

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECANICA Y ENERGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“DISMINUCIÓN DE LOS DAÑOS EN LA INSTALACIÓN DE
LAS GUÍAS DE VÁLVULA EN CULATAS DE MOTORES
DIÉSEL UTILIZANDO EL MÉTODO DE MANDRIL
CALIBRADO EN VEZ DEL PROCEDIMIENTO
CONVENCIONAL”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO

JORGE EDUARDO COSI MAMANI

Callao, 2020

PERÚ

MSC. Ing. Gustavo Ordoñez Cárdenas
Reg. CIP 30887

JORGE EDUARDO COSI MAMANI

**ACTA N° 006 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**LIBROFOLIO No. ACTA N° 006 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

A los 25 días del mes febrero, del año 2021, siendo las 18:44 horas, se reunieron, en la sala meet: [https://meet.google.com/nqn-
npve-juc](https://meet.google.com/nqn-npve-juc), el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de **Ingeniero Mecánico** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- | | | |
|-------------------------------------|---|------------|
| ▪ Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán | : | Presidente |
| ▪ Dr. Pablo Mamani Calla | : | Secretario |
| ▪ Mg. Adolfo Orlando Blas Zarzosa | : | Miembro |
| ▪ Msc. Gustavo Ordoñez Cardenas | : | Asesor |

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **COSI MAMANI JORGE EDUARDO**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sustenta la tesis titulada **"DISMINUCIÓN DE LOS DAÑOS EN LA INSTALACIÓN DE LAS GUÍAS DE VÁLVULA EN CULATAS DE MOTORES DIÉSEL UTILIZANDO EL MÉTODO DE MANDRIL CALBRADO EN VEZ DEL PROCEDIMIENTO CONVENCIONAL"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N° 039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **14 (catorce)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 19:14 horas del 25 del mes y año en curso.



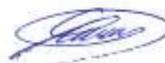
Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán
Presidente de Jurado



Dr. Pablo Mamani Calla
Secretario de Jurado



Mg. Adolfo Orlando Blas Zarzosa
Miembro de Jurado



Msc. Gustavo Ordoñez Cardenas
Asesor

DEDICATORIA

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de esta Tesis de Grado y especialmente al Ing. Gustavo Ordoñez Cárdenas por su invaluable ayuda.

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento a los docentes y administrativos de la Universidad Nacional del Callao, por mantener la calidad educativa y su vocación de servicio con los estudiantes.

ÍNDICE

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN.....	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACION DE PROBLEMA.....	2
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	2
1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS.	2
1.3. OBJETIVOS.....	2
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
1.4. LIMITANTES DE LA INVESTIGACION	3
1.4.1 LIMITACIÓN TEÓRICA.....	3
1.4.2 LIMITACIÓN ESPACIAL	3
1.4.3 LIMITACIÓN TEMPORAL.....	3
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. ANTECEDENTES	4
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	4
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	10
2.2. BASES TEÓRICAS	14
2.3. CONCEPTUAL.....	37
2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	39
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	42
3.1. HIPÓTESIS GENERAL E HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.	42
3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL	42
3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	42
3.1.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	42

3.2.	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES.....	42
3.2.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	42
3.2.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	42
3.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	43
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	44
4.1.	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION.....	44
4.2.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	45
4.3.	POBLACION Y MUESTRA.....	45
4.4.	LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO DESARROLLADO.....	45
4.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	46
4.6.	ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS:.....	46
V.	RESULTADOS.....	50
5.1.	RESULTADOS DESCRIPTIVOS.....	50
5.2.	RESULTADOS INFERENCIALES.....	51
5.2.1.	EVALUACIÓN DEL MODELO DE ANÁLISIS DE VARIANCIA Y COMPARACIÓN DE MEDIAS SOBRE LA SEVERIDAD DE LOS DEFECTOS DE LAS GUÍAS DE VÁLVULA LUEGO DE LA INSTALACIÓN SEGÚN LOS EFECTOS PRINCIPALES DE LOS PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS.....	51
5.2.2.	EVALUACIÓN DEL MODELO DE ANÁLISIS DE VARIANCIA Y COMPARACIÓN DE MEDIAS SOBRE EL NÚMERO DE GUÍAS DE VÁLVULAS ROTAS LUEGO DE LA INSTALACIÓN SEGÚN LOS EFECTOS PRINCIPALES DE LOS PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS.....	53
VI.	DISCUSIÓN.....	55
6.1.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL CON LOS RESULTADOS.....	55
6.2.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1 CON LOS RESULTADOS.....	55
6.3.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2 CON LOS RESULTADOS.....	56
	CONCLUSIONES.....	57
	RECOMENDACIONES.....	58
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
	ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Operacionalización de variables.</i>	43
Tabla 2. <i>Diagrama del procedimiento convencional de instalación de guía de válvula.</i>	47
Tabla 3. <i>Diagrama del procedimiento con mandril calibrado para la instalación de guía de válvula.</i>	47
Tabla 4. <i>Análisis descriptivo de los Procedimientos sobre la Severidad de los defectos de las guías de válvula luego de la instalación en culata de motores.</i>	50
Tabla 5. <i>Análisis descriptivo de los Procedimientos sobre el número de guías de válvula rotas luego de la instalación en culata de motores.</i>	50
Tabla 6. <i>Cuadro de análisis de variancia sobre la Severidad de los defectos de las guías de válvula luego de la instalación según las causas de variación Procedimiento y Tipo de Motor.</i>	51
Tabla 7. <i>Comparación de medias de los Procedimientos sobre la Severidad de los defectos de las guías de válvula luego de la instalación según es test de Fisher (LSD) con alfa de 0.05.</i>	51
Tabla 8. <i>Cuadro de la prueba no paramétrica de Kolmogorov - Smirnov sobre el número de guías de válvula rotas luego de la instalación en culata de motores según la causa de variación Procedimiento.</i>	53
Tabla 9. <i>Cuadro de la prueba no paramétrica de Mann Whitney sobre el número de guías de válvula rotas luego de la instalación en culata de motores según la causa de variación Procedimiento.</i>	54
Tabla 10. <i>Prueba de Autocorrelación de residuos de Durbin – Watson para los residuos de la Severidad de los defectos en las guías de válvula luego de la instalación según las causas de variación Procedimiento, Tipo de Motor y su interacción.</i>	82

