Comet, que actualmente se incluye con preferencia como cavidad en el pistón. Desde la forma originaria semiesférica se ha pasado, en el curso de su desarrollo, a la denominada Whirlpool, caracterizada por un aplanamiento en sentido vertical y por 2 conductos

dispuestos de forma que generan un torbellino en torno del eje vertical. Una característica de las patentes Ricardo protegía la bujía de encendido, semiaislada térmicamente y formando la ración inferior de la cámara, alojándose en la culata. El arranque se ha ido simplificando, con la solución patentada por Ricardo-Pintaux, que emplea un segundo inyector más pequeño y distintamente colocado en lugar de la bujía de encendido.

Un sistema de doble turbulencia es el de Saurer, que en las realizaciones modernas emplea 2 válvulas de introducción con platillos parcialmente apantallados y 2 válvulas para el escape de los gases quemados; los 2 movimientos de turbulencia están superpuestos. El inyector está provisto de 4 agujeros, relativamente de gran diámetro y en dirección radial, la presión de inyección del aceite puede ser más moderada y, si la relación volumétrica de compresión es igual o superior a 15, no es necesaria la bujía auxiliar de encendido. Dado el intenso grado de turbulencia que se consigue, el período de retardo en el encendido es mucho más breve.

Una innovación reciente, derivada de las iniciativas de perfeccionamiento de los procesos de combustión para los motores policarburantes, a exigencias de la motorización miliar, está constituida por el desarrollo de motores de carga estratificada, para cuya realización intentó prevenir, pero en vano, con una genial intuición precursora, Nikolaus August Otto en los últimos decenios del siglo pasado. La estratificación, o sea la formación de la carga por varias capas de distinta dosificación, debe resultar compatible con el desarrollo de una turbulencia suficiente, y esta última debe ser tanto más intensa cuanto más rápido sea el motor. En efecto, la turbulencia tiende a contrarrestar la estratificación y a neutralizarla; este hecho constituye la mayor dificultad sobre el plano fluido dinámico. Los motores de carga estratificada, caracterizados por relaciones carrera/diámetro inferior a la unidad, tienen

mejor rendimiento térmico y menores emisiones contaminantes y, en definitiva, deberían acumular las características técnicas más ventajosas de los 2 tipos de funcionamiento; el de Diésel y el de Otto. Las experiencias actuales, iniciadas en los Estados Unidos y después extendidas a varias naciones, aparecen prometedoras y capaces de aportar un buen tributo para una eficaz limitación de la contaminación automovilística.

El dispositivo para la inyección del aceite Diésel se compone de una bomba de inyección, la cual en los motores Diésel para automóviles lleva tantos elementos bombeantes como cilindros el motor, otras tantas tuberías de cierre, todas de una misma longitud y los inyectores son sus respectivos soportes. En las aplicaciones automovilísticas, a la bomba de inyección se acopla usualmente una bomba de alimentación.

### **1.2.7 LOS MOTORES DIÉSEL RÁPIDOS PARA AUTOMÓVILES**

Los progresos obtenidos por lo que concierne al aumento de la velocidad de rotación y el acercamiento del ciclo de funcionamiento al teórico con combustión a volumen constante y de la constitución y estructura del motor, en la medida de lo posible, a la de los motores de gasolina, han permitido reducir progresivamente el tamaño y el peso unitario (por unidad de potencia motriz desarrollable), si bien conservando las características térmicas más favorables, que son las siguientes:

Relación volumétrica de compresión muy elevada, hasta 22 valores superiores; mayor vórtice en la cámara de combustión; mejor compatibilidad para un funcionamiento por carga estratificada; encendido espontáneo del diésel (excepto en la fase de arranque del motor frío, que viene facilitado mediante una bujía auxiliar); consumo específico

de combustible más bajo y cuyo precio es del orden de la mitad del de la gasolina; menores emisiones contaminantes en el escape.

El actual motor Diésel para automóviles es muy rápido (4.800-5.000 rpm) y se caracteriza por la adopción de relaciones carrera/diámetros inferiores a la unidad y tendentes al valor de 0,9; cámaras de combustión con antecámara de elevada turbulencia; relaciones de compresión elevadas, que llegan incluso hasta 22,2 (valor referido al Peugeot 204 Diésel, uno de los motores Diésel más rápidos que existen), y presiones de inyección del aceite Diésel del orden de 120- 160 kg/cm<sup>2</sup>.

El combustible Diésel es encendido en la pre cámara, donde inicia el proceso de combustión, que se desarrolla en presencia de un notable exceso de aire en la cámara del cilindro; las sustancias combustibles son casi enteramente quemadas y los gases de escape resultan casi exentos de monóxido de carbono y de hidrocarburos parcialmente quemados.

Los motores Diésel para los automóviles modernos tienen, en general, un tamaño más o menos similar al de sus equivalentes motores de gasolina, sin necesidad de carburadores, bobina ni distribuidor. Su relación peso/potencia es superior, debido al mayor grosor de las paredes y de los ejes, como consecuencia de las características tecnológico-mecánicas de los materiales empleados, capaces de soportar las mayores solicitaciones, debidas a sus más elevadas presiones máximas de funcionamiento. En particular, el cigüeñal requiere un tratamiento especial anti gripado, análogo a los usados para los motores de gasolina de los automóviles de elevadas prestaciones y de competición. Por otra parte, las mayores pretensiones en el circuito de refrigeración, especialmente en la culata, son función de las mayores temperaturas de funcionamiento y de las mayores cargas térmicas y dinámicas.



En definitiva, los componentes esencialmente a favor de la solución Diésel son: un mayor rendimiento térmico (40,5 % en lugar de un 33 % en los motores de gasolina) y menor consumo específico de carburante, y la menor contaminación en el escape, debida a la combustión más completa de las sustancias combustibles y también a la menor cantidad de combustible requerido, a igualdad de prestaciones del automóvil.

Los factores desfavorables son el mayor peso del conjunto motor a igualdad de potencia desarrollable; mayor costo del motor; ruido de funcionamiento ligeramente elevado, y mantenimiento más complejo, sobre todo por el conjunto de inyección.

Es similarmente ventajoso en general, ya sea en el plano económico ya en el tecnológico, la adopción de la solución Diésel para los taxis (hoy en día muy difundida y con resultados muy favorables), para los vehículos destinados a los servicios públicos, y a los transportes urbanos de mercaderías y para todos aquellos vehículos que recorren muchos miles de kilómetros al año, para los que el mayor gasto inicial para la adquisición del automóvil y el de un buen mantenimiento pueden ser fácilmente amortizados en el transcurso de unos cuantos años.

## **CAPÍTULO II**

### **2.1 NORMATIVAS DE CONTAMINACIÓN**

La Norma Europea Sobre Emisiones Contaminantes es un 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, camiones, trenes, tractores y máquinas similares, barcas, 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.

El objetivo fijado en el Protocolo de Kyoto es reducir las emisiones de una serie de gases de efecto invernadero en un 8 % durante el período 2008-2012 en relación con los niveles de 1990. Las emisiones de dióxido de carbono procedentes del transporte han aumentado rápidamente en los últimos años, del 21% del total de emisiones en 1990 al 28% en el 2004.

Sin embargo, en la actualidad no existen normas sobre el límite de emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la combustión en los vehículos. Se considera que las emisiones de CO<sub>2</sub> originadas por el transporte en la Unión Europea actualmente constituyen el 3,5% de emisiones globales de CO<sub>2</sub>. Entre 1992 y 2007 los gases nocivos con que los aviones contaminan Europa aumentaron en un 89%. El transporte aéreo es uno de los máximos responsables de la escalada de emisiones contaminantes que aceleran el cambio climático. Las medidas que se adopten para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, tendrán que incluir la reducción de las emisiones del transporte. Los turismos representan aproximadamente la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el transporte en la Unión Europea y el transporte aéreo que representa el 12% de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del transporte.

Uno de los objetivos de la Directiva 1999/94/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 1999, relativa a la disponibilidad de la información a los consumidores sobre el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> respecto de la comercialización de los turismos nuevos<sup>3</sup> es garantizar que la información pertinente y comparable sobre el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> de los turismos nuevos ofrecidos en venta o alquiler en la Unión Europea se pone a disposición de los consumidores a fin de que los consumidores puedan elegir con conocimiento de causa, impulsando de ese modo a los fabricantes a hacer lo necesario para reducir el consumo de los automóviles. El hecho de que se coloquen etiquetas en los coches de segunda mano en el punto de venta podría influir en los compradores de turismos nuevos, inclinándolos hacia vehículos de bajo consumo, ya que esta característica se tendría en cuenta para la reventa del vehículo.

En Reino Unido, el planteamiento inicial se consideró ineficaz. La forma en que se presentó la información era demasiado complicada de entender para los consumidores. Como resultado, los fabricantes de automóviles en el Reino Unido acordaron voluntariamente poner una etiqueta de color "más sencilla para el consumidor" que muestra las emisiones de CO<sub>2</sub> en todos los vehículos nuevos a partir de septiembre de 2005, con una letra desde la A (menos de 100 g de CO<sub>2</sub> por km) a la F (más de 186 g/km). El objetivo de la nueva "etiqueta verde" es dar a los consumidores una información clara sobre el rendimiento medioambiental de los diferentes vehículos.

