

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA,  
INFORMATICA Y MECANICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECANICA**



**INFORME TECNICO**

**ESTUDIO DEL DESEMPEÑO Y AJUSTE DE PARAMETROS DE  
OPERACION DE MOTORES DIESEL APLICANDO LA NORMATIVA  
EURO IV PARA OPTIMIZAR SU RENDIMIENTO EN ALTITUDES A  
MAS DE 3000 MSNM**

**PRESENTADO POR:**

BR. ERICK GERMAN HINOJOSA  
ARTEAGA

**PARA OPTAR AL TITULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECANICO**

**EN LA MODALIDAD POR  
SERVICIOS A NIVEL PROFESIONAL**

**CONSEJERO:**

MGT. ROOSBEL DENNIS MAMANI  
CASTILLO

CUSCO – PERÚ

2024

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: ESTUDIO DEL DESEMPEÑO Y AJUSTE DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE MOTORES DIESEL APLICANDO LA NORMATIVA EURO IV PARA OPTIMIZAR SU RENDIMIENTO EN ALTITUDES A MÁS DE 3000 MSNM

presentado por: ERICK GERIAN HINOTOSA ARTEAGA con DNI Nro.: 46605186 presentado por: ..... con DNI Nro.: ..... para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO MECÁNICO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	<input type="checkbox"/>
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	<input type="checkbox"/>

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 30 de JULIO de 2024



Firma

Post firma... Rosbel Dennis Mamani Castillo

Nro. de DNI... 24002331

ORCID del Asesor... 0000-0002-8998-104X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:368782373

NOMBRE DEL TRABAJO

**INFORME TECNICO ERICK HINOJOSA.p  
df**

AUTOR

**Hinojosa Arteaga Erick German**

RECUENTO DE PALABRAS

**10254 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**59442 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**43 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.0MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jul 17, 2024 11:44 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jul 17, 2024 11:45 AM GMT-5****● 8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 9 palabras)

## **RESUMEN**

El informe técnico tiene como objetivo principal desarrollar e implementar ajustes en los parámetros electrónicos del motor diésel R2.2 CRDI para optimizar su rendimiento en altitudes superiores a 3000 msnm en Cusco. Esto incluye el cumplimiento de los estándares Euro IV y la resolución de problemas operativos relacionados con el filtro de partículas diésel (DPF), el sistema de recirculación de gases de escape (EGR) y el catalizador. Los objetivos específicos abarcan un análisis exhaustivo de las condiciones operativas en alta altitud, el diagnóstico de problemas relacionados con los sistemas mencionados, el desarrollo de un software especializado para ajustar los parámetros del motor, y la implementación y validación de estos ajustes en vehículos de prueba. Además, se incluye la capacitación del personal técnico para asegurar una correcta implementación y mantenimiento del nuevo software.

Entre las observaciones destacadas están la importancia de cumplir con la normativa Euro IV y realizar pruebas exhaustivas en campo, así como la necesidad de capacitación continua del personal técnico y la atención a las limitaciones de recursos y condiciones climáticas variables. Las conclusiones revelan que los ajustes realizados mejoraron significativamente el rendimiento del motor, reduciendo problemas como la pérdida de potencia y superando los requisitos de emisiones Euro IV. Se recomienda implementar el software ajustado en todas las unidades, seguir protocolos de mantenimiento regular, y fomentar nuevas investigaciones en diversas condiciones geográficas para seguir optimizando el rendimiento de los motores diésel.

### **PALABRAS CLAVE:**

- Motores Diésel
- Normativa Euro IV
- Altitud
- Rendimiento

## INDICE

I.	PRESENTACION.....	4
II.	MI RELACION CON LA EMPRESA.....	5
A.	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES.....	7
III.	ASPECTOS REFERENCIALES .....	8
A.	DATOS GENERALES DE LA EMPRESA .....	8
B.	ORGANIGRAMA.....	8
IV.	DEL INFORME TECNICO PROPIAMENTE DICHO .....	9
1.	AMBITO GEOGRAFICO .....	11
2.	DESCRIPCION DEL INFORME TECNICO .....	12
3.	ANTECEDENTES.....	12
4.	OBJETIVOS.....	14
3.1	OBJETIVO GENERAL .....	14
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	14
5.	OBSERVACIONES A TENER EN CUETA .....	15
6.	MEMORIA DESCRIPTIVA.....	16
5.1	MOTOR DIESEL SOBREALIMENTADO .....	16
5.2	MODULO ECU.....	16
5.3	FILTRO DPF.....	17
5.4	CATALIZADOR.....	18
5.5	SISTEMA DE INYECCION CRDI.....	19
5.6	SISTEMA EGR.....	20
5.7	SISTEMA TURBOCOMPRESOR .....	20
7.	NORMAS ESTANDARES REFERENCIAS.....	21
6.1	NORMATIVA EURO.....	21
6.2	NORMATIVA EURO IV EN EL PERU .....	22

8.	MATERIALES.....	22
7.1	D-LOGGER.....	22
7.2	ESCANER AUTOMOTRIZ.....	23
7.3	MOTOR R2.2 CRDI.....	24
7.4	PRE FILTRO DE COMBUSTIBLE .....	25
7.5	ESPECIFICACIONES TECNICAS.....	26
9.	DESARROLLO DE ESTUDIO .....	27
8.1	ETAPA I: DETERMINACION DE FALLAS Y PRE DIAGNOSTICO (03 MESES) .....	27
8.2	ANALISIS DE RESULTADOS DE LA ETAPA I.....	29
8.3	ETAPA II: INSTALACION DE PRE FILTRO Y PARAMETRIZACION (3.5 MESES) .....	30
8.4	ANALISIS DE RESULTADOS DE LA ETAPA II .....	32
8.5	ETAPA III: ACTUALIZACION DE SOFTWARE ELECTRONICO.....	33
8.6	ANALISIS DE RESULTADOS DE LA ETAPA III .....	35
8.7	ETAPA FINAL: DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN LEGAL A CLIENTES .....	36
V.	CONCLUSIONES GENERALES .....	37
VI.	RECOMENDACIONES .....	38
VII.	BIBLIOGRAFIA .....	39
VIII.	ANEXOS.....	40



## **I. PRESENTACION**

El presente documento tiene por finalidad la elaboración y presentación del informe técnico de “Estudio del desempeño y ajuste de parámetros de operación de motores diésel aplicando la normativa euro iv para optimizar su rendimiento en altitudes a más de 3000 msnm”, que resume en parte mis servicios de labor profesional en la empresa Automotriz Incamotors SAC, en mérito al dictamen de la comisión permanente de evaluación de expedientes, en la modalidad al Servicio profesional de la Carrera Profesional de Ingeniería mecánica en la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y mecánica de la Universidad nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Para ser anexado al expediente Plades Nro 658115 Presentado para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico, inicialmente aceptado por resolución N° 2379-2024-FIEEIM/UNSAAC. Poniendo a vuestra consideración el informe propiamente dicho y es el cómo sigue.

## II. MI RELACION CON LA EMPRESA

Mi relación con Automotriz Incamotors SAC comenzó en septiembre de 2018, y desde entonces he tenido el privilegio de desempeñar diversos roles que han contribuido significativamente a mi crecimiento profesional en el campo de la ingeniería mecánica y la gestión de talleres automotrices.

### Puestos Desempeñados

A lo largo de mi tiempo en Incamotors, he ocupado varios puestos clave, incluyendo:

- **Asesor de Servicios:** Mi primer rol en la empresa, donde fui responsable de proporcionar asistencia técnica y asesoramiento a los clientes.
- **Responsable del Área de Postventa:** En este puesto, gestioné las operaciones de postventa, asegurando la satisfacción del cliente y el seguimiento de las reparaciones y mantenimientos.
- **Responsable del Área de Planchado y Pintura:** Encargado de la creación y gestión del área, incluyendo el diseño estructural y la implementación de sistemas eléctricos y neumáticos.
- **Responsable de Taller Chevrolet, Hyundai, Ford:** Supervisé las operaciones de mantenimiento y reparación de vehículos de estas marcas, garantizando altos estándares de calidad y eficiencia.
- **Supervisor de Taller (actualmente):** En mi rol actual, superviso todas las actividades del taller, coordinando el trabajo del equipo técnico y asegurando el cumplimiento de los protocolos de mantenimiento.

### Jefes con los que he Trabajado

He tenido la oportunidad de trabajar bajo la dirección de varios jefes destacados, quienes han influido en mi desarrollo profesional:

- **Wendell Warthon:** Jefe de Taller.
- **Cesar Alvarado:** Jefe de Taller.
- **Alberto Jiménez:** Jefe de Unidades.
- **Omar Soria:** Jefe de Postventa.
- **Fernando Pastor, Jorge Olazabal y Ernesto Pérez:** Gerentes Corporativos.
- **Gonzalo Bedoya:** Gerente General



### Estudios y Certificaciones

Durante mi tiempo en Incamotors, he complementado mi experiencia práctica con varios estudios y certificaciones:

- **Gestión de Flotas Vehiculares (TECSUP)**
- **Operador de Línea Amarilla (TEPSUR)**
- **Motores Diésel (TECSUP)**
- **Aceites y Lubricantes para Mantenimiento (TECSUP)**
- **Indicadores de Gestión Logística - KPI (SENATI)**
- **Asesor de Servicio (AAP)**
- **Jefe de Taller (AAP)**
- **Certificaciones:**
  - Asesor de Servicio General Motors
  - Entrenamiento Asesor de Servicios Ford

### Proyectos Importantes

He participado en varios proyectos importantes que han contribuido al crecimiento y eficiencia del taller:

- **Creación del Área de Planchado y Pintura:** Diseño estructural y construcción de la cabina, implementación de sistemas eléctricos y neumáticos.
- **Diseño y Construcción de la Cabina de Planchado y Pintura:** Implementación de máquinas y herramientas necesarias para optimizar el trabajo de planchado y pintura.

### Logros Destacados

Algunos de los logros más destacados durante mi tiempo en Incamotors incluyen:

**Ganador del Concurso Asesores General Motors 2023:** Reconocimiento a mi desempeño y habilidades técnicas.

**Viaje de Extensión Experiencia GM en Brasil (Sao Paulo):** Participación en un programa de formación avanzada e intercambio de experiencias con profesionales de General Motors.

### Formación Académica

Obtuve mi bachillerato en Ingeniería Mecánica en agosto de 2016, lo que me ha proporcionado una sólida base teórica para mi carrera profesional.

Mi tiempo en Automotriz Incamotors SAC ha sido una experiencia enriquecedora, llena de desafíos y oportunidades de crecimiento. La combinación de formación académica, certificaciones profesionales.