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Partes de un motor de combustión interna de cuatro tiempos.....	15
<i>Figura 2.</i> Estructura básica de un motor de 4 tiempos y sus piezas básicas.....	24
<i>Figura 3.</i> Ciclo Diésel de 4 tiempos.	25
<i>Figura 4.</i> Culata cortada, mostrando las válvulas y puertas de admisión y de escape, canales de	27
<i>Figura 5.</i> Válvulas y árbol de levas.	33
<i>Figura 6.</i> Identificación del sistema formado por la guía y el vástago de la válvula en un cilindro de MCI.	40
<i>Figura 7.</i> Guía de válvula completa y seccionada.	40
<i>Figura 8.</i> Comparación de medias de los Procedimientos sobre la Severidad de los defectos de las guías de válvula luego de la instalación según es test de Fisher (LSD).....	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Matriz de consistencia.</i>	63
Anexo 2. <i>Diagrama lógico de la disminución de los daños en la instalación de las guías de válvula en culatas de motores diésel utilizando el método de mandril calibrado en vez del procedimiento convencional.</i>	64
Anexo 3. <i>Caja blanca.</i>	65
Anexo 4. <i>Caja negra.</i>	66
Anexo 5. <i>Ficha de recolección de daños en guías de válvula.</i>	67
Anexo 6. <i>Esquema tentativo de la tesis o proyecto de investigación.</i>	68
Anexo 7. <i>Simulación del eje escalonado.</i>	70
Anexo 8. <i>Base de datos.</i>	80
Anexo 9. <i>Análisis de supuestos del ANOVA para la severidad de daños generados en guías de válvula según procedimientos empleados.</i>	81
Anexo 10. <i>Croquis del mandril calibrado.</i>	89
Anexo 11. <i>Evidencia fotográfica de la investigación.</i>	90
Anexo 12. <i>Datos para el cálculo de fuerza elástica del mandril calibrado.</i>	92

RESUMEN

El desarrollo de la presente tesis “DISMINUCIÓN DE LOS DAÑOS EN LA INSTALACIÓN DE LAS GUÍAS DE VÁLVULA EN CULATAS DE MOTORES DIÉSEL UTILIZANDO EL MÉTODO DE MANDRIL CALIBRADO EN VEZ DEL PROCEDIMIENTO CONVENCIONAL”, ha sido elaborada en las instalaciones del taller mecánico de planta de la empresa el cual se denomina DERCO PERU S.A. se encuentra ubicado en Lurigancho, Lima, con el objetivo general de determinar los daños en las guías de válvula de culatas instaladas en motores diésel, según los procedimientos de instalación convencional y con mandril calibrado. Se empleó una investigación tecnológica, de nivel experimental, con un diseño de investigación descriptivo – comparativo, que empleó el método analítico para estudiar el efecto de los Procedimiento de instalación de guía de válvula en culata de motores sobre el Daño de la guía de válvula después de su instalación en culata de motores descomponiéndolo en dimensiones (defectos y pérdida de material). Se empleó un diseño experimental factorial 2x2 con los factores tipo de motor (4 y 6 cilindros) y procedimiento aplicado (convencional y con mandril calibrado). Luego de aplicado cada procedimiento en se comparó el resultado mediante análisis de variancia y comparación de medias por LSD de Fisher con 0.05 de alfa para evaluar la severidad de daño causada y el test de Mann Whitney para comparar las diferencias del número de guías de válvulas rotas por cada procedimiento. Se concluyó que, el procedimiento que emplea mandril calibrado genera menor daño sobre las guías de válvula al compararlo con el procedimiento convencional.

Palabras clave: Procedimiento, Instalación, Guía de válvula, motor.

ABSTRACT

The development of the present thesis "DECREASED DAMAGE IN THE INSTALLATION OF VALVE GUIDES IN DIESEL ENGINE CYLINDER HEADS USING THE CALIBRATED MANDREL METHOD INSTEAD OF THE CONVENTIONAL PROCEDURE" has been elaborated in the facilities of the mechanical workshop of plant of the company which is called DERCO PERU S.A. is located in Lurigancho, Lima, with the general objective of determining the damages in the valve guides of cylinder heads installed in diesel engines, according to the procedures of conventional installation and with calibrated mandrel. A technological research was used, at an experimental level, with a descriptive-comparative research design, which used the analytical method to study the effect of the installation procedures of the valve guide in cylinder head on the damage of the valve guide after its installation in the cylinder head of engines, breaking it down into dimensions (defects and loss of material). A 2x2 factorial experimental design was used with the factors engine type (4 and 6 cylinders) and procedure applied (conventional and with calibrated mandrel). After each procedure was applied, the results were compared by analysis of variance and comparison of means by Fisher's LSD with 0.05 alpha to evaluate the severity of damage caused and the Mann Whitney test to compare the differences in the number of valve guides broken by each procedure. It was concluded that the procedure using a calibrated mandrel generates less damage on the valve guides when compared to the conventional procedure.

Key words: Procedure, Installation, Valve guide, motor.

INTRODUCCIÓN

Un taller mecánico de planta de una empresa ubicada en la ciudad de Lima comenzó su actividad comercial el 22 de marzo de 2009, dedicándose a mantenimientos preventivos en camiones. En el año de 2015 entra en una etapa de auge en relación a prestar servicios de mantenimientos correctivos y mantenimiento general de vehículos pesados; ya que se vio en la necesidad de no solamente de vender vehículos camiones si no de brindar servicios, como de mantenimiento y reparación, para finalizar la obra eficazmente. Desde ese entonces ha venido sufriendo transformaciones necesarias para suplir la necesidad de los clientes debido al alta demanda ya que con los años la venta de camiones JAC aumento progresivamente a nivel de todo el Perú.

Sin embargo, debido al crecimiento de las actividades de la empresa, y a pesar de no contar con una buena infraestructura y con la cantidad de equipos necesarios para realizar las reparaciones, se descuida un factor importante que hace referencia a la calidad, ya que con el afán de cubrir las cantidades de reparaciones solicitadas no se cubrían los programas de mantenimiento de los equipos del taller mecánicas, e incluso el incumplimiento del plazo de entrega de la reparación de un motor.

Eh aquí en que se entró a detallar a que se debía esa demora, para remediar estas dos situaciones se decidió realizar un estudio que permitiese implementar herramientas de mejora continua, con la finalidad de solucionar las inconvenientes con los clientes, y por ende mejorar la productividad del taller que se encontraba siendo afectada. Un camino es implantar metodologías de mantenimiento, dentro de lo cual se encuentra el Mantenimiento Autónomo el cual es un pilar fundamental del Mantenimiento Productivo Total en la organización. Además, con la finalidad de complementar la mejora del servicio de la reparación de motores, se

implementó a necesidad de cambiar ciertas funciones esencialmente en el área de mantenimiento y reparación de culatas de motor.