Otros países miembros de la Unión Europea están también en proceso de introducir este tipo de etiquetas.

## **2.2 OBLIGACIÓN INEXISTENTE SOBRE LAS EMISIONES DE LOS VEHÍCULOS (HASTA 2008)**

Los límites de emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por los vehículos estaban sujetos a un acuerdo voluntario (en esto difieren de los límites obligatorios en la legislación CAFE de Estados Unidos) entre la UE y los fabricantes de automóviles (véase acuerdo ACEA). En última instancia, el objetivo de la Unión Europea con los acuerdos voluntarios era contribuir a llegar a un promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> (que se miden de acuerdo a la Directiva de la Comisión 93/116/CE) de 120 g/km para todos los nuevos vehículos de turismo para el año 2012.

Sin embargo, como resultó cada vez más claro que el acuerdo inicial no se cumplirá (habiendo logrado sólo 160 g/km en 2005, desde los 186 g/km en 1995), los legisladores han modificado la reglamentación.

A finales de 2005, el Parlamento Europeo aprobó una resolución en apoyo a las obligatorias normas de emisión de CO<sub>2</sub> para sustituir a los actuales compromisos voluntarios de los fabricantes y al etiquetado.

A finales de 2006, en respuesta a un nuevo informe desarrollado por la Federación Europea de Transporte y Medio Ambiente documentando falta de progreso en las metas de carácter voluntario, la Comisión Europea anunció que estaba trabajando en una propuesta para limitar las emisiones de CO<sub>2</sub> de los automóviles.

El 7 de febrero de 2007, la Comisión Europea publicó su propuesta de proyecto legislativo (COM 2007 0019) para limitar la media de emisiones de CO<sub>2</sub> de la flota de vehículos europeos a los 120 g/km. Sin embargo, esto no quiere decir que todos los fabricantes tendrían una media de 120 g/km para sus vehículos. Algunos grandes fabricantes de automóviles pequeños, tales como Fiat, Renault, Peugeot y Citroën ya están muy cerca del objetivo, mientras que los fabricantes de pequeño volumen de ventas en automóviles pequeños producen automóviles con más emisiones por km, como BMW, Mercedes, Audi, Saab y Porsche, situándose más lejos de alcanzar ese objetivo. Lejos de ser sorprendente los fabricantes franceses quieren un objetivo global, mientras que los fabricantes alemanes manifiestan que un objetivo general destruiría sus industrias.

La Federación Europea de Transporte y Medio Ambiente insiste en la necesidad de un objetivo a más largo plazo que disminuya a la mitad el consumo de combustible de los automóviles nuevos durante la década de 2010, alcanzando los 80 g de CO<sub>2</sub>/km hacia el 2020. La media de emisiones de los vehículos nuevos producidos en la Unión Europea se redujo hasta los 160 g CO<sub>2</sub>/km (reduciendo sólo el 0.2% en 2006) y todavía podría cumplirse el objetivo voluntario de 140 g CO<sub>2</sub>/km para el 2008.

La Asociación de Fabricantes Europeos de Automóviles (ACEA, por sus siglas en inglés) solicitó ampliar el plazo al menos hasta 2015 y un enfoque diferente que permita a los constructores reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> con una viabilidad económica. De igual manera, ACEA solicitó a los gobiernos de la Unión Europea el desarrollo de políticas que incentiven la demanda de vehículos con reducidas emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **2.3 LEGISLACIÓN SOBRE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> ACTUAL**

Al ver que los fabricantes no reducen voluntariamente las emisiones, la comisión europea decidió en 2009 obligar a una reducción de emisiones progresiva que persigue alcanzar los 95 g/km de media por coche fabricado por cada fabricante. Este valor se acerca a las emisiones medias de algunos fabricantes de vehículos de gama media-baja. Algunos pasos de la regulación 443/2009 son:

El porcentaje de vehículos de cada fabricante que deberán estar por debajo de la media irá creciendo progresivamente: 65% en 2012, 75% en 2013, 80% en 2014 y 100% a partir de 2015.

Si la media de emisiones de la flota fabricada por una empresa aumenta respecto a 2012 deberá pagar una penalización. Hasta 2018 será de 5, 15, 25 por los primeros gramos excedidos y de 95 € a partir del cuarto. Desde 2019, todos se penalizarán con 95 €. En 2020, el objetivo es que las emisiones sean de 95 g/km. A partir de 2013 se comenzará a debatir las medidas necesarias para ello.

## **2.4 EMISIONES DIFERENTES AL CO<sub>2</sub>: ETAPAS Y MARCO JURÍDICO**

Las etapas son normalmente denominadas Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4 y Euro 5 para vehículos ligeros. Las series correspondientes de las normas para vehículos pesados utilizan números romanos en vez de números arábigos (Euro I, Euro II, etc.)

El marco jurídico consiste en una serie de directivas, cada una es una modificación de la Directiva 70/220/CEE.<sup>14</sup> Se presenta aquí una lista resumida de las normas, cuándo entran en vigor, qué se aplicará en cada una de ellas, y qué directivas de la UE proporcionan una definición de cada norma.

Euro 1 (1993):

Para turismos - 91/441/CEE.

También para turismos y para camiones ligeros - 93/59/CEE. Euro 2 (1996) para turismos - 94/12/CE (& 96/69/CE)

Euro 3 (2000) para cualquier vehículo - 98/69/CE

Euro 4 (2005) para cualquier vehículo - 98/69/CE (& 2002/80/CE)

Euro 5 (2008/9) para cualquier vehículo - (COM(2005) 683 - propuesto)

Estos límites sustituyen a la directiva original 70/220/CEE sobre límites de emisión.

Las clasificaciones de los tipos de vehículos están definidas por:

Directiva 2001/116/CE de la Comisión, de 20 de diciembre de 2001, por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 70/156/CEE del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la homologación de vehículos de motor y de sus remolques

Directiva 2002/24/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de marzo de 2002, relativa a la homologación de los vehículos de motor de dos o tres ruedas y por la que se deroga la Directiva 92/61/CEE del Consejo.

En el área de los combustibles, la directiva sobre biocombustibles de 2001<sup>21</sup> exige que el 5,75% de todos los transportes que usan combustibles fósiles deben sustituir su uso por biocombustibles antes del 31 de diciembre de 2010, con un objetivo intermedio del 2% a finales de 2005.

Sigmar Gabriel, ex ministro alemán de medio ambiente, rechazó en su momento pedir prorrogar el plazo para aplicar la reducción de CO<sub>2</sub>.

## **2.5 NORMATIVA SOBRE EMISIONES PARA TURISMOS**

La emisión de gases nocivos es mucho menor que hace un decenio, gracias a las normas sobre emisiones. Las normas sobre emisiones para turismos y vehículos industriales ligeros se resumen en las siguientes tablas. Desde la etapa Euro 2, los reglamentos de la UE introducen diferentes límites de emisiones para los vehículos diésel y gasolina. Los diésel tienen normas más estrictas de CO pero se les permite más emisiones de NO<sub>x</sub>. Los vehículos de gasolina están exentos de las normas de PM hasta la etapa Euro 4 (la etapa Euro 5 propuesta introduce normas para PM algunos automóviles de gasolina).

Todas las fechas que figuran en las tablas se refieren a nuevas homologaciones. Las directivas de la CE también especifican una segunda fecha, un año después de que se aplique el primer registro (puesta en servicio) de los existentes modelos de vehículos previamente homologados.



## 2.6 NORMAS EUROPEAS SOBRE EMISIONES PARA TURISMOS (CATEGORÍA M1\*), EN G/KM

En la tabla 1 se muestra los límites de contaminación permitidos por cada normativa vigente de acuerdo al año de publicación.

Tabla 1

### *Tolerancias de la Normativa Europea*

| Norma         | Entrada<br>en vigor | Co<br>(g/km) | Hct<br>(g/km) | Nmhc | Hct+nox<br>(g/km) | Nox<br>(g/km) | Pm (g/km)      |
|---------------|---------------------|--------------|---------------|------|-------------------|---------------|----------------|
| EURO 1<br>**  | 1/7/1992            | 3,16         | ----          | ---- | 0,97 (1,13)       | ----          | 0,14<br>(0,18) |
| EURO 2<br>IDI | 1/1/1996            | 1,13         | ----          | ---- | 0,7               | ----          | 0,08           |
| EURO 1<br>ID  | 1/1/1996            | 0,64         | ----          | ---- | 0,9               | ----          | 0,1            |
| EURO 3        | 1/1/2000            | 0,5          | ----          | ---- | 0,56              | 0,5           | 0,05           |
| EURO 4        | 1/1/2005            | 0,5          | ----          | ---- | 0,3               | 0,25          | 0,025          |
| EURO 5        | 1/9/2009            | 0,5          | ----          | ---- | 0,23              | 0,18          | 0,005          |
| EURO 6        | 1/9/2014            | 0,5          | ----          | ---- | 0,17              | 0,08          | 0,005          |

Desde la Euro 1 hasta la 4 los vehículos de pasajeros de más de 2.500 Kg pertenecían a la categoría N1.