## **A. DESCRIPCION DE ACTIVIDADES**

Para el presente informe técnico se describe a continuación las actividades necesarias desarrolladas:

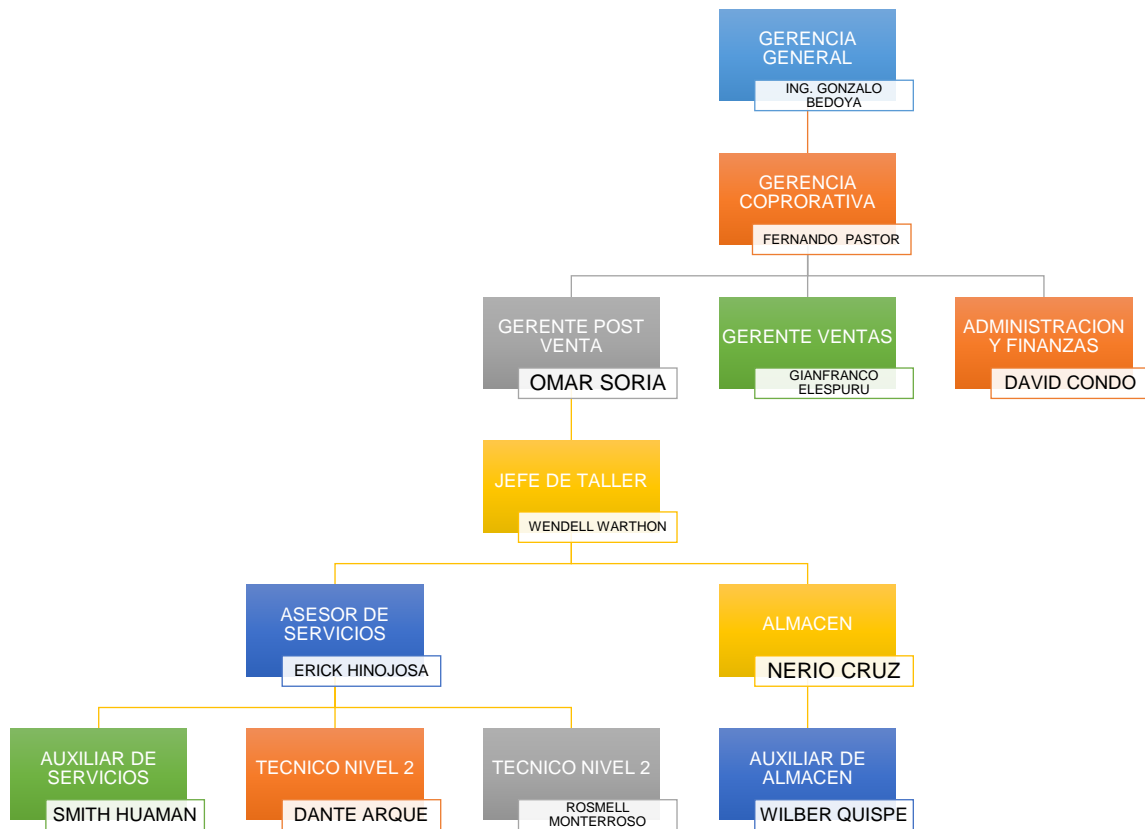
- Análisis teórico de motores de combustión por compresión y normativa vigente
- Recopilación de quejas presentadas respecto al funcionamiento y operación de unidades por los usuarios
- Desarrollo de plan de contingencia ante la problemática
- Muestreo de unidades involucradas y estudio de su utilización (modos, rutas)
- Análisis de niveles de aceite de motor, grado de obstrucción de filtro de partículas, kilometraje recorrido
- Primera prueba de ruta preliminar en 4 puntos más recurrentes donde se presentan las observaciones (cerro 7 colores (Vinincunca), Centro ciudad (Cusco), La raya, Espinar)
- Ajuste de parámetros y desarrollo de software electrónico con nuevos parámetros de operación (desarrollo con equipo técnico y de ingeniería de fabricante)
- Segunda prueba de ruta en 4 puntos más recurrentes donde se presentan las observaciones (cerro 7 colores (Vinincunca), Centro ciudad (Cusco), La raya, Espinar)
- Análisis de nueva data y validación de funcionamiento
- Participación del desarrollo de nuevo software electrónico para ECU, validación de resultados, documentación técnica, plan de mantenimiento y especificaciones técnicas.

### III. ASPECTOS REFERENCIALES

#### A. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

Razón social : Automotriz Incamotors S.A.C.  
 Dirección Legal : Av. Parra Nro. 122 – Arequipa – Arequipa  
 Dirección Sede : Av. De la Cultura Nro. 2405 – Wanchaq – Cusco  
 Concesión en Sede: Hyundai, Ford, Nissan, Geely, Motormundo  
 Página Web : <https://www.incamotors.com.pe>  
 Teléfono : (054) 222 200

#### B. ORGANIGRAMA



#### IV. DEL INFORME TECNICO PROPIAMENTE DICHO

El presente Informe técnico, lleva por título: “ESTUDIO DEL DESEMPEÑO Y AJUSTE DE PARAMETROS DE OPERACION DE MOTORES DIESEL APLICANDO LA NORMATIVA EURO IV PARA OPTIMIZAR SU RENDIMIENTO EN ALTITUDES A MAS DE 3000 msnm”, ha sido desarrollado en un tiempo aproximado de 09 meses, donde el objetivo principal del mismo es el análisis y ajuste de parámetros de operación de motores Diésel que operan en nuestra región para lograr un mayor performance de funcionamiento considerando la normativa Euro IV.

El presente estudio se enfocará en motores diésel utilizados en vehículos comerciales operando en nuestra región, específicamente en altitudes superiores a 3000 msnm. Los estudios y pruebas se realizarán en un entorno controlado para simular estas condiciones de altitud. Se evaluarán y ajustarán parámetros críticos como la inyección de combustible y la presión del turbo, y se medirán las emisiones para asegurar el cumplimiento con la normativa EURO IV. Además, se analizará el impacto de estos ajustes en el rendimiento general del motor, proporcionando recomendaciones prácticas para optimizar su operación en altitud.

Los alcances específicos de este informe técnico son:

- Análisis y muestreo de antecedentes reportados a Automotriz Incamotors S.A.C.
- Pruebas específicas de ruta típicas por usuarios que reportaron anomalías de funcionamiento
- Análisis de parámetros actuales de operación de motores diésel
- Desarrollo de nuevo software basado en parámetros de operación de motor
- Elaboración de plan de mantenimiento general para unidad
- Validación de operación con nuevo software de funcionamiento

Finalmente, el informe técnico elaborado se basa a información estrictamente privada proporcionada por parte del fabricante como, parámetros de diseño de motor, parámetros de funcionamiento, herramientas de diagnóstico y prueba especial, análisis de data y resultados preliminares, así mismo con el apoyo continuo del equipo técnico y de ingeniería del fabricante.



La empresa Automotriz Incamotors S.A.C. es una empresa líder en la distribución y representación varias marcas de prestigio internacional, proporcionando una amplia gama de vehículos que incluyen automóviles, camionetas, mini van, y otros vehículos comerciales en la región del Cusco, con una destacada trayectoria en la industria automotriz. Desde su fundación, Automotriz Incamotors S.A.C. ha comprometido sus esfuerzos en ofrecer soluciones innovadoras y de alta calidad para satisfacer las necesidades de sus clientes.

En su rol de representante, Automotriz Incamotors S.A.C. ha gestionado la solución de una variedad de problemas relacionados con el funcionamiento de los vehículos que comercializa. Los problemas más complejos incluyen fallos en sistemas de motor, sistemas de transmisión, sistemas electrónicos y otros componentes críticos del vehículo. Durante el año pasado problemas reportados específicamente relacionados con motores diésel de distintas marcas que cuentan con la tecnología Euro IV en nuestra región. Por lo que la empresa aprobó un estudio, encargando a mi persona la ejecución de dicho proyecto.

El proyecto “ESTUDIO DEL DESEMPEÑO Y AJUSTE DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE MOTORES DIÉSEL APLICANDO LA NORMATIVA EURO IV PARA OPTIMIZAR SU RENDIMIENTO EN ALTITUDES A MÁS DE 3000 msnm” tiene como objetivo principal identificar, analizar y resolver los problemas de rendimiento y emisiones en motores diésel Euro IV operando en altitudes elevadas, específicamente en un tipo de motor que recientemente ha presentado una serie de observaciones por nuestros usuarios que conllevan el descontento de nuestros usuarios que ha traducido inclusive en denuncias escaladas a entes legales, entre ellos, humeo, pérdida de potencia, paradas imprevistas, consumo de combustible y pérdidas económicas. Esto incluye la evaluación de los factores que afectan el desempeño, la implementación de ajustes técnicos necesarios y la validación de los resultados a través de pruebas exhaustivas. ‘

Estos antecedentes proporcionan una base sólida para justificar la importancia y la necesidad de estudio como profesional en Ingeniería Mecánica, para fines de estudio, la resolución de estos problemas es de suma importancia ya que permitirá mejorar la confiabilidad y eficiencia de los vehículos que representa Automotriz Incamotors S.A.C., aumentando la satisfacción del cliente. Además, el éxito de este proyecto puede proporcionar una ventaja competitiva significativa, permitiendo a la empresa ofrecer soluciones optimizadas para regiones con condiciones geográficas similares y dar cabida a otros temas de investigación pertinentes en nuestra región.

## 1. AMBITO GEOGRAFICO

El proyecto de estudio y ajuste de parámetros de operación de motores diésel bajo la normativa Euro IV se desarrollará en la región del Cusco, para fines de análisis del comportamiento de motores diésel se tiene diferentes condiciones de altitud, como sigue:

### 1. Cerro 7 Colores (Vinincunca)

- Altitud: Aproximadamente 5,200 msnm.
- Descripción: Ubicado en la región de Cusco, este sitio es conocido por su impresionante formación montañosa de colores naturales. Las condiciones de alta altitud y bajas temperaturas hacen de este lugar un entorno ideal para probar la eficiencia y las emisiones de los motores diésel en condiciones extremas de altitud.

### 2. Centro Ciudad (Cusco)

- Altitud: Aproximadamente 3,400 msnm.
- Descripción: Cusco, una ciudad histórica y turística, representa un entorno urbano a gran altitud. Las pruebas en este lugar ayudarán a evaluar el desempeño de los motores diésel en condiciones de tráfico urbano, donde la demanda de potencia y las emisiones son factores críticos.

### 3. La Raya

- Altitud: Aproximadamente 4,335 msnm.
- Descripción: La Raya es un paso de montaña en la cordillera de los Andes, situado en la carretera entre Cusco y Puno. Este lugar se caracteriza por sus altas altitudes y condiciones climáticas cambiantes, ofreciendo un escenario ideal para evaluar la adaptabilidad y el rendimiento de los motores diésel en rutas de transporte interregional.

### 4. Espinar

- Altitud: Aproximadamente 3,900 msnm.
- Descripción: Espinar, ubicada en la región de Cusco, es una zona minera y agrícola. Las pruebas en esta área permitirán analizar el rendimiento de los motores diésel en condiciones de trabajo pesado y en altitudes elevadas, similares a las que se encuentran en operaciones industriales y agrícolas.

### Metodología de Pruebas

Antes de Implementar el Nuevo Software: Se realizarán pruebas iniciales para recolectar datos sobre el rendimiento actual de los motores diésel Euro IV en términos de potencia, eficiencia de combustible y niveles de emisión de gases de escape, medición de niveles de fluidos de motor en cada una de las ubicaciones mencionadas.

Después de Implementar el Nuevo Software: Tras ajustar los parámetros de operación basados en el estudio, se realizarán pruebas adicionales en los mismos lugares para comparar los resultados y evaluar las mejorías en motores diésel Euro IV (validación de software electrónico)

## 2. DESCRIPCION DEL INFORME TECNICO

El propósito por el cual se desarrolla el informe técnico “ESTUDIO DEL DESEMPEÑO Y AJUSTE DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE MOTORES DIÉSEL APLICANDO LA NORMATIVA EURO IV PARA OPTIMIZAR SU RENDIMIENTO EN ALTITUDES A MÁS DE 3000 msnm” es el de obtener el título profesional cuyo contenido es parte de desarrollo de la ingeniería mecánica avocada al diseño y análisis de parámetros de funcionamiento de motores diésel cumpliendo con la normativa Euro IV.