En el resultado final del proceso se sometieron a pruebas como tratar de ahorrar tiempo para seguir avanzando con el armado de motores y disminuir el tiempo de paros no planeados. Contribuyendo al mejoramiento de la productividad del taller, evitando los retrocesos que eran frecuentes antes de la implementación, reduciendo los costos de producción enfocándose en las áreas críticas mediante el desarrollo de estudios y diseño de planes de mejora basados en la metodología del mantenimiento.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La empresa dedicada al rubro de mantenimiento de motores en camiones JAC, cuenta con 5 personas que se encargan del área de mantenimiento, en dicha área una de las funciones es realizar los trabajos preventivos y correctivos a cada equipo.

La empresa DERCO PERÚ S.A., ubicado en la ciudad de Lima, dedicada al rubro de mantenimientos correctivos y preventivos de camiones y maquinarias; cuenta con 35 personas trabajando en dicha empresa de las cuales 6 se encargan del área de mantenimiento. En dicha área, las funciones son realizar los trabajos preventivos y correctivos a todo a cada equipo.

Día a día se observa la necesidad de hacer mejoras en la empresa con respecto al mantenimiento de las culatas, debido a que toma mucho tiempo colocar las guías de válvula y ello es una pérdida para la empresa (para una empresa que tiene salidas diarias de 7 camiones de 4 y 7 toneladas, era un problema de costo – tiempo) por lo que se veía retraso en los trabajos conllevando a utilizar mayor mano de obra en vez de poder utilizarla en otras actividades, se retrasaba la salida de equipo, se retrasaba la producción, y todo esto llevó a pérdidas económicas y a un cliente insatisfecho. A esto se añade el problema que, el procedimiento de instalación de guía de válvula en culatas, tiene una alta frecuencia de roturas y defectos en las guías después de la instalación, haciendo necesario buscar un procedimiento que disminuya la frecuencia de estos daños.

Se ha empleado en algunas empresas, una herramienta, llamada mandril calibrado, con el propósito de disminuir los daños generados a las guías de válvula en su instalación en culatas de motores, los cuales, han sido empleados de forma satisfactoria, pero, sin una evaluación metodológica que permita estimar los beneficios de estas herramientas.

Todo esto lleva a analizar el problema y crear un dispositivo o herramienta lo cual permita menos mano de obra en esa función la cual es en la colocación de guías de válvula en

cada culata del motor y se propone emplear un procedimiento de instalación de guía de válvula en culata de motores diésel (por ser los tipos de motores más reparados en esta empresa) haciendo uso de mandril calibrado, que supondrá una mejora sustancial en la disminución de los defectos y roturas de las guías de válvulas.

1.2. FORMULACION DE PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿En qué manera utilizando este prototipo de herramienta (mandril calibrado) se puede solucionar los problemas en la instalación de guías de válvula en motores diésel?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS.

¿Existe diferencia estadísticamente significativa de la severidad de los defectos y número de guía de válvula de culata rotas durante su instalación en motores diésel, según los procedimientos de instalación convencional y con mandril calibrado?

¿Existe diferencia estadísticamente significativa entre los procedimientos de instalación de guía de válvula de culata en motores diésel?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los daños en las guías de válvula de culatas instaladas en motores diésel, según los procedimientos de instalación convencional y con mandril calibrado.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Para alcanzar el objetivo general se debe conseguir los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar la severidad de los defectos y número de guía de válvula de culata rotas durante su instalación en motores diésel, según los procedimientos de instalación convencional y con mandril calibrado.
- Comparar los procedimientos de instalación de guía de válvula de culata en motores diésel y seleccionar aquel con menor frecuencia daños.

1.4. LIMITANTES DE LA INVESTIGACION

La presente investigación, se limita en el estudio de los daños, en la severidad de los defectos y número de guía de válvula de culata rotas en motores JAC, evaluados durante y después del procedimiento de instalación de las mismas en una empresa de mantenimiento ubicada en Lima en el mes de enero de 2021.

1.4.1 LIMITACIÓN TEÓRICA

No se cuenta con suficiente fuente de información que permita aclarar o resolver el problema de investigación, por lo que es necesario realizar un ensayo para probar el efecto que tiene el mandril calibrado en la reducción de daños sobre guías de válvulas al momento de realizar la instalación sobre culatas de motores.

1.4.2 LIMITACIÓN ESPACIAL

La idea de realizar esta tesis nació al haber observado una cantidad de piezas rotas, por lo tanto, se ha planteado evaluar los indicadores necesarios que permitan estimar el daño causado en el proceso de instalación de guías de válvula en culatas de motores.

1.4.3 LIMITACIÓN TEMPORAL

Este trabajo tiene una limitación para los motores diésel actuales y posteriores mientras sigan existiendo motores de combustión interna serán necesarios el uso de este tipo de herramienta y recomendar a las empresas automotrices que usen o proporcionen un instrumento para la instalación de guías de válvulas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

PESO (2019), en la tesis de pregrado nombrada *“Elaboración de un Manual de Mantenimiento Preventivo y correctivo del Motor Perkins Serie 1006 Modelo YD de Seis Cilindros Para Aplicaciones Agrícolas e Industriales”*, con el objetivo de elaborar un manual de mantenimiento preventivo y correctivo del motor estacionario Perkins serie 1006 modelo YD de seis cilindros para aplicaciones agrícolas y estacionarios de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, sede Guayaquil, en el año 2019. Se concluye que:

- El manual de mantenimiento preventivo y correctivo de los motores de seis cilindros Perkins serie 1006 YD para aplicaciones agrícolas y estacionarias se puede comprender y aplicar fácilmente.
- Considerando las horas de trabajo o tiempo transcurrido, se determina cuáles son las tareas de mantenimiento preventivo más relevantes, comunes y específicas que se deben realizar en los motores Perkins serie 1006.
- El proceso seguido por los diferentes tipos de mantenimiento que se deben realizar en los motores estacionarios Perkins serie 1006 se demuestra de una manera sencilla y adecuada para lograr el perfecto funcionamiento de los anteriores motores.
- El trabajo realizado permitirá mejorar el proceso de mantenimiento del motor generador del mecanismo, lo cual es de gran trascendencia, ya que puede minimizar los posibles daños, reduciendo así el costo del correcto mantenimiento del motor.