\*\* Los valores entre paréntesis son límites de la conformidad de producción. a. Valores aplicables hasta el 30/09/1999. Posterior a esa fecha los motores de inyección directa deben cumplir los límites de los de inyección indirecta.

b. Solo aplicable a vehículos con motores de inyección directa. c. 0,0045 g/km usando el procedimiento PMP, programa sobre medición de partículas.

CO: masa de monóxido de carbono; HCT: masa total de hidrocarburos; NOx: masa de óxidos de nitrógeno; PM: masa de partículas, NMHC: masa de hidrocarburos no metanos. IDI: inyección indirecta, DI: inyección directa.

(Sánchez Hernández, 2014)

## 2.7 NORMATIVA DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Los vehículos de turismo, como el de transporte de la urbe en las ciudades requieren de varios factores como la calidad del combustible que inciden directamente en la calidad del aire que las personas respiran, un aire limpio a la medida que sea posible constituyen una condición necesaria para la calidad de vida y salud de las personas siendo un derecho constitucional reconocido en el Ecuador cuya garantía es obligación del Estado (Keifer & Effenberger, 1967).

En la ordenanza municipal del Distrito Metropolitano de Quito menciona que “La Agenda Metropolitana de Tránsito y la Secretaría de Ambiente realizan controles de revisión técnica vehicular en vía pública, estos controles tienen entre sus principales objetivos el de mitigar la contaminación ambiental producida por emisiones atmosféricas de fuentes móviles. Producto de estos controles la mayoría de citaciones ocurren porque los vehículos, en especial de transporte público y escolar, sobrepasan los límites de opacidad permitidos por la normativa.” (Keifer & Effenberger, 1967).

La misma normativa expuesta permite limitar la cantidad de gases contaminantes que los vehículos de turismo emiten al medio ambiente, límites que se los expresa en la tabla 2.

Tabla 2

*Límites contaminantes permitidos en vehículos diésel*

| Vehículo año modelo | Porcentaje máximo de opacidad |
|---------------------|-------------------------------|
| 2019 en adelante    | 30%                           |
| 2000 al 2018        | 50%                           |

1999 y anteriores 60%

---

“Si la norma técnica nacional vigente es más estricta que la prevista en esta Ordenanza se aplicará lo ahí establecido”.

La normativa del DMQ toma en relación los gases contaminantes que emiten los vehículos diésel de acuerdo al año de fabricación sin embargo uno de las interrogantes es la calidad del diésel que se distribuye, para esto se muestra la norma expuesta por Instituto Ecuatoriano de Normalización publica la norma técnica ecuatoriana en su sexta edición NTE INEN 1489:2012 la cual aplica a los productos derivados del petróleo diésel y sus requisitos; esta norma clasifica al diésel en tres tipos:

Diésel No. 1. Combustible utilizado en aparatos de combustión externa industriales o domésticos.

Diésel No. 2. Combustible que se utiliza en los siguientes sectores: industrial, pesquero, eléctrico, naviero, etc, excepto para uso automotriz.

Diésel Premium. Es el combustible utilizado en motores de autoignición para la propulsión de vehículos del sector automotriz a nivel nacional. (INEN, 2013).

La calidad del diésel está determinada por varias de sus propiedades físicas como son el punto de inflamación porcentaje de contenido de azufre entre otros la tabla 3 muestra las propiedades que debe contener el diésel según la norma NTE INEN 1489:2012.

Tabla 3

*Propiedades del diésel premium*

| Requisitos                                                                  | Unidad             | Mínimo | Máximo | Método de ensayo                 |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------|--------|----------------------------------|
| Punto de inflamación                                                        | °C                 | 51     | -      | NTE INEN 1493<br>Procedimiento A |
| Contenido de agua y sedimento                                               | %                  | -      | 0,05   | NTE INEN 1494                    |
| W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de la destilación | %                  | -      | 0,15   | NTE INEN 1491                    |
| W contenido de cenizas                                                      | %                  | -      | 0,01   | NTE INEN 1492                    |
| Temperatura de destilación del 90%                                          | °C                 | -      | 360    | NTE INEN 926                     |
| Viscosidad cinemática a 40°C                                                | mm <sup>2</sup> /s | 2      | 5      | NTE INEN 810                     |
| W contenido de azufre                                                       | %                  | -      | 0,05   | ASTM 4294/NTE INEN 1490          |
| Corrosión a la lámina de cobre                                              | Clasificación      | -      | No.3   | NTE INEN 927                     |
| Índice de cetano calculado                                                  | -                  | 45     | -      | NTE INEN 1495                    |
| Contenido de biodiésel, Biodiésel                                           | %                  | Nota   | 5      | EN 14078                         |

**2.8 PRUEBAS PARA CALIDAD DEL DIÉSEL.**

Existen muchas normas que permiten medir si las características la calidad del diésel el presente estudio toma como referencia la norma ASTM INTERNACIONAL ASTM D4294 - 16e1 siendo un Método de prueba estándar para determinación de azufre en petróleo y productos derivados del petróleo mediante espectrofluorimetría de rayos X por dispersión de energía que es una prueba permite medir de forma rápida y precisa

el contenido total de azufre en petróleo y en productos derivados del petróleo, con una preparación mínima de la muestra.

La calidad de muchos productos derivados del petróleo está relacionada con la cantidad de azufre presente. Conocer cuál es la concentración de azufre es necesario para fines de procesamiento. Existen, además, normativas promulgadas por organismos locales, estatales y federales que restringen la cantidad de azufre presente en algunos combustibles. (ASTM D4294-16e1 Método de Prueba Estándar Para Determinación de Azufre En Petróleo y Productos Derivados Del Petróleo Mediante Espectrofluorimetría de Rayos X Por Dispersión de Energía, n.d.)

Este método de prueba abarca la determinación del contenido total de azufre en petróleo y productos derivados del petróleo que sean de fase única y ya sea líquidos en condiciones ambiente, licuefactibles con calor moderado o solubles en solventes hidrocarburos. Algunos de estos materiales pueden ser el combustible diésel, el combustible para aviones jet, el keroseno, otro aceite destilado, la nafta, el petróleo residual, el aceite base lubricante, el aceite hidráulico, el crudo, la gasolina sin plomo, las mezclas de gasolina y etanol, el biodiésel y productos derivados del petróleo similares.

En el Ecuador existen muchas empresas que se dedican al estudio de la calidad aceites y productos derivados del petróleo que usan la norma anteriormente descrita entre ellas se Puede mencionar a INTERTEK que es una compañía de aseguramiento de inspección prueba de productos y certificación; otra empresa que presta sus servicios de testeo y verificación de la calidad de los productos derivados del petróleo es SGS las mismas que se realiza una ponderación con un análisis de alternativas para determinar la opción más idónea desde un ámbito técnico y económico se lo

muestra en las tablas 4 y 5. Las cuales tienen una ponderación de excelente 10 puntos bueno 8 puntos regular 6 puntos y malo 4 puntos.

Tabla 4

*Ponderación de la empresa Intertek*

| Elemento de ponderación                                       | Excelente | Bueno | Regular | Malo | Total |
|---------------------------------------------------------------|-----------|-------|---------|------|-------|
| Ofrece resultados avaladores por la norma ASTM                | X         |       |         |      | 10    |
| Cercanía para la entrega de resultados                        | X         |       |         |      | 10    |
| Entrega un manual del procedimiento de toma de muestras       |           | X     |         |      | 8     |
| Muestra una tabla comparativa de resultados con otras pruebas |           |       | X       |      | 7     |
| Recoge las muestras la misma compañía                         |           |       |         | X    | 4     |
| El costo está acorde o al alcance del público en general      | X         |       |         |      | 10    |
| Entrega asesoría con relación a los resultados                | X         |       |         |      | 10    |
| Tiempo de Entrega de los Resultados                           | X         |       |         |      | 10    |
| Total                                                         | 50        | 8     | 7       | 4    | 69    |

Tabla 5

*Ponderación de la empresa SGS*

| Elemento de ponderación                                       | Excelente | Bueno | Regular | Malo | Total |
|---------------------------------------------------------------|-----------|-------|---------|------|-------|
| Ofrece resultados avaladores por la norma ASTM                | X         |       |         |      | 10    |
| Cercanía para la entrega de resultados                        |           | X     |         |      | 8     |
| Entrega un manual del procedimiento de toma de muestras       |           |       | X       |      | 7     |
| Muestra una tabla comparativa de resultados con otras pruebas |           | X     |         |      | 8     |
| Recoge las muestras la misma compañía                         |           |       |         | X    | 4     |
| El costo está acorde o al alcance del público en general      |           |       | X       |      | 7     |
| Entrega asesoría con relación a los resultados                |           |       | X       |      | 7     |
| Tiempo de Entrega de los Resultados                           |           |       | X       |      | 7     |
| Total                                                         | 10        | 16    | 28      | 4    | 58    |

Las tablas 4 y 5 permiten evaluar la mejor alternativa que proyecta realizar el estudio de la calidad del diésel que se distribuye en la ciudad de Quito arrojando como resultados que la compañía INTERTEK es la mejor opción para ello.