El presente informe técnico estará enfocado en el ajuste de parámetros y análisis del comportamiento de motores diésel en nuestra región a más de 3000 msnm en el cual se harán pruebas antes y después de obtener el nuevo software que permitirá optimizar el rendimiento del mismo, y para ello se tomara como objeto de estudio el motor R2.2CRDI.

Estas pruebas permitirán validar la efectividad de los ajustes de parámetros realizados en el motor diésel R2.2CRDI y que este cumpla con la normativa Euro IV y funcionen de manera eficiente en diversas condiciones geográficas y climáticas.

## 3. ANTECEDENTES

En el Perú, la normativa Euro IV ha sido adoptada para regular las emisiones de contaminantes de los vehículos a motor, estableciendo límites estrictos sobre las emisiones de gases como el óxido de nitrógeno (NOx), partículas (PM), hidrocarburos (HC) y monóxido de carbono (CO). Esta normativa es de particular relevancia en la región de Cusco, donde las condiciones de alta altitud plantean desafíos adicionales para el cumplimiento de estos estándares.

En la ciudad de Cusco, situada a una altitud superior a los 3000 metros sobre el nivel del mar (msnm), los vehículos equipados con motores diésel R2.2 CRDI presentan un rendimiento subóptimo y diversos problemas técnicos. Estos problemas incluyen un aumento anómalo en el nivel de aceite del motor, emisiones excesivas de humo, vehículos varados frecuentemente y una notable pérdida de potencia. Además, se han identificado problemas específicos en el sistema de recirculación de gases de escape (EGR) y en el sistema de catalizador, que contribuyen significativamente a estos fallos.

La causa principal de estos problemas ha sido identificada en el sistema de escape del vehículo, específicamente en el sistema de regeneración del filtro de partículas diésel (DPF). A altitudes elevadas, las condiciones atmosféricas, como la menor densidad del aire y la reducción en la cantidad de oxígeno disponible, interfieren negativamente en la eficiencia del sistema de escape y la regeneración del DPF, impidiendo su correcto funcionamiento. Esta situación genera una acumulación de partículas en el filtro, lo que contribuye a los problemas mencionados. Asimismo, el sistema EGR y el catalizador no operan eficientemente bajo estas condiciones, lo que agrava las emisiones y la pérdida de potencia.

Las consecuencias de este mal funcionamiento son significativas y afectan tanto el desempeño del motor como la satisfacción del cliente. Entre las principales consecuencias se encuentran la reducción en la eficiencia y potencia del motor, pérdidas económicas para los propietarios debido a reparaciones frecuentes y vehículos varados que causan molestias y retrasos en sus actividades cotidianas, así mismo el aumento de las quejas y denuncias de los clientes Automotriz Incamotors SAC.

Para abordar estos problemas y en cumplimiento con la normativa Euro IV, que establece límites estrictos sobre las emisiones contaminantes de los motores diésel, se propone un estudio exhaustivo del desempeño de los motores diésel R2.2 CRDI en las condiciones geográficas específicas de Cusco. Este estudio se centrará en el ajuste de los parámetros electrónicos del motor mediante la implementación de un nuevo software que sea capaz de adaptarse a las condiciones de altitud. Además, se llevarán a cabo pruebas rigurosas para validar la efectividad de estos ajustes y asegurar el cumplimiento de la normativa Euro IV.

Finalmente, lo que se va a lograr es optimizar el rendimiento de los motores diésel R2.2 CRDI a altitudes superiores a 3000 msnm, reducir las emisiones de humo y otros contaminantes, garantizar la estabilidad en los niveles de aceite del motor y aumentar la satisfacción del cliente mediante la reducción de quejas y denuncias. Adicionalmente, se busca contribuir al conocimiento y desarrollo de tecnologías que permitan el ajuste y la optimización de motores diésel en condiciones de alta altitud, promoviendo así la eficiencia energética y la reducción de emisiones conforme a las regulaciones ambientales vigentes.

Los motores diésel R2.2 CRDI en la región de Cusco, ubicada a más de 3000 msnm, presentan un desempeño deficiente debido a fallos en el sistema de regeneración del filtro de partículas diésel (DPF), el sistema de recirculación de gases de escape (EGR) y el sistema de catalizador. Estos fallos resultan en el aumento del nivel de aceite del motor, emisiones excesivas de humo, vehículos varados y pérdida de potencia. Es necesario desarrollar e implementar un ajuste en los parámetros electrónicos del motor que se adapte a las condiciones



de alta altitud, cumpla con la normativa Euro IV y optimice el rendimiento y la fiabilidad de estos motores.

## 4. OBJETIVOS

### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar un nuevo ajuste de los parámetros electrónicos del motor diésel R2.2 CRDI, adaptado a las condiciones de alta altitud en Cusco (más de 3000 msnm), para optimizar su rendimiento y fiabilidad, cumpliendo con los estándares de la normativa Euro IV y reduciendo los problemas operativos relacionados con el sistema de regeneración del filtro de partículas diésel (DPF), el sistema de recirculación de gases de escape (EGR) y el sistema de catalizador.

### 3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Con el presente informe técnico se plantea los siguientes objetivos específicos:

Realizar un análisis detallado de las condiciones operativas y ambientales en altitudes superiores a 3000 msnm en Cusco, para identificar los desafíos específicos que afectan el rendimiento de los motores diésel R2.2 CRDI.

Diagnosticar y documentar las principales causas de los problemas operativos relacionados con el sistema de regeneración del filtro de partículas diésel (DPF), el sistema de recirculación de gases de escape (EGR) y el sistema de catalizador en condiciones de alta altitud.

Desarrollar un software especializado que permita ajustar los parámetros electrónicos del motor diésel R2.2 CRDI, optimizando su funcionamiento para adaptarse eficientemente a las condiciones específicas de alta altitud en Cusco.

Implementar y validar el nuevo ajuste de parámetros electrónicos en vehículos de prueba equipados con motores diésel R2.2 CRDI, realizando pruebas exhaustivas en condiciones reales de operación en altitudes elevadas.

Establecer un sistema de monitoreo continuo para evaluar el rendimiento del motor después de la implementación de los ajustes, asegurando la conformidad con los estándares de emisiones de la normativa Euro IV y la eficiencia a largo plazo del sistema.

Capacitar al personal técnico y operativo en el uso y mantenimiento del nuevo software y los ajustes implementados, garantizando una correcta implementación y operación sostenible del sistema en condiciones de alta altitud.

## 5. OBSERVACIONES A TENER EN CUENTA

Desarrollo de Ajustes Electrónicos: Implementación de ajustes específicos en los parámetros electrónicos del motor R2.2 CRDI para mejorar su rendimiento y fiabilidad en altitudes superiores a 3000 msnm en Cusco, Perú.

Cumplimiento con Normativa Euro IV: Asegurar que los ajustes realizados cumplan con los estándares de emisiones establecidos por la normativa Euro IV para motores diésel.

Pruebas en Condiciones Reales: Realización de pruebas exhaustivas en campo para validar la efectividad de los ajustes implementados en vehículos Hyundai equipados con el motor R2.2 CRDI.

Capacitación y Transferencia de Conocimiento: Proporcionar entrenamiento al personal técnico de Automotriz Incamotors SAC para la correcta implementación y mantenimiento de los nuevos ajustes.

Fines Legales y Confidencialidad: Restricciones para mencionar específicamente la marca y modelo del vehículo objeto de estudio, equipado con el motor R2.2 CRDI, en el proyecto de tesis debido a acuerdos de confidencialidad o normativas internas de la empresa y del fabricante.

Disponibilidad de Recursos: Limitaciones en cuanto a recursos financieros, tiempo y personal para llevar a cabo todas las pruebas y ajustes propuestos.

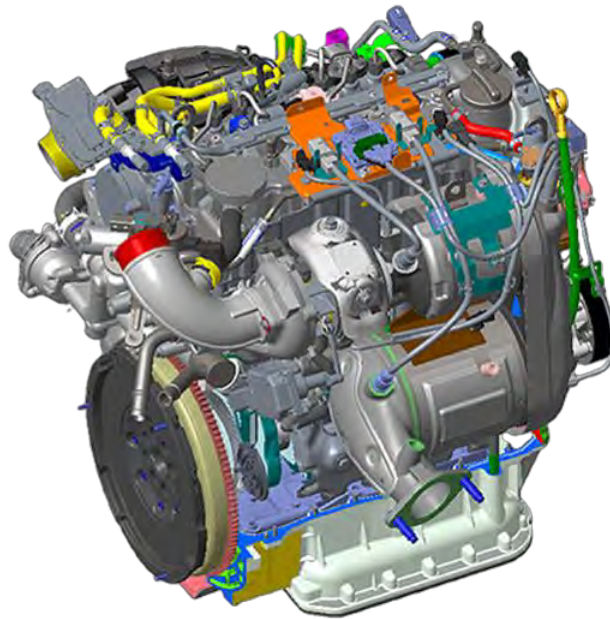
Condiciones Climáticas Variables: Variabilidad en las condiciones climáticas y de altitud en Cusco, lo que podría influir en los resultados de las pruebas y en la efectividad de los ajustes realizados.

Generalización de Resultados: La investigación se centra en un modelo específico de vehículo Hyundai y un tipo de motor, por lo que los resultados pueden no ser completamente generalizables a otros modelos o marcas.

## 6. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 5.1 MOTOR DIESEL SOBREALIMENTADO

El concepto de motor diésel sobrealimentado se refiere a la utilización de dispositivos como turboalimentadores o supercargadores para aumentar la presión del aire dentro de los cilindros del motor. Esta técnica mejora significativamente la eficiencia de la combustión al incrementar la cantidad de oxígeno disponible para la mezcla de combustible, lo que resulta en un aumento de potencia sin necesidad de aumentar considerablemente el tamaño del motor. (Heywood, 2018, p. 325)



*Figura 1 Motor diésel sobrealimentado. Adaptado de Hyundai (n.d.), <https://www.hyundaicr.com.php>.*

El motor diésel sobrealimentado es crucial en contextos como el estudio del desempeño de motores diésel a altitudes elevadas, donde la reducción de la presión atmosférica puede afectar la eficiencia. Esta tecnología compensa esta limitación al incrementar la densidad del aire, optimizando así el rendimiento del motor bajo condiciones adversas.

### 5.2 MODULO ECU

El módulo ECU, conocido como Unidad de Control Electrónico en inglés, es un componente clave en los sistemas modernos de gestión de motores diésel. Este dispositivo utiliza sensores para monitorear constantemente variables como la temperatura del motor, la presión del combustible, y las condiciones de carga y velocidad del motor. Basado en esta información, la ECU ajusta dinámicamente la inyección de combustible y el tiempo de encendido para

optimizar la eficiencia del motor, reducir las emisiones y mejorar el rendimiento general del vehículo. (Smith, 2020, p. 128)



Figura 2. Modulo ECU (Engine Control Unit). Recuperado de Motoresauto, <https://www.motoresauto.com/modulo-de-control-electronico-ecm/>

El módulo ECU desempeña un papel fundamental en la adaptación y optimización continua de motores diésel, especialmente en estudios que evalúan cómo estos sistemas responden a variaciones ambientales y de carga. Al integrar datos de múltiples sensores, la ECU permite ajustes precisos que son críticos para cumplir con normativas ambientales y maximizar la eficiencia del motor.