ARIAS, y otros (2018), en la tesis de pregrado titulada *“Análisis de corrosión de válvulas de admisión y escape de un motor diésel”*, con el objetivo de realizar el análisis de corrosión de una válvula de aleación cromo- vanadio perteneciente a un motor diésel. Se aplicó

una investigación descriptiva y no experimental. Se empleó una inspección visual del objeto de estudio, con apoyo de técnicas de caracterización como la microscopía óptica y medición de dureza, para realizar el análisis de corrosión de válvulas de admisión y escape de un motor diésel. Se concluye que:

- Se ha encontrado que el uso de ACPM (aceite combustible para motores) puede provocar corrosión en las piezas, pero no es obvio con el tiempo. Cuando se usa ACPM con partes internas, la pérdida de peso supera los 8 días. La prueba de polarización dinámica potencial muestra que la velocidad de corrosión aumenta considerablemente con el aumento del tiempo de inmersión. Al comparar el comportamiento del material en solución de NaCl al 3,5%, se encuentra que el material sufre una alta degradación en comparación con ACPM.
- Se utilizaron materiales bibliográficos de diversas fuentes para apoyar esta investigación. Dado que ha contribuido enormemente al desarrollo del proyecto, esta información es muy relevante.

BANGUERA (2015), en la tesis de pregrado titulada *“Propiedades mecánicas y tribológicas de borotec aplicado por rociado térmico sobre acero para válvulas de motores diésel”*, con el objetivo de analizar las propiedades mecánicas y tribológicas y la estabilidad térmica del recubrimiento Borotec aplicado sobre acero para la fabricación de válvulas para motores diésel, para determinar la viabilidad de aplicación en las válvulas mediante la técnica de rociado térmico por llama. Se aplicó una investigación descriptiva y no experimental, se evaluó la dureza Rockwell C del sustrato y del recubrimiento. Se empleó el proceso Eutalloy, para estudiar las propiedades mecánicas y tribológicas que presenta el recubrimiento Borotec de la marca comercial Eutectic-Castollin. Se concluye que:

- Mediante micrografías ópticas y ensayos de microdureza se observa el proceso de difusión del recubrimiento sobre el sustrato y el aumento de dureza superficial en la

zona afectada por el calor, debido a que el proceso de proyección térmica es similar al proceso de soldadura. Por otro lado, existe fusión entre la superficie del sustrato y el recubrimiento, lo que indica una buena adherencia.

- Se observó que cuando el acero Cr-Ni-Mg se recubrió con Borotec, la pérdida de masa aparente fue insignificante en comparación con el acero sin recubrimiento. Cuando la superficie de la válvula de escape está en contacto con la superficie del asiento de la válvula, está sujeta a un desgaste por deslizamiento, por lo que, dado que se crea un espacio entre la válvula de escape y el asiento de la válvula, se obtienen resultados satisfactorios. Debido al mecanismo de desgaste, se reducirá, evitando así el escape de gases de combustión.
- El coeficiente de fricción en el recubrimiento es similar al coeficiente de fricción en el sustrato, pero la estabilidad del COF en el primero hace que la tasa de desgaste por deslizamiento entre el recubrimiento y las partículas permanezca constante debido a la acción de la fuerza precursora. En comparación con la tasa de desgaste fluctuante del sustrato, el contacto también es constante debido a Fluctuaciones en COF. Para esta situación, es factible usar recubrimiento Borotec en válvulas de escape de acero al Cr-Ni-Mg porque se usan perdigones de acero para pruebas de desgaste y el asiento de la válvula generalmente está hecho de acero al carbono.
- Los resultados obtenidos en las pruebas de rayado superficial y lateral indican que el revestimiento solo presenta fallo de cohesión, por lo que el nivel de adherencia del revestimiento al sustrato es bueno.
- En el ensayo termogravimétrico, en una atmósfera de 100% Ni, la ganancia de masa del recubrimiento Borotec es aproximadamente del 4% de su masa, por lo que cuando el recubrimiento se somete a un flujo de gas de combustión, es posible alcanzar el 67% del nitrógeno de la composición como nitrógeno. El cambio de calidad provocado por este

elemento y la alta temperatura es insignificante, lo que demuestra la estabilidad de calidad de Borotec.

- El análisis de DSC mostró picos de cristalización obvios de partículas amorfas en el revestimiento. Este pico aparece a una temperatura de aproximadamente 400,73 ° C. Las partículas amorfas se deben a la presencia de partículas semifundidas.

DELGADO (2015), en la tesis de pregrado nombrada *“Elaboración del plan de mantenimiento del banco de pruebas y del motor diésel Perkins del laboratorio de termodinámica de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional”*, con el objetivo de elaborar el plan de mantenimiento del banco de pruebas y del motor a diésel Perkins del Laboratorio de Termodinámica de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional. Se aplicó una investigación descriptiva y no experimental. Se concluye que:

- El laboratorio termodinámico se aplica al banco de pruebas y el tipo de mantenimiento del motor diésel Perkins es la corrección preventiva.
- Sobre la base de las instrucciones técnicas del fabricante y la observación y experiencia del personal de laboratorio, se desarrolló un plan de mantenimiento adecuado para el motor diésel Perkins y los componentes del banco de pruebas.
- Siga las instrucciones técnicas La observación y la experiencia del fabricante y el personal del laboratorio han establecido un plan de mantenimiento apropiado para los componentes del banco de pruebas y el motor diésel Perkins.
- La tasa de utilización del motor diésel Perkins y del banco de pruebas es de 0,10, lo que permite realizar tareas de mantenimiento con regularidad.
- Siga las instrucciones técnicas La observación y la experiencia del fabricante y el personal del laboratorio han establecido un plan de mantenimiento apropiado para los componentes del banco de pruebas y el motor diésel Perkins.

- Debido a la baja tasa de utilización del equipo, el ciclo de actividad de mantenimiento del banco de pruebas Perkins y del grupo electrógeno diésel recomendado por el fabricante es mucho más alto que el ciclo determinado en el plan de mantenimiento.
- Las condiciones de funcionamiento del motor diésel Perkins y de los componentes del banco de pruebas no son críticas, lo que permite realizar tareas de mantenimiento de baja frecuencia.
- Los programas de mantenimiento administrados garantizan un funcionamiento correcto, reducen la posibilidad de paradas repentinas y aumentan la disponibilidad y la vida útil de los motores diésel y los bancos de pruebas de Perkins.
- FMEA es el método más adecuado para determinar las tareas de mantenimiento para prevenir tareas de mantenimiento con alta probabilidad de falla, reduciendo así la posibilidad de falla de los motores diésel Perkins y los bancos de pruebas.
- El plan de mantenimiento es un elemento que puede hacer que la gestión de mantenimiento del laboratorio de termodinámica mejore continuamente.
- Al resumir la información técnica de los dos tipos de equipos, los documentos presentados en el proceso de formulación del plan de mantenimiento pueden brindarle una comprensión más profunda de los motores diésel y los bancos de pruebas de Perkins.
- La prioridad de las actividades de mantenimiento está relacionada con su interferencia con los días de práctica y prueba.
- El software de gestión de planes de mantenimiento es una herramienta que simplifica la gestión de los planes de mantenimiento y los hace más eficientes.