## CAPITULO III

### ANÁLISIS SITUACIONAL

#### **Metodología ASTM D4294 - 16e1**

Método de prueba estándar para determinación de azufre en petróleo y productos derivados del petróleo mediante espectrofluorimetría de rayos X por dispersión de energía.

#### **Significado y sus usos**

Es un método que muestra una forma rápida de medir el contenido total de azufre en el petróleo o aceites livianos como el diésel de forma precisa usando una preparación de muestra controlada permitiendo un análisis rápido de entre 1 a cinco minutos por muestra. (*ASTM D4294-16e1 Método de Prueba Estándar Para Determinación de Azufre En Petróleo y Productos Derivados Del Petróleo Mediante Espectrofluorimetría de Rayos X Por Dispersión de Energía*, n.d.)

La calidad de muchos productos derivados del petróleo está relacionada con la cantidad de azufre presente. Conocer cuál es la concentración de azufre es necesario para fines de procesamiento. Existen, además, normativas promulgadas por organismos locales, estatales y federales que restringen la cantidad de azufre presente en algunos combustibles.

La norma INEN ecuatoriana propone los parámetros máximos y mínimos de los componentes que el diésel que se distribuye en el Ecuador debería contener como lo muestra la tabla 3.



Este método de prueba es un medio para determinar si el contenido de azufre del petróleo o de un producto derivado del petróleo cumple con las especificaciones o los límites normativos.

Cuando este método de prueba se aplica a materiales derivados del petróleo cuyas matrices difieren considerablemente de los materiales de calibración especificados en 9.1, se debe atender a las precauciones y recomendaciones enunciadas en la Sección 5 a la hora de interpretar los resultados

### **Alcance**

Este método de prueba abarca la determinación del contenido total de azufre en petróleo y productos derivados del petróleo que sean de fase única y ya sea líquidos en condiciones ambiente, licuefactibles con calor moderado o solubles en solventes hidrocarburos. Algunos de estos materiales pueden ser el combustible diésel, el keroseno, la nafta, el petróleo residual, el biodiésel, o productos derivados del petróleo similares.

Estudios Inter laboratorio sobre precisión revelaron que el ámbito es de 17 mg/kg a 4,6 % en masa. El límite de cuantificación concertado (PLOQ) de este método de prueba se estima en 16,0 mg/kg, según los cálculos hechos utilizando los procedimientos de la Práctica D6259. Sin embargo, dado que los instrumentos abarcados por este método de prueba pueden tener diferentes sensibilidades, la aplicabilidad del método de prueba a concentraciones de azufre menores a aproximadamente 20 mg/kg se debe determinar de forma individual. Una estimación del límite de detección es tres veces el desvío del estándar de reproducibilidad, y una estimación del límite de cuantificación<sup>2</sup> es diez veces el desvío del estándar de reproducibilidad. (ASTM D4294-16e1 Método de Prueba Estándar Para Determinación

*de Azufre En Petróleo y Productos Derivados Del Petróleo Mediante Espectrofluorimetría de Rayos X Por Dispersión de Energía, n.d.)*

Las muestras que contengan más de 4,6 % de azufre en masa se pueden diluir para hacer que la concentración de azufre del material diluido entre dentro del ámbito de este método de prueba. Las muestras diluidas pueden presentar errores mayores que los indicados en la Sección 16 y que las muestras no diluidas.

Recolección de muestras.

Para la recolección de muestras se estimó conveniente escoger 4 estaciones de servicio para la adquisición del combustible en la ciudad de Quito, de cuatro franquicias expendedoras de combustible diferentes ya que el proveedor del Diésel Premium en nuestro país es el mismo estado a través de su Terminal de Almacenamiento Nacional ubicada en Santo Domingo de los Tsáchilas. (Requisitos, 2013) *ASTM D4294-16e1 Método de prueba estándar para determinación de azufre en petróleo y productos derivados del petróleo mediante espectrofluorimetría de rayos X por dispersión de energía. (n.d.). Retrieved April 24, 2021, from <https://www.astm.org/Standards/D4294-SP.htm>*

INEN. (2013). *NTE INEN 1489: "Productos derivados del petróleo. Diésel."* 10. <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/06/NTE-INEN-1489-7-ENMIENDA-1.pdf>

Keifer, G., & Effenberger, F. (1967). 濟無No Title No Title. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.

Ortiz, M. (2014). *Estudio Comparativo del Uso del Diesel Entre Europa y Ecuador , Utilizado para Motores de Vehículos . Mario Andrés Ortiz Vallejo Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz Universidad Internacional del Ecuador*

*Certificado de autenticidad : 1, 111.*

<http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/610/1/T-UIDE-0560.pdf>

Requisitos, L. (2013). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2251 : 2013 Primera revisión MANEJO , ALMACENAMIENTO , TRANSPORTE Y EXPENDIO.*

Sánchez Hernández, Á. (2014). Nuevo reglamento Euro 5 y Euro 6. *CESVIMAP 72. Electromecánica,* 2, 48–51.

<http://www.appcesvimap.com/revista/revista72/pdfs/Electromecanica.pdf>

### **Toma de muestras**

Se toma en consideración las recomendaciones realizadas por la empresa que realiza el análisis y de acuerdo con las normas establecidas se procede a recolectar las muestras en cuatro bombas de expendio de combustible del Distrito Metropolitano de Quito.

Se escogieron las siguientes bombas expendedoras con el fin de matizar resultados posteriores al análisis.

1. Primax, Estación de Servicio Sol Naciente, ubicada en la calle Juan Bautista Aguirre (Loma de Puengasí)
2. P&S, Estación de Servicio Villaflora, ubicada en la Av. Gualberto Pérez (Redondel de la Villaflora)
3. Terpel, Estación de Servicio El Bosque, ubicada en la Av. Mariscal Antonio José de Sucre (Occidental-Sector Pinar Alto)
4. PetroEcuador, Estación de Servicio Puengasí, ubicada en la Av. Simón Bolívar (Desvío Autopista General Rumiñahui)

Para la recolección de las muestras, se siguieron los parámetros manifestados por el laboratorio Intertek Ecuador - Caleb Brett para lo cual se necesitaron los siguientes

insumos / instrumentos.

- 4 Vasos Precipitados de 4000ml.
- 4 Pots de vidrio con sus respectivas tapas herméticas de 250ml.
- 1 Embudo de vidrio

Se procede a la adquisición de 1 galón de diésel premium en cada estación de servicio el cual es llenado en los vasos precipitados de 4000ml.

Posteriormente, uno a uno de los vasos precipitados se deposita con el embudo de vidrio la muestra de 250ml en cada uno de los pots de vidrio ya identificados con los números 1, 2, 3 y 4 respectivamente para que el laboratorio no tenga conocimiento de la fuente del diésel a investigar; garantizando así un análisis preciso sin afinidades.

Cada pots de vidrio es sellado con su tapa hermética y etiquetado también en la tapa al número de muestra que le corresponde. Son colocados en una caja contenedora, debidamente separados entre sí, rotulada con sus respectivas etiquetas de traslado por sus 6 lados.

Se entrega personalmente en el laboratorio de Intertek Ecuador – Caleb Brett ubicado en la provincia de Sucumbíos en el cantón Lago Agrio.

### **Análisis e interpretación de los resultados**

Se realizaron cuatro muestras de diferentes empresas que distribuyen el diésel en el Distrito Metropolitano de Quito, las muestras recolectadas fueron examinadas mediante ensayos químicos que permiten analizar la gravedad API @ 60° F o 15,6° C cuyas unidades establecidas son Grados API usando el método de la norma ASTM D 1298-17, de igual manera se analizó la densidad de las muestras del diésel recolectado a una temperatura de 15° C en las que sus unidades se representan con  $\text{g/cm}^3$  otro factor importante en las propiedades del analizadas en las muestras obtenidas se encuentra el contenido de azufre las que se representan en un porcentaje

másico empleando la norma ASTM D 4294, entre las propiedades importantes del diésel se encuentra el índice de Cetano calculado que es un numero aplicado según la norma ASTM D 976-16; una vez detallado las características de los combustibles que se analizaron en las diferentes muestras en la tabla 3.1 se muestra los resultados extraídos de los anexos A,B,C,D.

Tabla 6

*Resultado de las muestras*

| Prueba                            | Unidades      | Método                           | Muestra<br>1 | Muestra<br>2 | Muestra<br>3 | Muestra<br>4 |
|-----------------------------------|---------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Gravedad API @<br>60° F( 15,6° C) | Grados<br>API | ILT/070/ LAB<br>(ASTM D 1298-17) | 35,9         | 35,9         | 35,9         | 35,9         |
| Densidad @ 15°C<br>*              | g/cm3         | calculated                       | 0,8449       | 0,8449       | 0,8449       | 0,8449       |
|                                   |               | ILT/072/LAB                      |              |              |              |              |
| Azufre                            | mass %        | (ASTM D 4294-<br>16e1)           | 0,02         | 0,021        | 0,02         | 0,023        |
| Índice de Cetano<br>Calculado     | No.           | ASTM D 976-16                    | 49,2         | 59,1         | 49,2         | 49,1         |

La normativa NTE INEN 1489:2012 Séptima revisión 2012-10 que rige las propiedades de los combustibles en el ecuador establece los requisitos que deben cumplir en la comercialización del diésel en el país ya sea para combustible nacional o importado la misma que clasifica al diésel en tres grupos importantes.