### 5.3 FILTRO DPF

El filtro de partículas diésel (DPF) es un componente crucial en los sistemas de escape de los motores diésel modernos. Su función principal es capturar y retener las partículas sólidas, como el hollín, que se generan durante la combustión del diésel. Utiliza una estructura porosa y un recubrimiento catalítico para atrapar eficazmente estas partículas, mientras permite que los gases de escape limpios pasen a través de él. Periódicamente, el DPF regenera estas partículas, quemándolas a altas temperaturas o mediante procesos químicos, para mantener su eficiencia y evitar la obstrucción del sistema de escape. (García, 2019, p. 75)

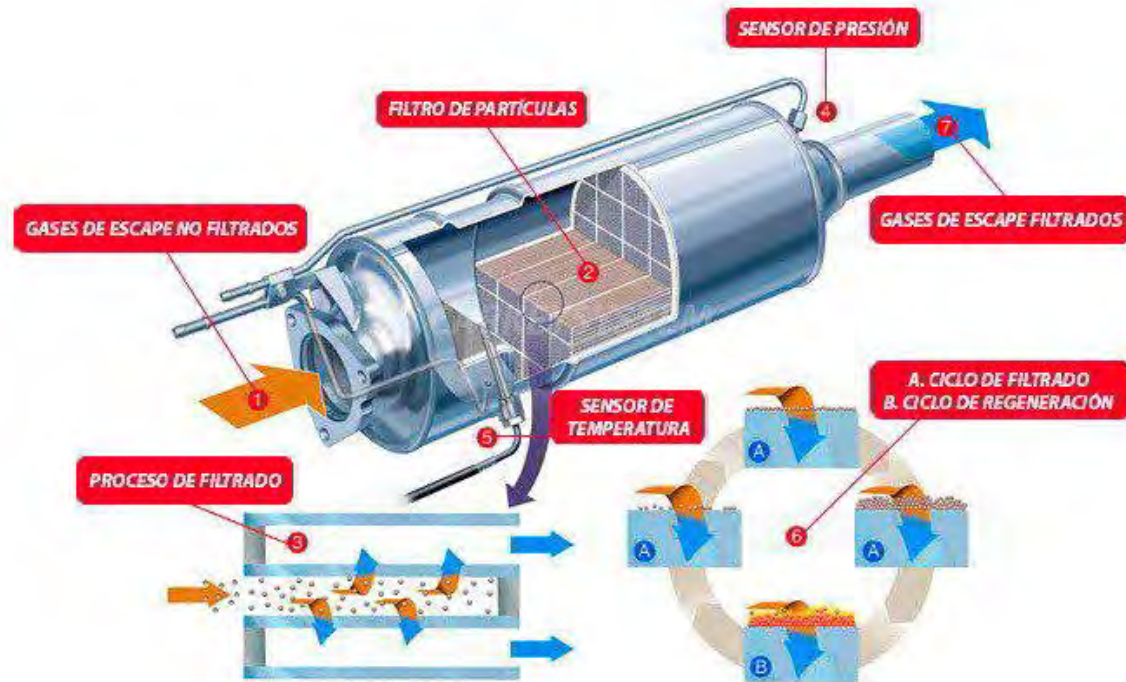


Figura 3. Filtro de partículas diesel (DPF). Recuperado de Ingeniería mecánica automotriz,  
<https://www.ingenieriamecanicaautomotriz.com/que-es-el-filtro-de-particulas-diesel-dpf-y-como-funciona/>

El filtro de partículas diésel (DPF) es esencial en la reducción de emisiones de motores diésel, especialmente en entornos urbanos y en estudios que analizan su impacto en la calidad del aire. Su capacidad para atrapar partículas sólidas contribuye significativamente a cumplir con las normativas ambientales vigentes y mejorar la sostenibilidad de los vehículos diésel modernos.

#### 5.4 CATALIZADOR

El catalizador es un dispositivo fundamental en los sistemas de escape de los vehículos diésel y de gasolina. Consiste en un sustrato cerámico recubierto con metales preciosos como platino, paladio y rodio, que facilitan reacciones químicas que convierten los gases contaminantes, como el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos no quemados (HC) y los óxidos de nitrógeno (NOx), en gases menos nocivos, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), agua y nitrógeno. Esta tecnología es esencial para reducir las emisiones contaminantes y cumplir con las normativas ambientales vigentes. (Sánchez, 2020, p. 45)

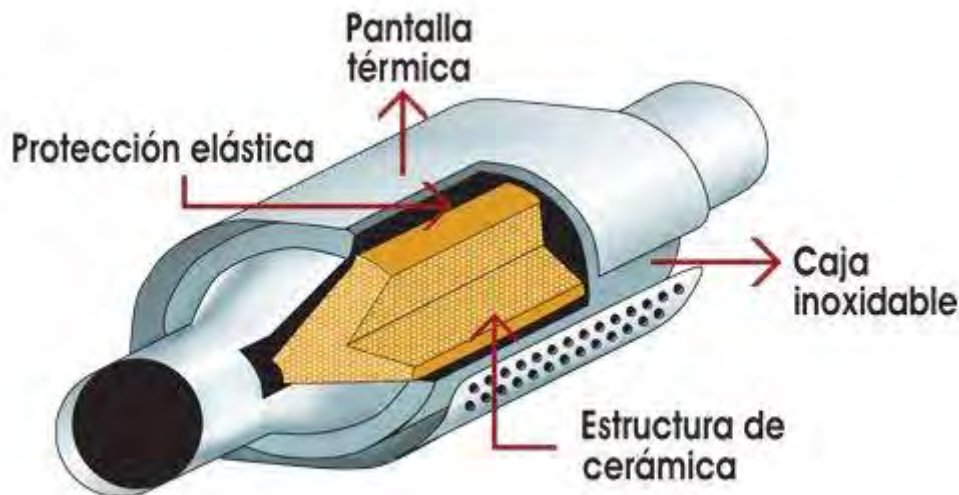


Figura 4. Diagrama del funcionamiento de un catalizador. Recuperado de Revoshop, <https://revoshop.com.pe/como-funcionan-los-catalizadores-y-cuales-son-sus-beneficios/>

El catalizador desempeña un papel crucial en la reducción de emisiones de los motores diésel y de gasolina, especialmente en entornos urbanos y estudios que evalúan su eficacia en la mejora de la calidad del aire. Su capacidad para convertir gases tóxicos en compuestos menos dañinos contribuye significativamente a la sostenibilidad ambiental y al cumplimiento de estándares reguladores estrictos.

## 5.5 SISTEMA DE INYECCION CRDI

La inyección CRDI es una tecnología avanzada de inyección directa de combustible utilizada en motores diésel modernos. En este sistema, el combustible se inyecta a alta presión en un riel común (common rail) que distribuye de manera individualizada y precisa el combustible a cada cilindro del motor. Esto permite una mejor atomización del combustible y una combustión más eficiente, lo que resulta en un rendimiento mejorado del motor, menores emisiones contaminantes y un consumo de combustible más eficiente en comparación con los sistemas de inyección convencionales. (González, 2021, p. 82)

La tecnología de inyección CRDI ha revolucionado la eficiencia de los motores diésel, especialmente en estudios que analizan su impacto en la reducción de emisiones y el aumento del rendimiento. Al optimizar la entrega de combustible a través de un riel común de alta presión, esta tecnología promueve una combustión más completa y controlada, cumpliendo así con estándares ambientales más estrictos y mejorando la economía de combustible.

## 5.6 SISTEMA EGR

El sistema EGR es una tecnología utilizada en motores diésel y de gasolina para reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) al recircular una parte de los gases de escape hacia la admisión de aire del motor. Al introducir estos gases inertes en la cámara de combustión, se reduce la temperatura máxima de combustión, lo que disminuye la formación de NOx, manteniendo así el motor dentro de los límites permitidos por las normativas ambientales. Este sistema optimiza la eficiencia del motor al tiempo que contribuye a la reducción de emisiones contaminantes. (Rodríguez, 2021, p. 115)

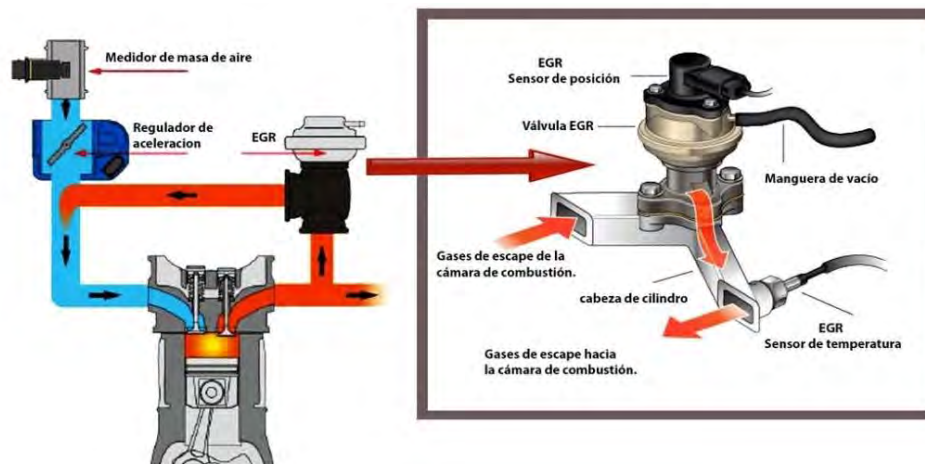


Figura 5. Funcionamiento del EGR. Recuperado de Atik automotive, <https://www.atikautomotive.com/sin-categorias/valvulas-egr-que-son-y-por-que-son-importantes/>

El sistema EGR juega un papel crucial en la mejora de la eficiencia y la reducción de emisiones en motores diésel y de gasolina modernos. Al reintroducir gases de escape en la admisión de aire, se reduce la producción de óxidos de nitrógeno, lo que permite cumplir con los estándares ambientales más estrictos y mejorar la sostenibilidad de los vehículos.

## 5.7 SISTEMA TURBOCOMPRESOR

El sistema turbocompresor es una tecnología avanzada utilizada en motores diésel y de gasolina para aumentar la potencia y eficiencia del motor mediante la recuperación de energía de los gases de escape. Consiste en un turbocompresor que utiliza la energía cinética de los gases de escape para comprimir el aire de admisión antes de que entre en los cilindros del motor. Esto aumenta significativamente la densidad del aire y, por lo tanto, mejora la combustión, lo que resulta en un incremento de potencia sin aumentar el tamaño del motor ni el consumo de combustible. (Martínez, 2022, p. 68)

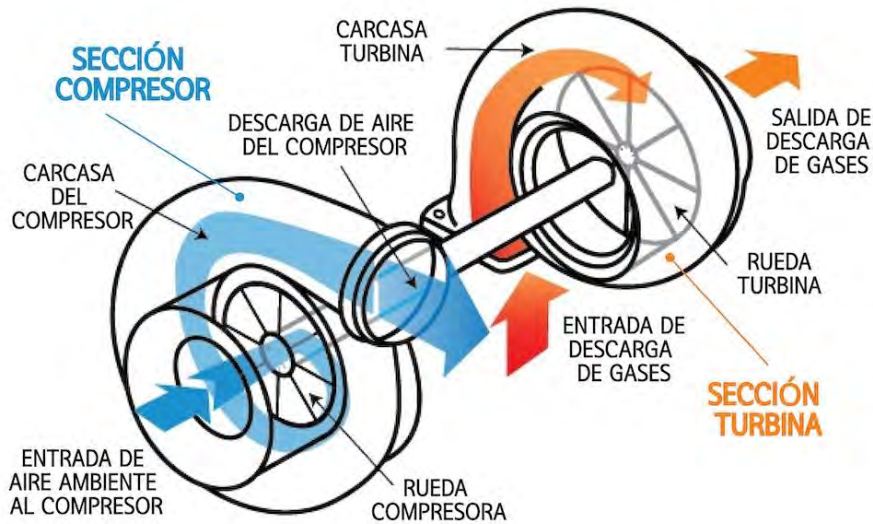


Figura 6. Partes del turbo compresor. recuperado de Turbosel, <https://turbosel.cl/blog/descubriendo-las-partes-y-vida-util-de-un-turbo>

El sistema turbocompresor ha evolucionado para ser una solución clave en la mejora del rendimiento y eficiencia de motores modernos. Al aprovechar la energía residual de los gases de escape, este sistema optimiza la combustión al incrementar la presión y densidad del aire admitido, cumpliendo con normativas ambientales más estrictas y mejorando la economía de combustible.