ESCOBAR (2015), en la tesis de pregrado nombrada “*Realización de servicio de mantenimiento preventivo a un motor Caterpillar 3208*”, con el objetivo de que el lector conozca y se familiarice con los distintos criterios de servicios de motor para preservar en buen

estado un motor Caterpillar 3208 instalado en los distintos tipos de maquinaria pesada. Se aplicó una investigación descriptiva y no experimental. Se concluye que:

- El desarrollo de un plan de formación del personal será de gran ayuda para la correcta implementación del plan de mantenimiento y el funcionamiento del motor.
- Al seguir los procedimientos de mantenimiento preventivo básicos adecuados (como la lubricación), los operadores ayudan a prolongar la vida útil del motor y minimizan los costos de operación y mantenimiento.
- El control efectivo de las operaciones de mantenimiento es muy importante para que los motores brinden servicios diseñados para ellos. Se debe considerar que el mantenimiento y el funcionamiento son igualmente importantes, pues si no hay un buen mantenimiento preventivo y un funcionamiento inadecuado, se dañará el motor y dejará de realizar sus funciones.
- Al manipular y usar el motor, uno de los mayores errores es hacer que el motor funcione durante mucho tiempo sin la parada necesaria, mantenerlos y realizarlos solo cuando fallan aumentará el costo de repuestos y personal.
- Cuando el motor se somete a trabajo forzado y no se opera o mantiene adecuadamente, esto puede causar fallas, aumentando así los costos de mantenimiento y los repuestos necesarios.

CAVALIERI, y otros (2014), en el artículo científico titulado “*Estudio de desgaste en válvulas de motores de combustión interna mediante el método de los elementos finitos y ensayos experimentales*”, con el objetivo de estudiar el desgaste en válvulas de motores de combustión interna mediante el método de los elementos finitos y ensayos experimentales. Se aplicó una investigación descriptiva y no experimental. Se empleó el Método de los Elementos Finitos por medio de un algoritmo de contacto tipo mortar y una ley de desgaste adhesiva

conocida como la ley de Holm-Archard para estudiar el desgaste de válvulas de motores de combustión interna. Se concluye que:

- Después de ajustar el coeficiente de desgaste, el resultado numérico de la curva de desgaste del par de asientos de válvula es muy cercano al valor informado en el experimento. Este algoritmo ha demostrado su aplicabilidad al diseño de válvulas MCI, así como en otros tipos de aplicaciones donde la ley de desgaste de Holm-Archard es válida y no se desgasta excesivamente. Usando el método propuesto, la profundidad de desgaste se puede obtener con precisión usando un algoritmo de contacto tipo *mortar* que puede lograr la tensión de contacto, y calculando el desplazamiento relativo y la distribución de presión entre los cuerpos del contacto. En comparación con el algoritmo clásico del tipo de segmento de nodo, tiene una mayor suavidad. El coeficiente de desgaste k obtenido a partir de experimentos y pruebas de simulación incluye la influencia de la rugosidad, los depósitos de combustión, la oxidación y otros factores. Por tanto, el uso de estos coeficientes en la predicción del desgaste de un nuevo diseño o la verificación de un diseño existente solo es válido para pares bimetálicos que operan en condiciones similares a las pruebas experimentales ya descritas en este trabajo.
- Al modificar el código para incluir la posibilidad de paralelización en un grupo de memoria distribuida, se puede aumentar el tiempo de cálculo.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

MANCHENGO (2020), en la tesis de pregrado titulada “*Propuesta para el diseño de un soporte de volante para mejorar la sincronización, calibración y acondicionamiento de los motores caterpillar, en la empresa Ferreyros S.A., Arequipa - Perú, 2020*”, con el objetivo de determinar el procedimiento técnico correspondiente a la calibración de válvulas de un motor, utilizando equipos de medición y comprobación. Se aplicó una investigación descriptiva y no experimental. Se concluye que:

- Se ha determinado que es necesario proponer un diseño de soporte de volante de motor efectivo bajo las regulaciones y especificaciones adecuadas para realizar las tareas de mantenimiento relacionadas con la limpieza y el mantenimiento. El mantenimiento realizado por Ferreyros S.A. de Arequipa, Perú, complementa en gran medida el diseño mecánico e industrial del motor Caterpillar.
- Ferreyros SA de Arequipa, Perú ha determinado la importancia de los ajustes de vehículos y maquinaria (mecánicos e industriales) a los soportes del volante y las tareas de mantenimiento para complementar la aplicación del motor.
- Se ha determinado que el proceso de sincronización en el motor CATERPILLAR puede reducir las pérdidas y mejorar su rendimiento, Especialmente la maquinaria y vehículos de Ferreyros S.A. en Arequipa, Perú, incluyendo maquinaria e industria, por lo tanto, el mantenimiento puede implementarlos en su trabajo para satisfacer las necesidades del cliente.
- En FERREYROS S.A. en Arequipa, Perú, tomando en cuenta los requerimientos del cliente, se ha determinado la importancia de evaluar la eficiencia del procedimiento de calibración en el motor CATERPILLAR para lograr un correcto funcionamiento y sus futuras aplicaciones.
- Esta hipótesis ha sido verificada La propuesta es diseñar un soporte de volante para mejorar la sincronización, calibración y ajustabilidad del motor CATERPILLAR La propuesta es propuesta por Ferreyros SA en Arequipa, Perú en 2020, su cliente.