**Diésel No. 1.** Combustible utilizado en aparatos de combustión externa industriales o domésticos.

**Diésel No. 2.** Combustible que se utiliza en los siguientes sectores: industrial, pesquero, eléctrico, naviero, etc., excepto para uso automotriz.

**Diésel Premium.** Es el combustible utilizado en motores de autoignición para la propulsión de vehículos del sector automotriz a nivel nacional.

En la figura 3 se observa los parámetros estipulados en la norma NTE INEN 1489:2012 Séptima revisión 2012-10 para el diésel No 2 en los que se observa las especificaciones permitidas.

#### Ilustración 1

##### *Especificaciones del diésel Premium*

| Requisitos                                                                     | Unidad             | Mínimo      | Máximo | Método de ensayo                 |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------|--------|----------------------------------|
| Punto de inflamación                                                           | °C                 | 51          | -      | NTE INEN 1493<br>Procedimiento A |
| $\Phi$ Contenido de agua y sedimento                                           | %                  | -           | 0,05   | NTE INEN 1494                    |
| W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de la destilación    | %                  | -           | 0,15   | NTE INEN 1491                    |
| W contenido de cenizas                                                         | %                  | -           | 0,01   | NTE INEN 1492                    |
| Temperatura de destilación del 90%                                             | °C                 | -           | 360    | NTE INEN 926                     |
| Viscosidad cinemática a 40°C                                                   | mm <sup>2</sup> /s | 2,0         | 5,0    | NTE INEN 810                     |
| W contenido de azufre                                                          | %                  | -           | 0,05   | ASTM 4294<br>NTE INEN 1490       |
| Corrosión a la lámina de cobre                                                 | Clasificación      | -           | No.3   | NTE INEN 927                     |
| Índice de cetano calculado                                                     | -                  | 45          | -      | NTE INEN 1495                    |
| Contenido de biodiésel, $\Phi_{\text{Biodiésel}}$                              | %                  | ---<br>Nota | 5      | EN 14078                         |
| NOTA. De no contener biodiesel, no es necesario la realización de este ensayo. |                    |             |        |                                  |

## Procesamiento y análisis

Para el análisis de la calidad del diésel que se distribuye en el Distrito metropolitano

de Quito se toma en consideración tres factores importantes como: el contenido de azufre, el índice de cetano y la densidad, los mismos que se compararan entre la normativa que rige en el Ecuador, las normativas internacionales y los datos obtenidos en los ensayos realizados en las muestras tomadas en el Distrito Metropolitano de Quito.

En la figura 2 se muestra las especificaciones que deben tener los combustibles diésel en el continente europeo en donde se extrae los datos de importancia de índice de cetano de 46,0 la densidad a 15°centígrados, contenido de azufre de 10mg/kg.

## Ilustración 2

*Especificaciones del Diésel en la unión europea*

### Extracts from 2010 European Diesel Fuel Specification

| Fuel Property                  | Unit              | EN 590 Specification |       | Analyzing method    |
|--------------------------------|-------------------|----------------------|-------|---------------------|
|                                |                   | Min                  | Max   |                     |
| Cetane number                  |                   | 51,0                 |       | ISO 5165            |
| Cetane index                   |                   | 46,0                 |       | ISO 4264            |
| Density @ 15°C                 | Kg/m <sup>3</sup> | 820,0                | 845,0 | ISO 4264, ISO 5165  |
| PAH (di+ aromatics =>)         | Vol%              | -                    | 8,0   | EN 12 916           |
| Sulphur                        | mg/kg             | -                    | 10,0  | ISO 14596, ISO 4260 |
| Viscosity @ 40°C               | cSt               | 2,00                 | 4,50  | ISO 3104            |
| Fatty Acid Methyl Ester (FAME) | Vol%              | -                    | 7,0   | EN 14078            |
| Lubricity (HFRR)               | µm                | -                    | 460   | ISO 12156-1         |
| Distillation                   | °C                |                      |       | ISO 3405            |
| 65% point                      |                   | 250                  | -     |                     |
| 85% point                      |                   | -                    | 350   |                     |
| 95% point                      |                   | -                    | 360   |                     |

<sup>1</sup>The European Standard specifies PAH's as the content of di-aromatic and tri+-aromatic hydrocarbons. For complete specification see EN 590:2009+A1 2010 at SIS ([www.sis.se](http://www.sis.se))

*Especificaciones del Diésel en la unión europea(Ortiz, 2014)*

De igual forma se puede observar en la figura 1 las especificaciones que deben cumplir los combustibles distribuidos en Ecuador ya sean procesados en el país o de importación según la normativa INEN que determina que el índice de cetano debe ser superior a 45 mientras que el contenido de azufre no debe sobrepasar el 0.05 %, sin embargo, en la figura 3.3 se puede observar los contenidos de azufre permitidos en varios países de Latinoamérica incluido Ecuador donde se puede determinar que el contenido de Azufre en el país está en condiciones similares a los permitidos en los países de la región andina.

### Ilustración 3

*Cuadro de resumen de los principales indicadores de los países estudiados en este informe*  
(Keifer & Effenberger, 1967)

| PAÍS                      | MP <sub>10</sub> nacional anual y estándares de MP <sub>2.5</sub> de <sup>27*</sup> | Nivel máximo de azufre en el combustible diésel                       | Uso del diésel en el sector vial (miles de toneladas de equivalente de petróleo por año) | Número de vehículos registrados <sup>28</sup> | Estándares de emisiones para los vehículos nuevos <sup>29*</sup>                                                                                                   |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ARGENTINA <sup>30</sup>   | MP <sub>10</sub> : Ninguno<br>MP <sub>2.5</sub> : Ninguno                           | 1500 ppm (500 en Buenos Aires, Rosario, Mar del Plata y Bahía Blanca) | 7212 (2008)                                                                              | 11 MM (2011)                                  | Vehículos livianos, vehículos pesados y autobuses: Euro V <sup>31</sup>                                                                                            |
| BOLIVIA <sup>32</sup>     | MP <sub>10</sub> : 50 µg/m <sup>3</sup><br>MP <sub>2.5</sub> : Ninguno              | 5000 ppm                                                              | 1058 (2010)                                                                              | 1,1 MM (2011)                                 | Autobuses: Euro III (La Paz) <sup>33</sup>                                                                                                                         |
| BRASIL                    | MP <sub>10</sub> : 50 µg/m <sup>3</sup><br>MP <sub>2.5</sub> : Ninguno              | 1800 ppm (entre 50 y 500 en las principales ciudades) <sup>34</sup>   | 28 732 (2009) <sup>35</sup>                                                              | 64,8 MM (2010) <sup>36</sup>                  | Vehículos livianos: Euro IV<br>Vehículos pesados: Euro V                                                                                                           |
| CHILE                     | MP <sub>10</sub> : 50 µg/m <sup>3</sup><br>MP <sub>2.5</sub> : 20 µg/m <sup>3</sup> | 15 ppm <sup>37</sup>                                                  | 3534 (2010) <sup>38</sup>                                                                | 3,4 MM (2010) <sup>39</sup>                   | Vehículos livianos y medianos: Euro V<br>Vehículos pesados: Euro V (desde septiembre de 2014)<br>Autobuses: U.S. 2004 NO <sub>x</sub> / U.S. 2007 MP <sup>40</sup> |
| COLOMBIA <sup>41</sup>    | MP <sub>10</sub> : 50 µg/m <sup>3</sup><br>MP <sub>2.5</sub> : 25 µg/m <sup>3</sup> | 50 ppm <sup>42</sup>                                                  | 3754 (2010)                                                                              | 7,2 MM (2011)                                 | Vehículos livianos: Euro IV<br>Vehículos pesados: Euro IV (desde 2015)<br>Autobuses: Euro II                                                                       |
| ECUADOR <sup>43</sup>     | MP <sub>10</sub> : 50 µg/m <sup>3</sup><br>MP <sub>2.5</sub> : 15 µg/m <sup>3</sup> | 5000 ppm (500 en Quito y Cuenca) <sup>44</sup>                        | 2415 (2010)                                                                              | 1,4 MM (2011)                                 | Vehículos livianos: Euro I / U.S. 1987<br>Vehículos pesados: Euro II / U.S. 1994                                                                                   |
| EL SALVADOR <sup>45</sup> | MP <sub>10</sub> : 50 µg/m <sup>3</sup><br>MP <sub>2.5</sub> : 15 µg/m <sup>3</sup> | 5000 ppm                                                              | Niveles desconocidos                                                                     | 0,7 MM (2012)                                 | Vehículos livianos: Euro I / U.S. 1987                                                                                                                             |

*Cuadro de resumen de los principales indicadores de los países estudiados en este informe*(Keifer & Effenberger, 1967)



Luego de revisar la información existente entre los parámetros europeos, normativa ecuatoriana y especificaciones latinoamericanas se procede a revisar la tabla 7 en la se realiza un análisis comparativo entre los datos obtenidos en la investigación.