## 7. NORMAS ESTANDARES REFERENCIAS

### 6.1 NORMATIVA EURO

La normativa Euro es un conjunto de regulaciones establecidas por la Unión Europea para limitar las emisiones contaminantes de los vehículos automotores, especialmente los motores diésel y de gasolina. Estas normativas imponen límites estrictos a las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), partículas (PM), monóxido de carbono (CO) y hidrocarburos (HC) que los vehículos pueden emitir. La implementación de estas regulaciones ha impulsado el desarrollo de tecnologías avanzadas de control de emisiones, como filtros de partículas diésel (DPF), sistemas de recirculación de gases de escape (EGR) y catalizadores, para garantizar que los vehículos cumplan con estándares ambientales cada vez más exigentes. (Gómez, 2023, p. 145)

La normativa Euro representa un marco legal crucial para la reducción de emisiones vehiculares en Europa y ha servido de modelo para legislaciones similares en otras partes del mundo. Al establecer límites rigurosos, ha promovido la innovación en tecnologías de control de emisiones, contribuyendo significativamente a la mejora de la calidad del aire y a la sostenibilidad ambiental en el sector del transporte.



## 6.2 NORMATIVA EURO IV EN EL PERU

A partir del 2017, Perú comenzó a adoptar la normativa Euro IV para vehículos nuevos importados y fabricados en el país. Esta transición se realizó progresivamente para alinearse con los estándares internacionales y mejorar la calidad del aire. ((MINAM), 2017, p. 5)

La normativa Euro IV impone límites estrictos a las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), partículas (PM), monóxido de carbono (CO) y hidrocarburos (HC). Esto ha obligado a los fabricantes y distribuidores a integrar tecnologías de control de emisiones, como los filtros de partículas diésel (DPF) y los sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR). ((MINAM), 2017, p. 6)

Contaminantes de aire	Euro IV	Euro III	Reducción de emisiones
Monóxido de Carbono CO (gramos/Km)	0.50	0.64	22%
Óxidos de Nitrógeno NOx (gramos/Km)	0.25	0.50	50%
Hidrocarburos + NOx (gramos/Km)	0.30	0.56	46%
Material particulado PM (gramos/Km)	0.025	0.05	50%

Figura 7. Límites permitidos Euro IV en Peru. DS-007-2017-MINAM

En cuanto a la normativa el Decreto Supremo N° 010-2017-MINAM establece los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores nuevos. Este reglamento se actualiza periódicamente para reflejar los avances tecnológicos y las necesidades ambientales del país. ((MINAM), 2017, p. 8)

Por otro lado, la calidad del Diésel según el OSINERGMIN regula la calidad del combustible diésel en Perú, estableciendo límites para el contenido de azufre y otros componentes que afectan las emisiones. La reducción del contenido de azufre en el diésel es crucial para el funcionamiento efectivo de los sistemas de control de emisiones ((OSINERGMIN), 2021, p. 9)

## 8. MATERIALES

### 7.1 D-LOGGER

Un D-Logger es una herramienta de diagnóstico que se utiliza para registrar datos de diversos parámetros del vehículo en tiempo real. Este dispositivo puede medir y registrar datos como la velocidad del motor, la temperatura del refrigerante, la presión del turbo, y las

emisiones de gases de escape. En el contexto de nuestro proyecto, se empleará para monitorear el desempeño del motor diésel del modelo por ahora denominado R2.2 CRDI, permitiendo recopilar información detallada sobre el rendimiento del motor, consumo de combustible y emisiones, como la instalación del nuevo software electrónico que modifica los parámetros de operación del motor R2.2 CRDI. Cabe destacar que, por razones de confidencialidad, no mencionaremos la marca específica de este dispositivo en nuestro informe (Motivo de confidencialidad, n.d.).



Figura 8. D-logger CVCI-301. Motivo de confidencialidad, n.d.

## 7.2 ESCANER AUTOMOTRIZ

Un escáner automotriz es un dispositivo electrónico diseñado para comunicarse con el sistema de diagnóstico a bordo (OBD II) del vehículo. Este escáner puede leer y borrar códigos de error, monitorear datos en tiempo real como la mezcla de combustible, el tiempo de encendido y la eficiencia del convertidor catalítico, y realizar pruebas de diagnóstico avanzadas. En el presente informe técnico, el escáner será utilizado para diagnosticar problemas específicos y evaluar el estado de diversos componentes del motor diésel R2.2 CRDI, asegurando su óptimo rendimiento bajo la normativa Euro IV. Sin embargo, no mencionaremos la marca específica del escáner por motivos de confidencialidad (Motivo de confidencialidad, n.d.).

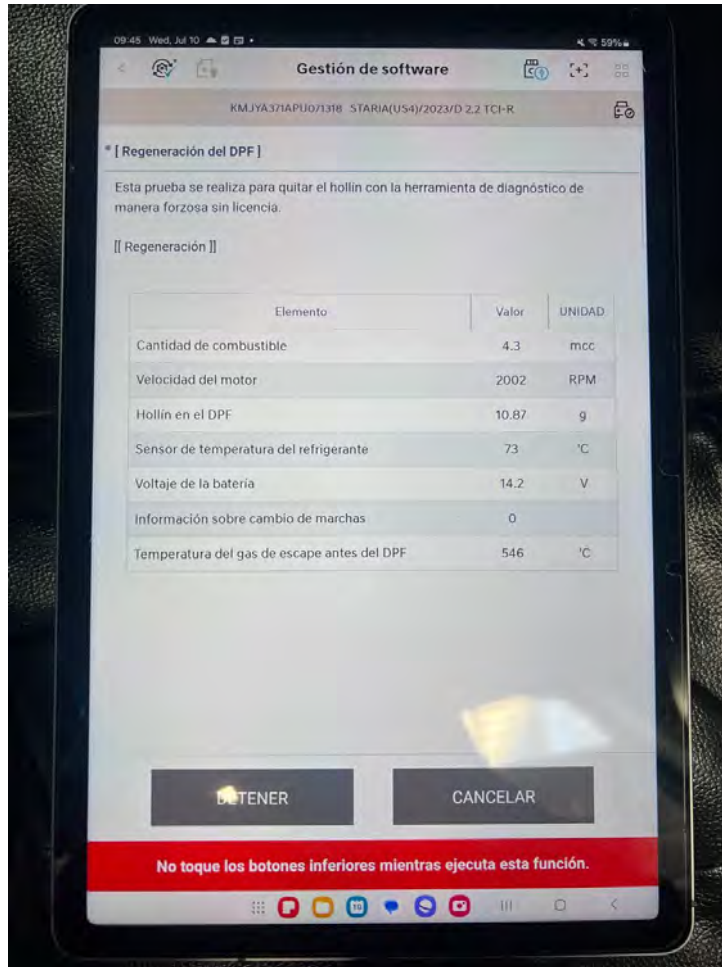


Figura 9. Datos de regeneración DPF. Fuente propia

### 7.3 MOTOR R2.2 CRDI

El motor R2.2 CRDI el cual será objeto de estudio para este informe técnico es un motor diésel de última generación desarrollado por Hyundai, diseñado para proporcionar un equilibrio óptimo entre rendimiento, eficiencia de combustible y bajas emisiones. Este motor cuenta con un sistema de inyección directa de alta presión Common Rail (CRDI), que permite una atomización precisa del combustible para mejorar la combustión y reducir las emisiones. Con una cilindrada de 2.2 litros, este motor está equipado con un turbocompresor de geometría variable (VGT).

El motor R2.2 CRDI, presenta las siguientes características principales:

**Inyección CRDI:** El sistema CRDI opera a presiones de hasta 2000 bares, lo que garantiza una pulverización fina del combustible para una combustión más eficiente y limpia.

**Turbocompresor VGT:** El turbocompresor de geometría variable ajusta el flujo de gases de escape para optimizar el rendimiento del motor a diferentes velocidades y cargas.

**Sistema de Recirculación de Gases de Escape (EGR):** Este sistema reduce las emisiones de NOx al recircular una parte de los gases de escape de vuelta al motor.

**Filtro de Partículas Diésel (DPF):** Captura las partículas de hollín en los gases de escape, reduciendo significativamente las emisiones de partículas.

En el contexto de nuestro proyecto de investigación, el motor R2.2 CRDI será analizado y ajustado para optimizar su rendimiento bajo la normativa Euro IV en altitudes superiores a los 3000 msnm. Esto implica el uso de herramientas de diagnóstico avanzadas para efectuar pruebas técnicas específica, como la recopilación de parámetros de operación real. Por motivos de confidencialidad, la información sobre el motor R2.2 CRDI será de carácter limitado y solamente para fines de conocimiento en el informe técnico y presentaciones del proyecto (Motivo de confidencialidad, n.d.).

#### 7.4 PRE FILTRO DE COMBUSTIBLE

Un pre filtro de combustible es un componente crucial diseñado para eliminar las impurezas y contaminantes del combustible antes de que este llegue al sistema de inyección del motor. Este dispositivo se instala antes del filtro principal del combustible y está diseñado para capturar partículas de mayor tamaño, agua, y otros contaminantes que podrían dañar los componentes sensibles del sistema de inyección, como los inyectores y la bomba de alta presión.

El pre filtro utilizado en este caso tiene las siguientes características técnicas:

**Filtración de Partículas:** El pre filtro de combustible puede capturar partículas de hasta 30 micrones, protegiendo así los componentes del sistema de inyección.

**Separación de Agua:** Muchos pre filtros están equipados con separadores de agua que eliminan el agua del combustible, evitando la corrosión y el daño a los inyectores.

**Capacidad de Flujo:** Diseñado para mantener un flujo constante de combustible, asegurando que el motor reciba un suministro adecuado sin restricciones.

**Durabilidad y Mantenimiento:** Fabricados con materiales resistentes y de alta durabilidad, estos filtros requieren un mantenimiento periódico para asegurar su eficacia a largo plazo.

En el contexto de nuestro proyecto de investigación, la instalación de un pre filtro de combustible será una parte esencial de la optimización del sistema de inyección del motor diésel del R2.2 CRDI. Este componente, diseñado y validado por el representante, será instalado en una etapa de la investigación con el objetivo de mejorar la calidad de inyección de

combustible. Al reducir las impurezas y el contenido de agua en el combustible, el pre filtro ayudará a asegurar que el motor funcione de manera más eficiente y cumpla con los estándares de emisiones de la normativa Euro IV.