CRUZADO, y otros (2019), en la tesis de pregrado titulada *“Mejoramiento del mantenimiento preventivo, correctivo de motores electrónicos diésel en el área de maquinaria pesada en el distrito de Tarapoto – 2019”*, con el objetivo de implementar un plan de mantenimiento preventivo, correctivo de motores electrónicos diésel en el área de maquinaria

pesada en el distrito de Tarapoto – 2019. Se aplicó una investigación descriptiva y con un diseño no experimental. Se concluye que:

- Luego de evaluaciones previas, debido a que el personal no estaba debidamente capacitado y no estaba preparado para realizar las tareas anteriores, se puede determinar que el trabajo de mantenimiento de motores electrónicos diésel en el área de maquinaria pesada del área de Tarapoto no está funcionando bien, lo que incurrirá en una gran cantidad de costos y tiempo de mantenimiento. También se ha encontrado que no se han desarrollado diferentes tipos de mantenimiento, enfocándose solo en una medida correctiva, y también se ha encontrado que el taller no cuenta con los recursos y herramientas necesarios, para el desarrollo de este proceso.
- De acuerdo con el plan de mejoramiento del mantenimiento preventivo y correctivo de motores electrónicos diésel en el sector de maquinaria pesada en el área de Tarapoto, se ha determinado que: en términos de recursos humanos se debe contar con al menos 7 trabajadores para trabajar de manera adecuada y mantener eficientemente el proceso; de igual manera, estas personas continuarán recibiendo capacitaciones y talleres sobre mantenimiento de motores diésel, por otro lado, deberán contar con los recursos materiales y herramientas requeridos para el proceso de mantenimiento, y considerar el espacio físico y almacenes de repuestos. Finalmente, se debe considerar el plan de mantenimiento que se debe realizar para cada máquina; de igual manera, se ha determinado que se deben utilizar diversos documentos de mantenimiento para registrar y controlar cada proceso de mantenimiento, los requisitos, la cantidad de repuestos y el costo de todo el proceso.
- Finalmente, luego de la implementación del plan en el sector de maquinaria pesada en la región de Tarapoto, se mejoró el plan debido a la implementación de varios tipos de mantenimiento y el presupuesto necesario, y también se confirmó que los empleados

recibieron capacitación de largo plazo. En cuanto a infraestructura, como la empresa ha mejorado la ordenación de espacios, además del uso actual de la documentación técnica por parte de la empresa para registrar todo el proceso correspondiente a cada máquina, también se aprecian mejoras.

COSI (2019), en la tesis de pregrado titulada *“Propuesta de mejora en el proceso de mantenimiento preventivo del motor de marca Cummins de modelo ISX a fin de incrementar su disponibilidad mecánica”*, con el objetivo de realizar la propuesta de mejora en el proceso de mantenimiento preventivo en el motor de marca Cummins del modelo ISX a fin de incrementar su disponibilidad mecánica. Se aplicaron los pasos: Establecer el equipo, funciones o componentes, modos de fallo potenciales y efectos de los modos de fallo. Se concluye que:

- Al presentar sugerencias de mejora durante el proceso de mantenimiento preventivo del motor de la marca Cummins del modelo ISX, se puede mejorar la usabilidad mecánica y ayudar a reducir la falla mecánica del motor de la marca Cummins.
- Luego de evaluar las fallas en los equipos y realizar la investigación, se concluye que la empresa no es capaz de solucionar los problemas en los equipos, se recomiendan las siguientes acciones: Personal capacitado para resolver fallas de equipos, tenga las herramientas necesarias para el trabajo, tener inventario de repuesto necesario para mantenimiento, etc.
- La evaluación de las fallas de los equipos desde la perspectiva del sistema de gestión mostró que la empresa no cuenta con un sistema de gestión de mantenimiento preventivo eficaz, se recomiendan las siguientes medidas: Implementar un sistema de índices de gestión basado en la disponibilidad de la máquina, mantenga un registro histórico de todo el trabajo realizado en el equipo; lista de verificación de implementación, formato de servicio técnico, plan de mantenimiento, etc; formar periódicamente al personal

técnico; implementar mantenimiento y uso de manuales de operación; implementar procedimientos de mantenimiento preventivo.

- Al evaluar la prioridad de mantenimiento, concluyó que no existe una prioridad con respecto a la disponibilidad de repuestos para su mantenimiento, se recomienda lo siguiente: Implementar inventario de repuestos para mantenimiento; Entre otras prioridades, realizar el inventario de la obra.

2.2. BASES TEORICAS

Motor de combustión interna

La industria más grande conocida en el mundo en la actualidad es el motor de combustión interna. Estas máquinas utilizan directa o indirectamente a más de la mitad de la población mundial, por lo que está claro que el motor de combustión interna es importante en todas las economías. Como sugiere el nombre, implica el hecho de que la combustión de combustible y aire tiene lugar en la cámara de compresión y está aislada del entorno externo (HUARACCALLO, 2017).

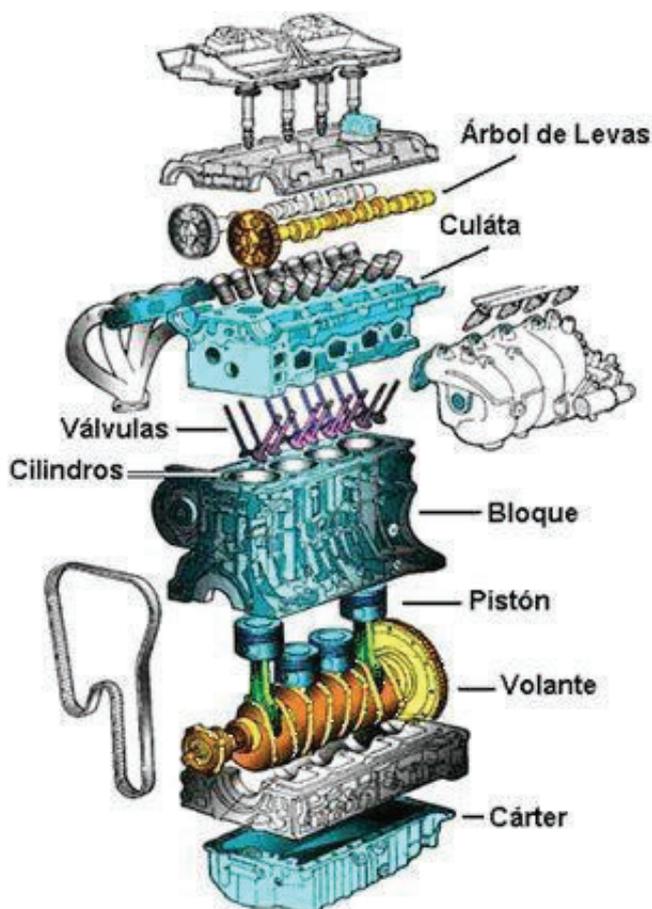
El motor de combustión interna es una máquina termodinámica cuya función es convertir la energía térmica del combustible líquido o gaseoso en Energía útil mecánica o de trabajo. También se denominan endotérmicos porque el trabajo se produce en la cámara de combustión, una vez que se enciende en la cámara de combustión y luego la mezcla de trabajo explota, hará que el pistón se expanda directamente a lo largo del cilindro (GOÑI, 2009; citado en HUARACCALLO, 2017).