Tabla 7

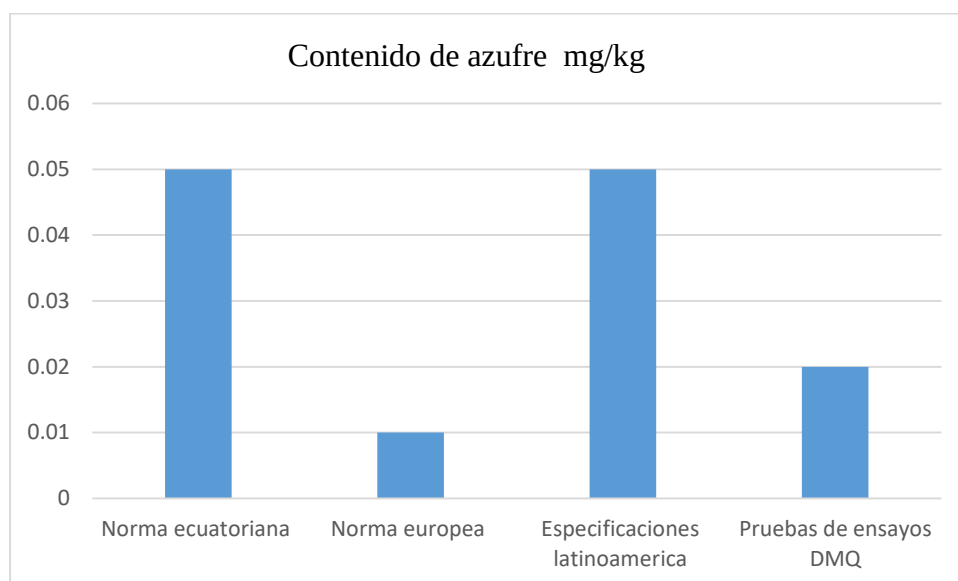
*Comparativa de especificaciones diésel*

|                                | Contenido de azufre | Índice de cetano | Densidad |
|--------------------------------|---------------------|------------------|----------|
|                                | mg/kg               | min              | Max      |
| Norma ecuatoriana              | 0,05                | 45               |          |
| Norma europea                  | 0,01                | 46               | 845      |
| Especificaciones Latinoamérica | 0,05                |                  |          |
| Pruebas de ensayos DMQ         | 0,02                | 49,2             | 844      |

Al realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en el combustible que se distribuye en el Distrito Metropolitano de Quito se puede determinar que el contenido de azufre existente en dicho combustible se encuentra por debajo de la normativa ecuatoriana y latinoamericana, pero por encima de la normativa europea como muestra la figura 4.

#### Ilustración 4

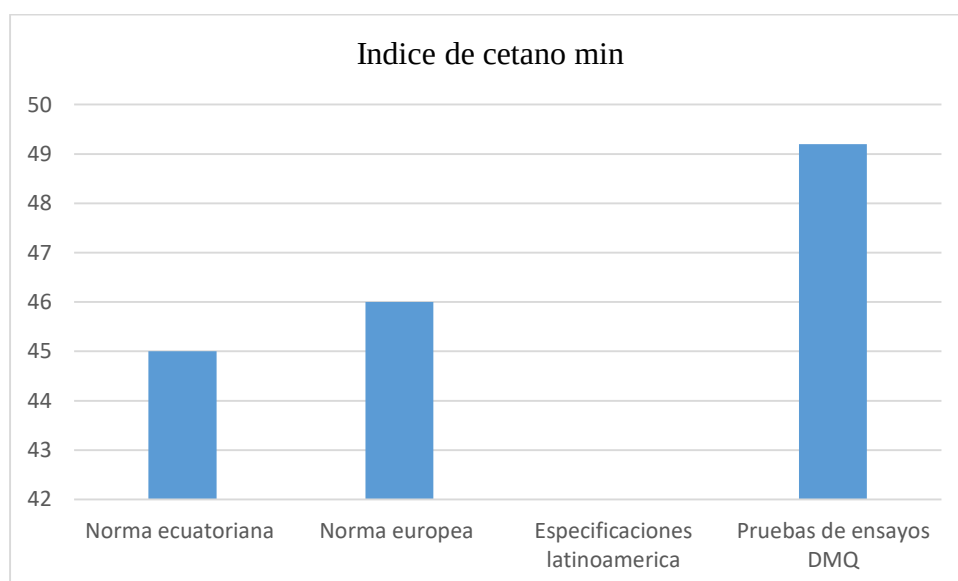
##### *Contenido de Azufre*



La figura 5 evidencia que el índice de cetano del combustible distribuido en el cantón Quito es superior tanto para la norma ecuatoriana y la norma europea esto muestra tres puntos más con respecto a la norma europea y cuatro puntos más con respecto a la restricción ecuatoriana.

#### Ilustración 5

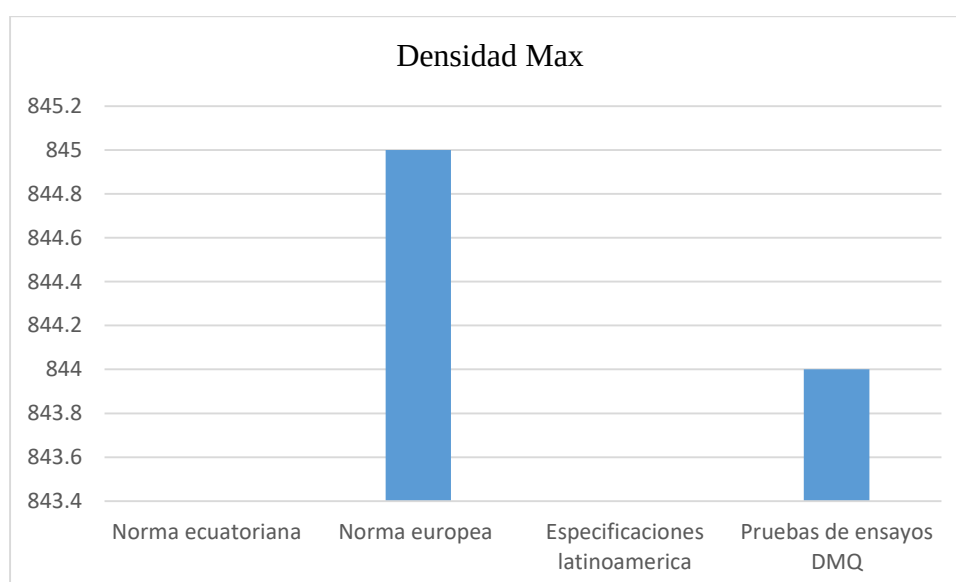
##### *Índice de cetano*



Por último, se muestra la figura 6 la cual expone la densidad del diésel tanto en la normativa europea y los resultados obtenidos en las pruebas de ensayos dando como resultado que el diésel que se distribuye en Quito es menos denso que el comercializado en la unión europea.

Ilustración 6

*Densidad del diésel*



### 2.2.2 Discusión de resultados

Como se muestra en las tablas anteriores, se realizó el análisis del diésel Premium que se expende en el distrito metropolitano de Quito y se procedió a comparar con el diésel que se vende en la Unión Europea (Euro 3), como dato adicional también se comparó con una tabla del combustible que se provee en Latinoamérica y los resultados son visibles.

En lo referente al contenido de azufre, el diésel que se provee en el Distrito

Metropolitano de Quito, tiene un contenido mayor de 0,1 mg/kg en referencia al europeo y 0,3 mg/kg menos del referente latinoamericano.

Lo que concierne al índice de cetano el diésel expendido en la ciudad de Quito, tiene un valor mínimo de 49 en comparación de los 45 que se obtienen del diésel europeo para la normativa Euro 3.

Se identifica claramente que el diésel que se provee en la ciudad de Quito, no es de calidad inferior al Euro 3 expendido en la Unión Europea, sin embargo, es mejor indudablemente en comparación con algunos de la región latinoamericana como El Salvador, Bolivia y Brasil

## CONCLUSIONES

Se obtiene como conclusión, que las normativas vigentes en el país respecto a la calidad del diésel Premium que se provee en el Distrito Metropolitano de Quito es acorde a reglamentos internacionales, por ende, el combustible que se surte en la ciudad, no es un carburante que afecte al buen funcionamiento del parque automotor de la urbe.

Se concluye que los niveles de contaminación generados por los vehículos diésel, así como las averías precipitadas de los mismos, se deben primordialmente al mantenimiento no adecuado que se efectúa a los motores como determina el fabricante.