## 7.5 ESPECIFICACIONES TECNICAS

A continuación, se describe especificaciones técnicas del motor R2.2 CRDI:

*Tabla 1.*

*Especificaciones técnicas motor R2.2 CRDI*

<b>MOTOR</b>	2.2 CRDI EURO IV
<b>TIPO</b>	TORBO DIESEL CON BOMBA DE INYECCION ELECTRONICA
<b>POTENCIA MAXIMA (HP/RPM)</b>	174/3800
<b>TORQUE MAXIMO (Kg.m/RPM)</b>	44/1500-2500
<b>CILINDRADA (cc)</b>	2199
<b>RELACION DE COMPRESION</b>	16:1
<b>TIPO DE TRANSMISION</b>	MECANICA 6 VELOCIDADES + RETROCESO
<b>TRACCION</b>	2WD
<b>CAPACIDAD DE TANQUE DE COMBUSTIBLE (L/Gal)</b>	75/19.8

Nota: Fuente Propia

## 9. DESARROLLO DE ESTUDIO

### 8.1 ETAPA I: DETERMINACION DE FALLAS Y PRE DIAGNOSTICO (03 MESES)

En esta primera etapa, se realiza un diagnóstico exhaustivo del motor R2.2 CRDI para identificar las fallas y problemas comunes reportados por los usuarios. Se instalan dispositivos de monitoreo como escáner automotriz para capturar datos detallados sobre el rendimiento del motor en diferentes condiciones operativas. Se ha recibido un total de 270 casos en Automotriz Incamotors para recopilar información precisa sobre el comportamiento del motor en altitudes superiores a los 3000 msnm. Este diagnóstico inicial es crucial para establecer una línea base de datos que permitirá evaluar la efectividad de las intervenciones futuras.

#### **Objetivo:**

Realizar un diagnóstico inicial del motor diésel R2.2 CRDI y recopilar datos base.

#### **Recursos Disponibles:**

Personal: 3 técnicos, 6 ingenieros automotrices

Materiales: Escáner automotriz, PC, lubricante de motor y filtrería básica

Infraestructura: Taller del concesionario Automotriz Incamotors.

#### **Acciones Específicas:**

Análisis de las fallas reportadas por los usuarios del vehículo.

Registro de datos iniciales de fallas comunes y problemas reportado

Registro de padrón inicial de unidades con incidencias

#### **Diagnóstico de problemas específicos, incluyendo:**

Nivel de aceite de motor levado (Rango A)

Pérdida de potencia.

Humo excesivo.

Alertas en el tablero de instrumentos (check motor, check DPF).

Vehículos que no encienden.

#### **Resultados Esperados:**

Datos base sobre el rendimiento y las emisiones del motor diésel antes de cualquier intervención, así como un registro detallado de las fallas reportadas y observadas.

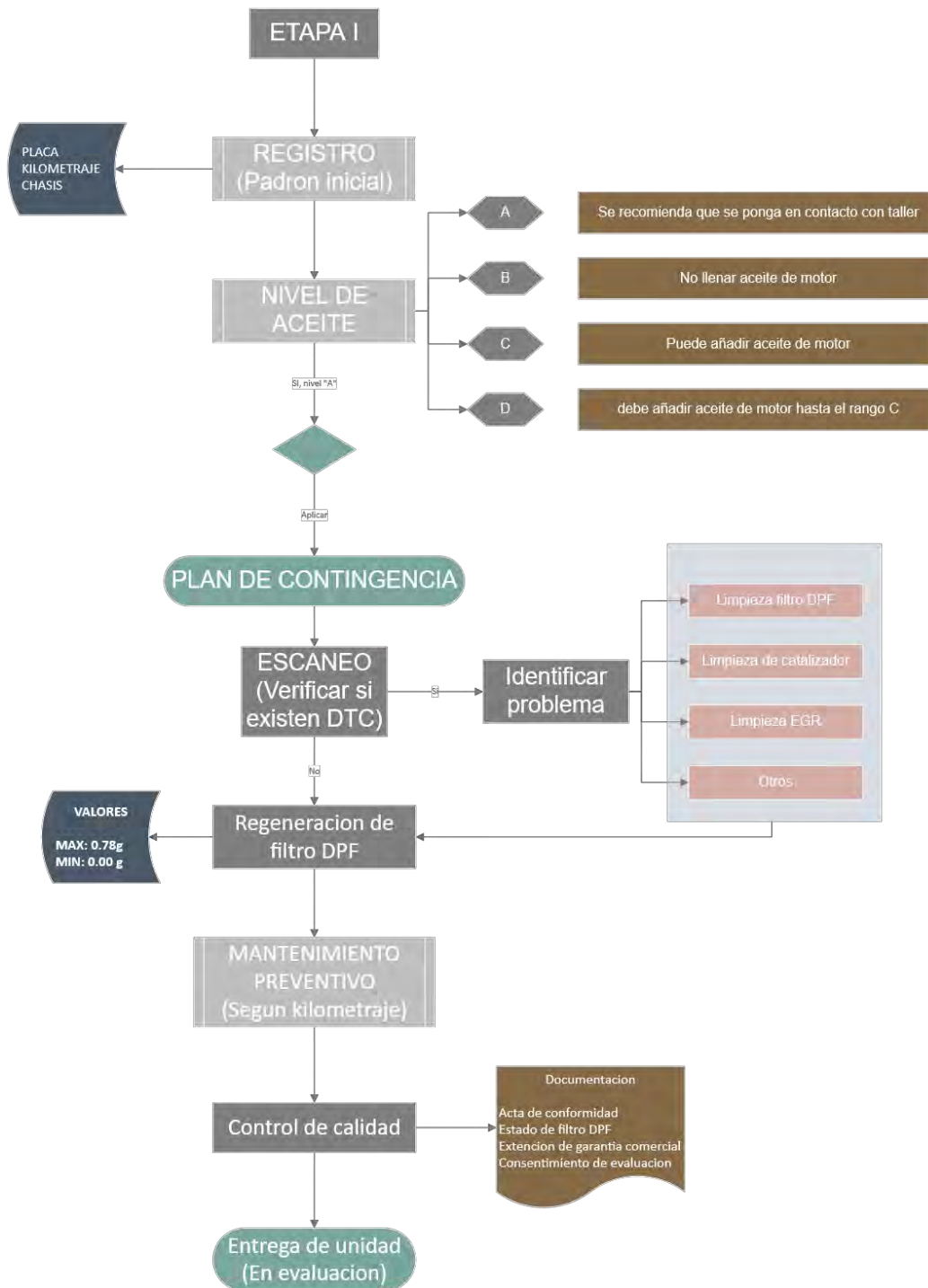


Figura 10. Proceso de contingencia Etapa I. Fuente propia

## 8.2 ANALISIS DE RESULTADOS DE LA ETAPA I

En la primera etapa del proyecto, denominada "Determinación de Fallas y Pre Diagnóstico", se realizó un diagnóstico exhaustivo del motor R2.2 CRDI para identificar fallas y problemas comunes reportados por los usuarios. Esta etapa, que duró tres meses, incluyó la instalación de dispositivos de monitoreo, como escáneres automotrices, para capturar datos detallados sobre el rendimiento del motor en altitudes superiores a los 3000 msnm. Se recopilaron datos de 270 casos en Automotriz Incamotors, estableciendo una línea base crucial para evaluar la efectividad de las intervenciones futuras. Las acciones específicas incluyeron el análisis de fallas reportadas, el registro de datos iniciales de fallas comunes, y el diagnóstico de problemas específicos como niveles elevados de aceite de motor, pérdida de potencia, humo excesivo, alertas en el tablero de instrumentos y vehículos que no encienden. Los resultados esperados de esta etapa fueron la obtención de datos base sobre el rendimiento y las emisiones del motor antes de cualquier intervención.



### **8.3 ETAPA II: INSTALACION DE PRE FILTRO Y PARAMETRIZACION (3.5 MESES)**

#### **Objetivo:**

Mejorar la calidad del combustible mediante la instalación del pre filtro de combustible y el uso de aditivos DPF.

#### **Recursos Disponibles:**

Personal: 3 técnicos, 6 ingenieros automotrices.

Materiales: Pre filtro de combustible, Escáner, Filtreria básica, vehículo DEMO

Infraestructura: Taller del concesionario automotriz Incamotors.

#### **Acciones Específicas:**

Instalación del Pre Filtro de Combustible:

Instalación del pre filtro de combustible diseñado y validado por el representante.

#### **Pruebas Electrónicas y Análisis de Parámetros:**

Monitoreo continuo del rendimiento del motor y las emisiones utilizando el escáner

Análisis de los parámetros operativos y ajuste de los mismos.

Pruebas de Ruta en 4 Ámbitos Geográficos:

Realización de pruebas de ruta en Cerro 7 Colores (Vinincunca), Centro Ciudad (Cusco), La Raya y Espinar, simulando la conducción de los clientes.

Recopilación de datos y envío a los ingenieros automotrices del fabricante.

#### **Desarrollo y Validación de Nuevo Software:**

Desarrollo de un nuevo software basado en los datos recopilados (equipo de ingeniería del fabricante)

Validación del funcionamiento correcto del software en las unidades en los mismos 4 lugares geográficos.

#### **Resultados Esperados:**

Mejora en la calidad de inyección del combustible, reducción de emisiones, y verificación de que el nuevo software resuelve los problemas identificados, y principalmente nivel de aceite de motor estable y dentro del rango permitido y recomendado por el fabricante.