Un motor de combustión interna es una máquina que obtiene directamente energía mecánica de la energía química generada por un fluido de trabajo, y la energía de trabajo es principalmente una mezcla de aire y combustible. Esta mezcla se quema en la cámara de combustión, creando movimiento en las partes mecánicas del motor. Esta mezcla se quema en la cámara de combustión, creando movimiento en las partes mecánicas del motor. El producto

del proceso de combustión es generar un ciclo de transferencia de energía termodinámica dentro del motor (PONCE, y otros, 2019). Según PONCE, y otros (2019), la calidad de los motores de combustión interna se caracteriza por lo siguiente:

- El grado de perfección en la conversión de energía térmica en maquinaria se evalúa por el rendimiento o el consumo específico de combustible, y representa la cantidad de combustible (unidad de masa o unidad de volumen), es decir Se necesita una unidad de tiempo por unidad de potencia.
- La potencia del motor se refiere a la unidad de superficie del pistón (potencia específica).
- Estructura simple y conveniente mantenimiento técnico.
- Arranque confiable del motor.

Figura 1. Partes de un motor de combustión interna de cuatro tiempos.



FUENTE: MANZANARES (2021).

Rendimiento y emisiones en un motor de combustión interna.

Se analiza la influencia de la relación de compresión en el rendimiento y la combustión del biogás como combustible MEP. De los resultados, se encuentra que cuanto mayor es la relación de compresión, mayor es el rendimiento térmico. Cuando esta se encuentra por encima de un valor crítico de 13:1, la potencia de freno y la eficiencia térmica se incrementan levemente. Por tanto, se puede concluir que a la hora de mejorar el rendimiento es fundamental un aumento de la relación de compresión porque hay mejoras significativas en la eficiencia térmica y la potencia de frenado. En esta prueba, la potencia del motor se incrementó en un 10% y el rendimiento se incrementó del 23% al 26,8%, lo que también afectó las condiciones de rendimiento debido a la reducción del retraso. encendido. La siguiente figura muestra la relación directa entre el consumo de diésel y otros combustibles relacionados y las emisiones de contaminantes directos (como dióxido de carbono) y fuentes de azufre, que a su vez está relacionada con la demanda de combustible tradicionales, por parte del parque automotor y diversas industrias del país cuantificados doce años (PONCE, y otros, 2019).

Motor de encendido por compresión o Diésel

En este tipo de motor, también denominado motor diésel, dado que el proceso de compresión genera altas temperaturas en la cámara de combustión, la combustión se inicia por autoencendido de la mezcla aire-combustible. Asimismo, el proceso de combustión está regulado por el inyector de combustible y controlado por los procesos físicos que ocurren durante la inyección de combustible, estos procesos físicos son: infiltración, atomización, evaporación y mezcla con aire (PONCE, y otros, 2019).

Los motores diésel estacionarios de baja velocidad son el punto de partida para el desarrollo de motores diésel que se utilizan actualmente en automóviles, camiones, autobuses o vehículos industriales. Por esta razón, el motor en ralentí debe cambiar su tamaño, materiales de construcción y peso. Al mismo tiempo, se modificó la cámara de combustión en estos

motores para aumentar la velocidad, llegando a alcanzar los 5000 rpm en algunos casos. Con la implementación de la tecnología de inyección directa en los motores diésel, ahora se fabrican cada vez con más frecuencia debido a su bajo consumo de combustible y ahorro económico. En estos motores, al volver a encender, los gases de escape utilizados para impulsar el turbocompresor se pueden utilizar para aumentar la potencia, de modo que la admisión del motor se puede alcanzar con presión adicional, logrando así un aumento de potencia de estos motores. Hay exceso de aire en la caja, en un motor de combustión interna esto significa un aumento de potencia, mientras que en un motor diésel este aumento puede llegar al 40%. Además, la presurización puede garantizar que la mezcla se queme casi por completo, reduciendo así el contenido de nitrógeno en los gases de escape (VARGAS, y otros, 2014). Con el desarrollo de la tecnología de motores diésel, estos motores se utilizan más en la actualidad. frecuentemente. El consumo específico de combustible es relativamente bajo, la concentración de componentes nocivos en los gases de escape es baja (contenido de CO), no hay compuestos de plomo en los gases de escape y la reducción de peso resultante. Refuerzo del motor como unidad de potencia (BOHNER, 1985; citado en VARGAS, y otros, 2014).

Rudolf Diésel propuso la idea de un motor diésel, que fue patentado en Alemania en 1892. Su innovación es crear motores de alta eficiencia. El motor de gasolina de ciclo Otto se inventó en 1876 y era muy ineficiente en ese momento (GUTIÉRREZ, 2019).

Según GUTIÉRREZ (2019), las principales diferencias entre el motor de ciclo Diésel y de ciclo Otto, son:

- El motor de ciclo Otto permite que el aire se mezcle con gasolina, se comprima y luego se encienda mediante chispas. Por el contrario, los motores de ciclo diésel solo toman aire, lo comprimen y luego inyectan combustible en aire comprimido sin una bujía. La temperatura del aire comprimido hará que el combustible se encienda directamente durante la inyección.

- La relación de compresión de los motores de ciclo diésel es mucho mayor que la de los motores de ciclo Otto: Este último suele tener una relación de 8: 1 a 12: 1, mientras que los motores de ciclo diésel se comprimen en una relación de 14: 1 a aproximadamente 25: 1. La mayor relación de compresión puede demostrar en parte la mayor eficiencia del motor de ciclo diésel.
- En los motores diésel, el inyector de combustible suele ser el componente más complejo y se ha beneficiado de enormes avances. El inyector debe poder pulverizar finamente el combustible mientras resiste la presión y temperatura elevadas en el cilindro.
- Comparado con la gasolina, el diésel es más aceitoso, más pesado y menos volátil. Su punto de ebullición es más alto que el del agua. La cadena de carbono es más larga que la gasolina (la gasolina típica es C_9H_{20} , mientras que el diésel suele ser $C_{14}H_{30}$).
- La densidad energética del diésel es más alta que la de la gasolina. Por este motivo y la mayor eficiencia térmica de los motores diésel, puede explicar por qué los motores diésel tienen un consumo específico menor que los motores de gasolina.