Adicionalmente se concluye que la falta de relación interinstitucional entre gobierno central y gobiernos seccionales da la pauta para que existan notables diferencias como en el caso de la Agencia Metropolitana de Tránsito que en sus resultados de gases contaminantes su estándar mínimo es correlacionado a un coche Euro V cuando en nuestro país ni el combustible, ni los vehículos que se distribuyen cumplen con aquella normativa.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que el estado como ente principal y rector de políticas públicas defina una normativa de revisión vehicular estándar acorde al combustible que provee y al tipo de vehículos que se venden en nuestro país para evitar así las malas prácticas de manipulación de gases previo a la inspección de un automotor en una revisión técnica vehicular.

Se recomienda también incentivar a los usuarios de vehículos diésel, realizar los mantenimientos preventivos y rutinarios tal cual lo especifica el fabricante, con partes y piezas genuinas que garanticen el óptimo funcionamiento y vida útil de sus automotores; reduciendo así los índices de contaminación y la economía de este grupo de consumidores.

## Bibliografía

- ASTM D4294-16e1 Método de prueba estándar para determinación de azufre en petróleo y productos derivados del petróleo mediante espectrofluorimetría de rayos X por dispersión de energía. (n.d.). Retrieved April 24, 2021, from <https://www.astm.org/Standards/D4294-SP.htm>
- INEN. (2013). NTE INEN 1489: “Productos derivados del petróleo. Diésel.” 10. <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/06/NTE-INEN-1489-7-ENMIENDA-1.pdf>
- Keifer, G., & Effenberger, F. (1967). 済無No Title No Title. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Ortiz, M. (2014). *Estudio Comparativo del Uso del Diesel Entre Europa y Ecuador , Utilizado para Motores de Vehículos . Mario Andrés Ortiz Vallejo Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz Universidad Internacional del Ecuador Certificado de autenticidad : 1, 111.* <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/610/1/T-UIDE-0560.pdf>
- Requisitos, L. (2013). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2251 : 2013 Primera revisión MANEJO , ALMACENAMIENTO , TRANSPORTE Y EXPENDIO.
- Sánchez Hernández, Á. (2014). Nuevo reglamento Euro 5 y Euro 6. *CESVIMAP 72. Electromecánica*, 2, 48–51. <http://www.appcesvimap.com/revista/revista72/pdfs/Electromecanica.pdf>

## ANEXOS

## Anexo A



## REPORT OF ANALYSIS / REPORTE DE ANÁLISIS

VESSEL / BUQUE : N/A DATE / FECHA : Abril 05, 2021  
 PORT / TERMINAL / PUERTO : N/A YOUR REF / REF CLIENTE : N/A  
 / TERMINAL : N/A ICB REF : ECL- -21  
 SAMPLE OF / MUESTRA DE \*\* : DIESEL OIL - 1  
 DRAWN BY / ENTREGADO POR : CLIENTE WITNESSED BY / ATESTIGUADO POR : N/A  
 ANALYZED BY / ANALIZADO POR : CALEB BRETT ECUADOR S.A. LAB REF. No. : 1621-21

TEMPERATURE / TEMPERATURA (°C) : 25.0 PRESSURE / PRESION (mm Hg) : 733.1 HUMIDITY / HUMEDAD (%) : 62

INFORMATION SUBMITTED BY CLIENT / INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
 CLIENT / CLIENTE : UNIVERSIDAD CENTRAL TECNICA - JOHN CEDEÑO  
 ADDRESS / DIRECCIÓN : GASPAR DE CARVAJAL Y AV LA GASCA  
 SAMPLE DATE / FECHA DE MUESTRA :  
 RECEPTION DATE / FECHA DE RECEPCION : Abril 05, 2021  
 ANALYSIS DATE / FECHA DE ANÁLISIS : Abril 05, 2021

| Identified as / identificada como: MUESTRA DE DIESEL OIL |                   |                                |         |                             |     |
|----------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|---------|-----------------------------|-----|
| TEST / PRUEBA                                            | UNITS / UNIDADES  | METHOD / MÉTODO                | RESULT. | UNCERTAINTY / INCERTIDUMBRE |     |
| 1. Gravedad API @ 60° F (15,6° C) <sup>1</sup>           | Grados API        | ILT/070/LAB (ASTM D 1298-17)   | 35.9    | ±                           | 0.1 |
| 2. Densidad @ 15°C *                                     | g/cm <sup>3</sup> | calculated                     | 0.8449  | ±                           | N/A |
| 3. Azufre <sup>1</sup>                                   | mass %            | ILT/072/LAB (ASTM D 4294-16e1) | 0.02    | ±                           | N/A |
| 4. Índice de Cetano Calculado *                          | No.               | ASTM D 976-16                  | 49.2    | ±                           | N/A |
|                                                          |                   |                                |         |                             |     |
|                                                          |                   |                                |         |                             |     |
|                                                          |                   |                                |         |                             |     |
|                                                          |                   |                                |         |                             |     |
|                                                          |                   |                                |         |                             |     |
|                                                          |                   |                                |         |                             |     |
|                                                          |                   |                                |         |                             |     |
|                                                          |                   |                                |         |                             |     |
|                                                          |                   |                                |         |                             |     |
|                                                          |                   |                                |         |                             |     |
|                                                          |                   |                                |         |                             |     |
|                                                          |                   |                                |         |                             |     |

\*\* As per customer description / según la descripción del cliente

\*\*\*\* Subcontracted Analysis / Analisis subcontratados

FECU-029-L  
Rev. (06) 11-12-19

Remarks / Observaciones:

|                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LABORATORIO DE PRUEBAS ACREDITADO POR SAE CON ACREDITACIÓN No. OAE LE COB-006                                                          |
| * Métodos fuera del alcance de nuestra acreditación SAE 'S' / Methods are outside of the scope of our SAE accreditation                |
| <sup>1</sup> Resultado fuera del rango de acreditación del método / Result are of the outside of the scope accreditation of the method |
| LA INCERTIDUMBRE CALCULADA USANDO UN FACTOR DE COBERTURA DE 2 QUE DA UN NIVEL DE CONFIANZA APROXIMADAMENTE DEL 95%                     |

This Report of Analysis may not be reproduced in part or total without the written permission of INTERTEK CALEB BRETT ECUADOR. The results of the test indicated on this report are only valid for the indicated sample and should not be used as a certificate of conformity or as a certificate of the quality system of the manufacturer. / Este Informe de Análisis no puede reproducirse en parte o en su totalidad sin el permiso por escrito de INTERTEK CALEB BRETT ECUADOR. Los resultados de la prueba indicada en este informe solo son válidos para la muestra indicada y no deben utilizarse como un certificado de conformidad o como certificado del sistema de calidad del fabricante.

❗ Si la muestra es suministrada por el cliente y / o no viene correctamente sellada y etiquetada; INTERTEK CALEB BRETT no se responsabiliza de la homogeneidad de la muestra y los subsecuentes precision de los resultados obtenidos / If the sample is supplied by the client, INTERTEK CALEB BRETT is not responsible for the homogeneity of the sample and the subsequent precision of the results obtained.

Jaime Barros Zamora  
 GERENTE DE LABORATORIO

JAIME BARROS Z. / MAXIMA AUTORIDAD TECNICA (MATL)  
 INTERTEK CALEB BRETT ECUADOR, S.A.

Page 1 of 1

Lago Agrio: Vía a Quito Km 2.5 y Flavio Alfaro. Email: jaime.barros@intertek.com Telf: 0993902296 / 062363225  
 ISO 9001 :2015 REGISTERED - Provision of Inspection and Testing Services



## Anexo B



## REPORT OF ANALYSIS / REPORTE DE ANÁLISIS

|                            |                            |                                |                  |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|
| VESSEL / BUQUE             | : N/A                      | DATE / FECHA                   | : Abril 06, 2021 |
| PORT / TERMINAL / PUERTO   | : N/A                      | YOUR REF / REF CLIENTE         | : N/A            |
| SAMPLE OF / MUESTRA DE **  | : DIESEL OIL - 2           | ICB REF                        | : ECL- -21       |
| DRAWN BY/ ENTREGADO POR    | : CLIENTE                  | WITNESSED BY / ATESTIGUADO POR | : N/A            |
| ANALYZED BY/ ANALIZADO POR | : CALEB BRETT ECUADOR S.A. | LAB REF. No.                   | : 1628-21        |

|                                      |  |                                   |  |                            |  |
|--------------------------------------|--|-----------------------------------|--|----------------------------|--|
| TEMPERATURE / TEMPERATURA (°C): 27.0 |  | PRESSURE / PRESION (mm Hg): 739.9 |  | HUMIDITY / HUMEDAD (%): 74 |  |
|--------------------------------------|--|-----------------------------------|--|----------------------------|--|

INFORMATION SUBMITTED BY CLIENT / INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

CLIENT / CLIENTE : UNIVERSIDAD CENTRAL TECNICA - JOHN CEDEÑO

ADDRESS / DIRECCIÓN : GASPAR DE CARVAJAL Y AV LA GASCA

SAMPLE DATE / FECHA DE MUESTRA

RECEPTION DATE / FECHA  
DE RECEPCION : Abril 05. 2021

ANALYSIS DATE / FECHA DE  
ANÁLISIS : Abril 06, 2021

Identified as / identificada como: MUESTRA DE DIESEL OIL

[illegible]