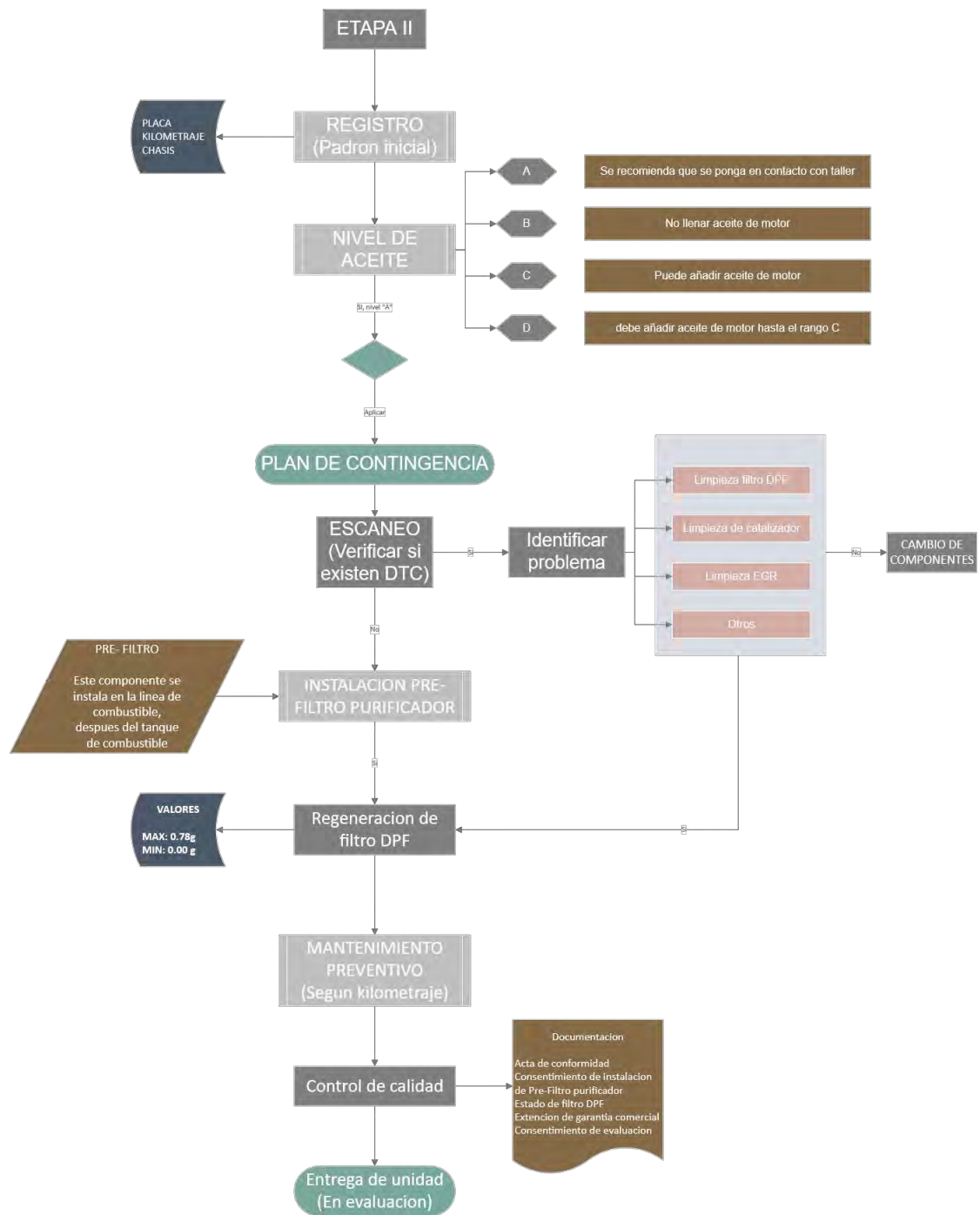


Figura 11. Instalación de pre-filtro en Etapa II. Fuente propia

#### 8.4 ANALISIS DE RESULTADOS DE LA ETAPA II

La segunda etapa, "Instalación de Pre Filtro y Parametrización", tuvo una duración de tres meses y medio, y se centró en mejorar la calidad del combustible mediante la instalación de un pre filtro de combustible y el uso de aditivos DPF. Las acciones específicas incluyeron la instalación del pre filtro diseñado y validado por el representante, monitoreo continuo del rendimiento del motor y las emisiones, y la realización de pruebas de ruta en cuatro ámbitos geográficos: Cerro 7 Colores (Vinincunca), Centro Ciudad (Cusco), La Raya y Espinar, simulando la conducción de los clientes. Los datos recopilados fueron enviados a los ingenieros del fabricante para el desarrollo y validación de un nuevo software. Los resultados esperados fueron una mejora en la calidad de inyección del combustible, reducción de emisiones y verificación de que el nuevo software resuelve los problemas identificados, manteniendo el nivel de aceite de motor estable y dentro del rango permitido por el fabricante.

## 8.5 ETAPA III: ACTUALIZACION DE SOFTWARE ELECTRONICO

### Objetivo:

Ajustar los parámetros operativos del motor diésel para optimizar su rendimiento en altitudes elevadas.

### Recursos Disponibles:

Personal: 3 técnicos, 6 ingenieros automotrices.

Materiales: Escáner automotriz, D-Logger, filtrería básica, documentación

Infraestructura: Taller del concesionario automotriz Incamotors.

### Acciones Específicas:

Actualización del Nuevo Software:

Instalación y actualización del nuevo software que optimiza los parámetros del motor.

Realización de ajustes finos en los parámetros del motor utilizando el escáner automotriz y el D-Logger.

### Pruebas de Rendimiento y Emisiones:

Realización de pruebas exhaustivas de rendimiento y emisiones después de la actualización del software.

Monitoreo y verificación de la conformidad con la normativa Euro IV.

### Determinación de Pautas Generales:

El fabricante establece pautas generales para la instalación del nuevo software y realiza ciertos cambios en el protocolo de mantenimiento de las unidades.

Definición de condiciones de conducción para los clientes para la regeneración del filtro DPF.

### Resultados Esperados:

Optimización del rendimiento del motor, cumplimiento con la normativa Euro IV, y entrega de información técnica y de rendimiento a los clientes.

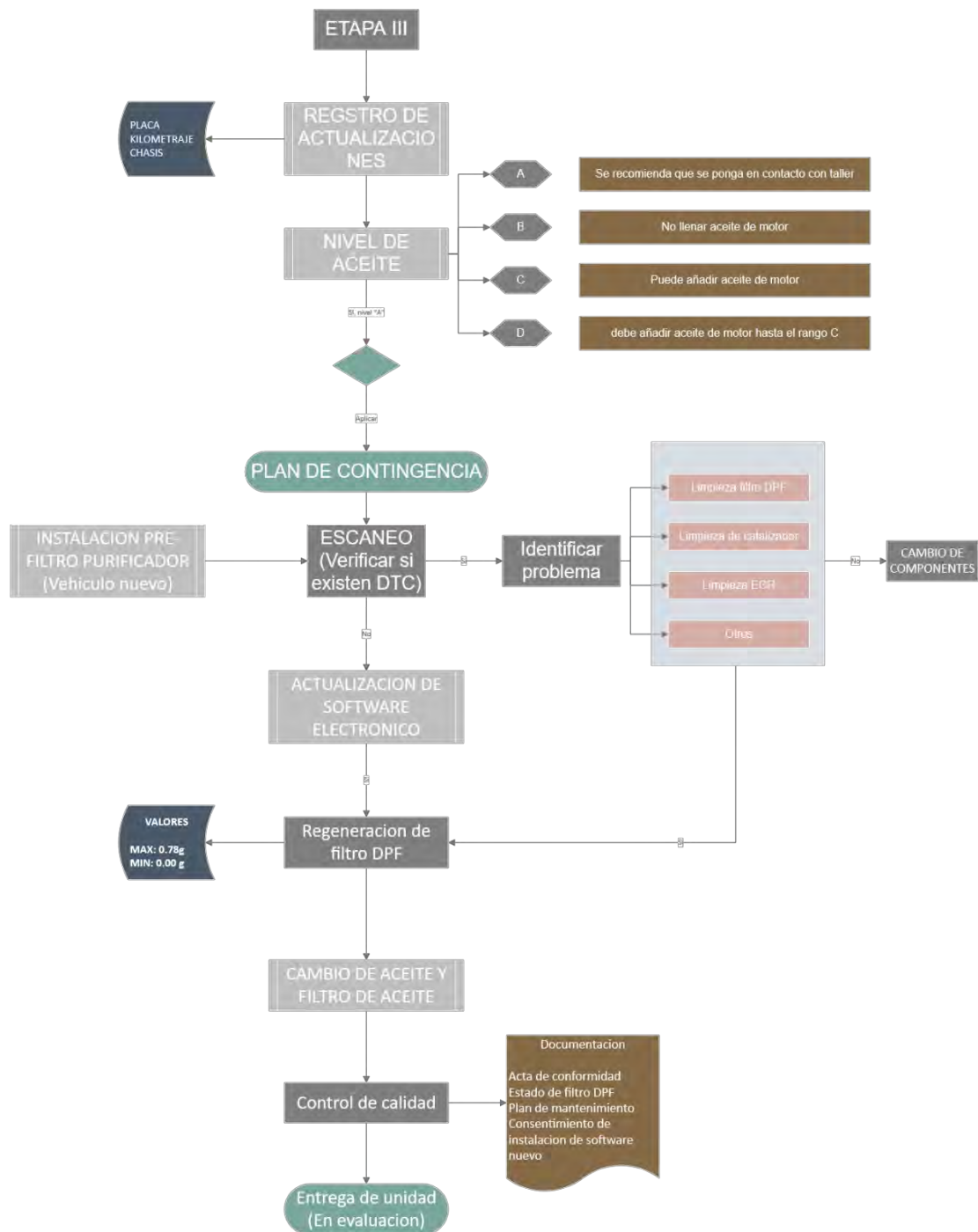


Figura 12. Actualización de software en Etapa III. Fuente propia

## 8.6 ANALISIS DE RESULTADOS DE LA ETAPA III

En la tercera etapa, "Actualización de Software Electrónico", el objetivo fue ajustar los parámetros operativos del motor diésel para optimizar su rendimiento en altitudes elevadas. Esta etapa incluyó la instalación y actualización del nuevo software, ajustes finos en los parámetros del motor utilizando el escáner automotriz y el D-Logger, y la realización de pruebas exhaustivas de rendimiento y emisiones para asegurar el cumplimiento con la normativa Euro IV. Además, se establecieron pautas generales para la instalación del nuevo software y se realizaron cambios en el protocolo de mantenimiento. También se definieron condiciones de conducción para los clientes para la regeneración del filtro DPF. Los resultados esperados de esta etapa fueron la optimización del rendimiento del motor, el cumplimiento con la normativa Euro IV y la entrega de información técnica y de rendimiento a los clientes.

## 8.7 ETAPA FINAL: DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN LEGAL A CLIENTES

### **Objetivo:**

Documentar los resultados y proporcionar información legal y técnica a los clientes.

### **Acciones Específicas:**

Documentación de Resultados:

Compilación y análisis final de los datos recopilados durante el proyecto.

Redacción de informes técnicos detallados sobre los hallazgos y resultados.

### **Preparación de Documentación Legal:**

Preparación de la documentación legal requerida para demostrar el cumplimiento con la normativa Euro IV.

### **Comunicación con Clientes:**

Proporcionar a los clientes informes técnicos y legales detallados.

Responder a cualquier pregunta o inquietud de los clientes sobre los resultados del proyecto.

### **Entrega de Reporte Final:**

Entrega del reporte de valores finales con los que salen las unidades en términos de obstrucción de DPF, regeneración, instalación de la nueva versión de software y plan de mantenimiento nuevo.

### **Resultados Esperados:**

Documentación completa y precisa de los resultados del proyecto, cumpliendo con todos los requisitos legales y técnicos.

## V. CONCLUSIONES GENERALES

### **Investigación Pionera en Altitudes Elevadas:**

Dentro de la empresa, este es el primer estudio de esta índole, este proyecto es pionero en evaluar y ajustar los parámetros de operación de motores diésel conforme a la normativa Euro IV en altitudes superiores a 3000 msnm. Los resultados obtenidos establecen una base sólida para futuras investigaciones en condiciones similares, abriendo nuevas posibilidades para el desarrollo y optimización de motores en altitudes elevadas.

### **Mejora Significativa del Rendimiento:**

Se realizó la mejora de la implementación del nuevo software y la instalación del pre filtro purificador resultaron en una mejora considerable del rendimiento de los motores diésel en altitudes elevadas, reduciendo problemas como la pérdida de potencia y el aumento de nivel de aceite del motor.

### **Reducción Efectiva de Emisiones:**

Se consiguió pruebas que demostraron una reducción significativa de emisiones, cumpliendo y superando los requisitos de la normativa Euro IV. Esto subraya la viabilidad de mantener estándares ambientales estrictos incluso en condiciones geográficas desafiantes.

### **Optimización de Recursos y Herramientas:**

El uso del D-Logger y el escáner automotriz permitió una recopilación y análisis de datos más eficientes, optimizando el uso de recursos técnicos y humanos. Estas herramientas fueron esenciales para diagnosticar y ajustar los parámetros de operación del motor.

### **Satisfacción y Confiabilidad:**

Los ajustes realizados han aumentado la confiabilidad y satisfacción del cliente, abordando eficazmente las fallas reportadas y mejorando la operatividad de los vehículos en condiciones de alta altitud.

### **Base para Futuras Investigaciones:**

Este estudio establece un marco metodológico que puede ser replicado y adaptado para otros estudios relacionados con el rendimiento de motores diésel en diversas altitudes, abriendo nuevas posibilidades para la investigación y desarrollo en este campo.



## VI. RECOMENDACIONES

Un reconocimiento los conocimientos adquiridos en la universidad y los tiempos cambiantes que vivimos, es esencial la adquisición de estudios complementarios para el desarrollo y actualización continua del profesional. La formación universitaria ofrece una base sólida, pero en un mundo dinámico y en constante evolución, es crucial que los profesionales se comprometan con el aprendizaje permanente. La adquisición de estudios complementarios no solo enriquece sus competencias y habilidades, sino que también les permite mantenerse al día con los avances tecnológicos, las nuevas metodologías y las mejores prácticas en su campo. Este enfoque proactivo hacia la educación continua garantiza que los profesionales puedan enfrentar con éxito los desafíos emergentes y aprovechar las oportunidades que surgen en el entorno laboral moderno.

### **Implementación Generalizada del Software:**

Se recomienda la implementación masiva del software optimizado en todas las unidades para asegurar un rendimiento uniforme y óptimo de los motores diésel en altitudes superiores a 3000 msnm.

### **Protocolos de Mantenimiento Regular:**

Es fundamental establecer y seguir estrictamente los protocolos de mantenimiento sugeridos por el fabricante, incluyendo la revisión y limpieza regular del pre filtro purificador. Esto garantizará la efectividad y durabilidad de las mejoras implementadas.

### **Capacitación Continua del Personal Técnico:**

Proporcionar capacitación continua y actualizada al personal técnico sobre las nuevas tecnologías y herramientas implementadas. Esto asegurará que el equipo esté preparado para mantener y optimizar los motores diésel según los últimos estándares y técnicas.

### **Investigaciones Futuras:**

Fomentar la realización de nuevas investigaciones basadas en los hallazgos de este estudio. Se recomienda explorar otras condiciones geográficas y operativas para seguir optimizando el rendimiento de motores diésel y contribuir al avance del conocimiento en este campo.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- (MINAM), M. d. (2017). Estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles de emisiones vehiculares. *Decreto Supremo N° 010-2017-MINAM*.
- (OSINERGMIN), O. S. (2021). Regulación de la calidad del combustible diésel en Perú. *OSINERGMIN*.
- García, A. (2019). Tecnologías de Control de Emisiones en Motores Diésel. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 12(1), 65-80.
- Gómez, L. (2023). Impacto de las Normativas Euro en la Reducción de Emisiones Vehiculares. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 18(2), 140-155.
- González, M. (2021). Avances en Sistemas de Inyección Directa en Motores Diésel. *Revista de Ingeniería Mecánica*, 18(1), 75-90.
- Heywood, J. B. (2018). *Internal Combustion Engine Fundamentals* (2nd ed. ed.). McGraw-Hill Education.
- Martínez, J. (2022). Avances en Tecnologías de Turboalimentación en Motores de Combustión Interna. *Revista de Ingeniería Mecánica*, 19(1), 60-75.
- Rodríguez, A. (2021). Tecnologías de Reducción de Emisiones en Motores de Combustión Interna. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 16(2), 110-125.
- Sánchez, E. (2020). Avances en Tecnologías de Control de Emisiones en Motores de Combustión Interna. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 15(2), 40-45.
- Smith, J. (2020). Advanced Diesel Engine Management Systems. *Automotive Engineering Journal*. 15(2), 120-140. doi:10.1234/aej.2020.0156



## **VIII. ANEXOS**

## A. NIVELES DE ACEITE DE MOTOR RECOMENDADO POR FABRICANTE

### Mantenimiento

#### Motor diésel

■ (Diésel) 2.2 VGT



Autonomía	Acción requerida
A	Recomendamos que se ponga en contacto con un distribuidor HYUNDAI autorizado.
B	No llene con aceite de motor.
C	Puede añadir aceite de motor siempre que el nivel de aceite no supere el rango C.
D	Debe añadir aceite y asegurarse de que el nivel de aceite esté en el rango C.

1. Siga todas las precauciones del fabricante del aceite.
2. Asegúrese de que el vehículo está sobre un terreno nivelado en P (estacionamiento) con el freno de estacionamiento accionado y las ruedas bloqueadas.
3. Encienda el motor y deje que alcance la temperatura normal de funcionamiento.
4. Apague el motor y quite el tapón de llenado de aceite y saque la varilla. Espere 15 minutos para que el aceite vuelva al cárter.
5. Limpie la varilla y vuelva a insertarla completamente.
6. Vuelva a extraer la varilla y compruebe el nivel. El nivel debe estar en el rango C.



7. Si el nivel está en el intervalo de la D, añada suficiente aceite de motor para subir ese nivel.

Utilice solo el aceite del motor especificado (consulte el apartado "Lubricantes y cantidades recomendadas" en el capítulo 2).

#### AVISO

Para evitar daños en el motor:

- No derrame aceite al añadir o cambiar el aceite del motor. Limpie inmediatamente el aceite derramado.
- El ahorro de combustible y el rendimiento del motor podrían variar en función del proceso de rodaje del vehículo y estabilizarse después de conducir unos 6000 km (4000 millas).
- El consumo de aceite del motor puede verse afectado por los hábitos de conducción, las condiciones meteorológicas, el estado del tráfico, la calidad del aceite, etc. Por lo tanto, se recomienda que inspeccione el nivel de aceite del motor periódicamente y vuelva a llenarlo si es necesario.



## B. PROTOCOLO DE ATENCION Y REGISTRO DE UNIDADES (TECNICO)

### INSPECCION DE UNIDADES

VIN:	Motor:
Modelo:	Fecha:
Placa:	KM:

	Tiempo (min)	OK	MALO	OBS.
Escanear el vehículo con GDS	5			
Inspeccionar nivel de aceite motor *	2			
Inspeccionar nivel de refrigerante	2			
Inspeccionar nivel de líquido de frenos	1			
Inspeccionar filtro de aire	2			
Inspeccionar condición de faja auxiliar	1			
Revisar fugas de fluidos en el motor	1			
Revisar válvula EGR	2			
Purgar filtro de combustible (separador de agua)	1			
Revisar y/o cambiar filtro de combustible	8			
Tomar muestra de combustible	5			
* En caso se encuentre exceso de nivel de aceite seguir los siguientes pasos:				
Medir presión de compresión	60			
Desmontar mangueras de turbocompresor e inspeccionar	20			
Desmontar y cambiar bomba de alta presión	150			
Cambiar filtro y aceite de motor	20			
Cambiar filtro de combustible	10			
Realizar prueba de ruta	30			
	290			

**TRABAJOS REALIZADOS:**

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:**

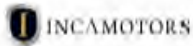
Requiere Muestra de Aceite:	
Requiere Muestra de Combustible	

Si	No
Si	No

Nombre del Tec.:	Firma:
------------------	--------



## B. ACTA DE CONFORMIDAD DESPUES DE ACTUALIZACION DE SOFTWARE



F-DPV-14  
V.06

### CONFORMIDAD DE SERVICIO

ORDEN DE SERVICIO N°:	FECHA:
PLACA:                      MARCA:	KILOMETRAJE: KM
TIPO DE SERVICIO: Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/> P&P <input type="checkbox"/> Garantía del producto <input type="checkbox"/> Campaña <input checked="" type="checkbox"/>	

**REQUERIMIENTO DE CLIENTE:**  
 ACTUALIZACIÓN DE SOFTWARE

**DIAGNOSTICO:**  
 SE REQUIERE REALIZAR REGENERACION DE SISTEMA DPF (SI ES QUE CORRESPONDE)

**TRABAJOS:**  
 INSPECCION DEL NIVEL DE ACEITE  
 REGENERACION DEL SISTEMA DPF (VALOR INICIAL 0.00g – VALOR FINAL 0.00g (SI ES QUE CORRESPONDE)  
 CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR  
 CAMBIO DE FILTRO DE ACEITE DE MOTOR  
 CAMBIO DE FILTRO DE TAPON DE CARTER  
 ACTUALIZACION DE SOFTWARE

<b>PRUEBA DE MANEJO:</b> NO.	<b>OBSERVACIONES:</b> NINGUNA.
---------------------------------	-----------------------------------

**ESTADO ACTUAL DEL VEHICULO:**  
 VEHICULO SE ENCUENTRA OPERATIVO.

**RECOMENDACIONES:**

<b>Urgente</b> 	SE RECOMIENDA GENERAR CONDICION DE MANEJO PARA AUTOREGENERACION SEGUN MANUAL DEL PROPIETARIO. REALIZAR LOS CAMBIOS EN UN RANGO DE 2500 – 3000 RPM PARA CONSEGUIR LA AUTOREGENERACION DEL SISTEMA DPF.
	SE RECOMIENDA REALIZAR LOS SERVICIOS PREVENTIVOS DE LA UNIDAD EN CONCESIONARIO AUTORIZADO.

**RECOMENDACIONES GENERALES:**

Se le reitera que la frecuencia de mantenimiento de estos vehiculos es de cada 5,000 Kms. ó 6 meses lo que ocurra primero
El mantenimiento del vehiculo deberá realizarse en un Concesionario autorizado de la marca Hyundai. Esto es importante porque dentro del mantenimiento se utiliza la herramienta de diagnóstico original Hyundai para la regeneración manual del DPF en caso sea necesario.
El abastecimiento de combustible deberá realizarlo en centros de servicio que garanticen un combustible de calidad.
El aceite de motor recomendado es SAE 5W30 ACEA C5/C3.
Se recomienda conducir su vehiculo de acuerdo a las instrucciones detalladas en el Manual del Propietario de su vehiculo.

**TENER EN CUENTA:**  
 El nivel de aceite del motor se debe medir de acuerdo a los parámetros estipulados en el manual de propietario del vehiculo, los cuales se encuentran contenidos en su página 696, sección 9-28, copia que adjuntamos como anexo para mayor referencia.

**NOTA:**  
 En caso de no seguir las recomendaciones mencionadas anteriormente, el cliente se hace responsable de cualquier falla o mal funcionamiento del vehiculo. En conformidad con los trabajos realizados y con la entrega del vehiculo, por favor firme el presente documento y califique nuestro servicio:

Asesor de Servicios

Cliente: .....

D.N.I.: .....

¿Cómo te sientes al finalizar esta experiencia con nosotros?



**Muy Satisfecho**  
(Nota 9-10)



**Satisfecho**  
(Nota 8)



**Insatisfecho**  
(Nota 1 a 7)

En los próximos días tanto la marca del vehiculo como nuestro concesionario se comunicarán con usted a fin de conocer su satisfacción por los trabajos realizados en su vehiculo y con la atención del servicio Posventa de INCAMOTORS.  
 En caso llegase a presentar algún inconveniente con su vehiculo no dude en volver a visitarnos o comunicarse al: \_\_\_\_\_