<sup>\*\*</sup> As per customer description / Según la descripción del cliente

\*\*\*\* Subcontracted Analysis / Analisis subcontratados

FECU-029-L  
Rev. (06) 11-12-19

## Remarks / Observaciones:

LABORATORIO DE PRUEBAS ACREDITADO POR SAE CON ACREDITACIÓN No. OAE LE C08-006

\* Métodos fuera del alcance de nuestra acreditación SAE `S / Methods are outside of the scope of our SAE accreditation

<sup>1</sup> Resultado fuera del rango de acreditación del método / Result are of the outside of the scope accreditation of the method

LA INCERTIDUMBRE CALCULADA USANDO UN FACTOR DE COBERTURA DE 2 QUE DA UN NIVEL DE CONFIANZA APROXIMADAMENTE DEL 95%

This Report of Analysis may not be reproduced in part or total without the written permission of INTERTEK CABLES BRETT ECUADOR. The results of the test indicated on this report are only valid for the indicated sample and should not be used as a certificate of conformity or as a certificate of the quality system of the manufacturer. / Este Informe de Análisis no puede reproducirse en parte o en su totalidad sin el permiso por escrito de INTERTEK CABLES BRETT ECUADOR. Los resultados de la prueba indicada en este informe solo son válidos para la muestra indicada y no deben utilizarse como un certificado de conformidad o como certificado del sistema de calidad del fabricante.

• Si la muestra es suministrada por el cliente y/o no viene correctamente sellada y etiquetada; INTERTEK CALEB BRETTE no se responsabiliza de la homogeneidad de la muestra y los subsecuente precisión de los resultados obtenidos / If the sample is supplied by the client, INTERTEK CALEB BRETTE is not responsible for the homogeneity of the sample and the subsequent precision of the results obtained.

sample is supplied by the client.

  
Jaime Barros Zamora  
GERENTE DE LABORATORIO

 intertek

**JAIME BARROS Z. / MAXIMA AUTORIDAD TECNICA (MATL)**

INTERTEK CALEB BRETT ECUADOR, S.A.

Page 1 of 1

Lago Agrio: Vía a Quito Km 2.5 y Flavio Alfaro. Email: [jaime.barros@intertek.com](mailto:jaime.barros@intertek.com) Telf: 0993902296 / 062363225

**ISO 9001:2015 REGISTERED - Provision of Inspection and Testing Services**

## Anexo C



## REPORT OF ANALYSIS / REPORTE DE ANÁLISIS

|                            |                            |                                |                  |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|
| VESSEL / BUQUE             | : N/A                      | DATE / FECHA                   | : Abril 06, 2021 |
| PORT / TERMINAL / PUERTO   | : N/A                      | YOUR REF / REF CLIENTE         | : N/A            |
| SAMPLE OF /MUESTRA DE **   | : DIESEL OIL - 3           | ICB REF                        | : ECL -21        |
| DRAWN BY/ ENTREGADO POR    | : CLIENTE                  | WITNESSED BY / ATESTIGUADO POR | : N/A            |
| ANALYZED BY/ ANALIZADO POR | : CALEB BRETT ECUADOR S.A. | LAB REF. No.                   | : 1629-21        |

|                                  |      |                              |       |                          |    |
|----------------------------------|------|------------------------------|-------|--------------------------|----|
| TEMPERATURE / TEMPERATURA (°C) : | 27.0 | PRESSURE / PRESION (mm Hg) : | 739.9 | HUMIDITY / HUMEDAD (%) : | 74 |
|----------------------------------|------|------------------------------|-------|--------------------------|----|

| INFORMATION SUBMITTED BY CLIENT / INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE |                                             |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CLIENT / CLIENTE                                                           | : UNIVERSIDAD CENTRAL TECNICA - JOHN CEDEÑO |
| ADDRESS / DIRECCIÓN                                                        | : GASPAR DE CARVAJAL Y AV LA GASCA          |
| SAMPLE DATE / FECHA DE MUESTRA                                             | :                                           |
| RECEPTION DATE / FECHA DE RECEPCION                                        | : Abril 05, 2021                            |
| ANALYSIS DATE / FECHA DE ANÁLISIS                                          | : Abril 06, 2021                            |

Identified as / identificada como: MUESTRA DE DIESEL OIL

[illegible]

\*\* As per customer description / Según la descripción del cliente

\*\*\*\* Subcontracted Analysis / Analisis subcontratados

FECU-029-L  
Rev. (06) 11-12-19

Remarks / Observaciones:

LABORATORIO DE PRUEBAS ACREDITADO POR SAE CON ACREDITACIÓN No. OAE LE C08-006

\* Métodos fuera del alcance de nuestra acreditación SAE `S / Methods are outside of the scope of our SAE accreditation

<sup>1</sup> Resultado fuera del rango de acreditación del método / Result are of the outside of the scope accreditation of the method

LA INCERTIDUMBRE CALCULADA USANDO UN FACTOR DE COBERTURA DE 2 QUE DA UN NIVEL DE CONFIANZA APROXIMADAMENTE DEL 95%

This Report of Analysis may not be reproduced in part or total without the written permission of INTERTEK CABLES BRETT ECUADOR. The results of the test indicated on this report are only valid for the indicated sample and should not be used as a certificate of conformity or as a certificate of the quality system of the manufacturer. / Este Informe de Análisis no puede reproducirse en parte o en su totalidad sin el permiso por escrito de INTERTEK CABLES BRETT ECUADOR. Los resultados de la prueba indicada en este informe solo son válidos para la muestra indicada y no deben utilizarse como un certificado de conformidad o como certificado del sistema de calidad del fabricante.

• la muestra es suministrada por el cliente y/o no viene correctamente sellada y etiquetada; INTERTEK CALIBRETT no se responsabiliza de la homogeneidad de la muestra y los subsecuente precisión de los resultados obtenidos / If the sample is supplied by the client, INTERTEK CALIBRETT is not responsible for the homogeneity of the sample and the subsequent precision of the results obtained.

 **Jaime Barros Zamora**  
GERENTE DE LABORATORIO

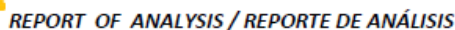
**JAIME BARROS Z. / MAXIMA AUTORIDAD TECNICA (MATL)**

INTERTEK CALEB BRETT ECUADOR, S.A.

Page 1 of 1

*Lago Agrio: Vía a Quito Km 2.5 y Flavio Alfaro. Email: [jaime.barros@intertek.com](mailto:jaime.barros@intertek.com) Telf: 0993902296 / 062363225*

ISO 9001:2015 REGISTERED - Provision of Inspection and Testing Services



|                                       |                                    |                             |
|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| TEMPERATURE / TEMPERATURA (°C) : 27.0 | PRESSURE / PRESION (mm Hg) : 739.9 | HUMIDITY / HUMEDAD (%) : 74 |
|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|

Identified as / identificada como: MUESTRA DE DIESEL OIL

\*\* As per customer description / Según la descripción del cliente

\*\*\*\* Subcontracted Analysis / Analisis subcontratados

FECU-029-L  
Rev. (06) 11-12-19

Remarks / Observaciones:

This Report of Analysis may not be reproduced in part or total without the written permission of INTERTEK CALIBRE BRETT ECUADOR. The results of the test indicated on this report are only valid for the indicated sample and should not be used as a certificate of conformity or as a certificate of the quality system of the manufacturer. / Este Informe de Análisis no puede reproducirse en parte o en su totalidad sin el permiso por escrito de INTERTEK CALIBRE BRETT ECUADOR. Los resultados de la prueba indicada en este informe solo son válidos para la muestra indicada y no deben utilizarse como un certificado de conformidad o como certificado del sistema de calidad del fabricante.

• *la muestra es suministrada por el cliente y/o no viene correctamente sellada y etiquetada; INTERTEK CALEB BRETTE no se responsabiliza de la homogeneidad de la muestra y los subsecuente precision de los resultados obtenidos / If the sample is supplied by the client, INTERTEK CALEB BRETTE is not responsible for the homogeneity of the sample and the subsequent precision of the results obtained.*

❗ la muestra es suministrada por el cliente y/o no viene correctamente sellada y etiquetada; INTERTEK CALIBRE BRETT no se responsabiliza de la homogeneidad de la muestra y los subsecuente precisión de los resultados obtenidos / If the sample is supplied by the client, INTERTEK CALIBRE BRETT is not responsible for the homogeneity of the sample and the subsequent precision of the results obtained.

**JAIME BARROS Z. / MAXIMA AUTORIDAD TECNICA (MATL)**

INTERTEK CALER BRETT ECUADOR, S.A.

Page 1 of 1

Lago Agrio: Vía a Quito Km 2.5 v Flavio Alfaro. Email: [jajme.barros@intertek.com](mailto:jajme.barros@intertek.com) Telf: 0993902296 / 062363225

ISO 9001:2015 REGISTERED - Provision of Inspection and Testing Services