Constitución de un motor diésel.

Dado que los motores diésel absorben calor, su principio de funcionamiento es diferente al de los motores Otto, que es la principal razón por la que son diferentes. Principalmente porque tienen una alta relación de compresión (presión de compresión, presión de combustión y mayor temperatura) cuando funcionan, su estructura debe ser más fuerte que la del motor Otto, lo que hará que su peso aumente. Cada elemento del mismo está fabricado en base a su diseño y materiales de alto rendimiento. El pistón del motor diésel se calienta automáticamente mediante un faldón sin faldón. El soporte del anillo (rueda) está reforzado con una placa de metal o placa

plana de ajuste. Expansión térmica. En el motor endotérmico utilizado en los coches de alta compresión, el aro de compresión o la llanta se somete a altas temperaturas y altas presiones, lo que provoca un desgaste prematuro de la ranura que aloja el aro. Por lo tanto, la ranura del pistón del motor diésel adopta una estructura de soporte de fundición o prensado, como se muestra en la figura, el anillo superior está alojado en una ranura (soporte del anillo) de aleación de hierro de alta resistencia al desgaste (VARGAS, y otros, 2014).

Para evitar huecos en el ciclo de trabajo del motor, la aleación del canal tiene las mismas propiedades térmicas que el material con el que está construido el pistón. Para asegurar una unión firme entre el pistón y el soporte anular, este último tiene una gran rugosidad y puede mantener una unión firme. Además, el pistón también está diseñado con una cabeza plana de material de aluminio sinterizado (Sintal) para evitar grietas por altas temperaturas. En los vehículos equipados con motores diésel sobrealimentados, los pistones también están equipados con tubos de enfriamiento fundidos. Dado que todas las partes internas del motor tienen un rendimiento excelente, el cigüeñal en el muñón de la biela tiene un diámetro mayor, por lo que la biela de un motor diésel tiene un diámetro mayor en el cojinete. En construcción, la biela tiene un diseño inclinado para facilitar el desmontaje hacia arriba a través del pistón. Para asegurar un sellado hermético, la superficie de contacto entre la cabeza y la cabeza tiene dientes de 90°. Para evitar doblarse debido a la enorme fuerza transmitida por el pistón, el cigüeñal del motor diésel se instala en cada uno de sus codos de banco. Estos cigüeñales, al igual que los cigüeñales de los motores Otto, están equipados con contrapesos para equilibrar la masa y las vibraciones generadas por el funcionamiento del motor. Debido a su gran tamaño y peso, estos cigüeñales requieren un motor de arranque más potente y una batería de mayor capacidad en el sistema de arranque y encendido (VARGAS, y otros, 2014).

En los motores diésel se utiliza el calor en mayor medida, llegando a más del 40%, por lo que estos motores son mucho más económicos que los motores Otto. Debido a su mayor

temperatura de trabajo, el combustible puede quemarse casi por completo, lo que reduce el consumo específico de combustible, además, dado que el diésel es mucho más denso que la gasolina, su energía térmica (KJ / l) aumenta aproximadamente un 20% (BOHNER, 1985; citado en VARGAS, y otros, 2014).

Funcionamiento básico del motor diésel.

Hay motores diésel de 2 tiempos (también llamados de acción simple) y de 4 tiempos. El más común son los 4 latidos, que se estudiarán. La gran mayoría de los motores que utilizan combustible líquido para obtener potencia de rotación en un eje son motores alternativos. Tienen un sistema de manivela de biela a través del cual el calor generado por el combustible se transfiere al cigüeñal (GUTIÉRREZ, 2019).

Según GUTIÉRREZ (2019), las 4 fases que se pueden diferenciar en su ciclo, son:

- Admisión: Con la válvula de escape cerrada y la válvula de admisión abierta, el pistón desciende, permitiendo que entre aire al cilindro.
- Compresión: Una vez que el pistón alcanza el punto muerto inferior, la válvula de admisión se cierra. Cuando las dos válvulas permanecen cerradas, el aire se comprime durante el movimiento ascendente del pistón. Según un parámetro de diseño llamado relación de compresión, el volumen de aire se reduce de 14 a 22 veces.
- Encendido, combustión y expansión: Esta fase comienza cuando el pistón está en el punto muerto superior después de la carrera de compresión. El aire está a alta temperatura y presión, más alta que el punto de inflamación del diésel. Luego se inyecta combustible para que reaccione con el oxígeno en el aire y se expanda a una presión constante hasta que el pistón alcance el punto muerto inferior nuevamente.
- Escape: Comenzando desde el punto muerto inferior, cuando se abre la válvula de escape, se purga el gas quemado. Una vez que el pistón alcanza el punto muerto superior nuevamente, el ciclo comenzará nuevamente.

Una vez que el pistón alcanza el punto muerto superior nuevamente, el ciclo comenzará nuevamente. La inyección comienza en el momento en que el pistón alcanza el punto muerto superior después del tiempo de compresión, y las válvulas de admisión y escape tienen algunos avances en los retardos de apertura y cierre con respecto al ciclo teórico, porque el gas tiene una dinámica determinada y el combustible no interactuará con el oxígeno. Reacción espontánea. La inyección comienza en el momento en que el pistón alcanza el punto muerto superior después del tiempo de compresión, y las válvulas de admisión y escape tienen algunos avances en los retardos de apertura y cierre con respecto al ciclo teórico, porque el gas tiene una dinámica determinada y el combustible no reacciona espontáneamente con el oxígeno. La principal diferencia con el motor de ciclo Otto alternativo es que el motor diésel no requiere un sistema de encendido. En el motor diésel, cuando el combustible entra en contacto con aire comprimido con una presión y temperatura más altas que el motor de ciclo Otto, el combustible se enciende. Además, los motores de ciclo Otto tienden a comprimir aire que se ha mezclado con combustible (generalmente gasolina), mientras que los motores de ciclo diésel solo comprimen aire para posteriormente inyectar diésel a alta presión durante un cierto período de tiempo. Por lo tanto, los sistemas de suministro de combustible son particularmente importantes en los motores diésel debido a su complejidad y requisitos (GUTIÉRREZ, 2019).

Formas de inyección diésel.

La inyección en este tipo de motores puede ser directa o indirecta, lo que afectará el diseño del pistón y la cámara de combustión, el rendimiento del motor y las características de las emisiones de escape. En M.C.I. el combustible de inyección directa se inyecta directamente en la cámara de combustión; en la inyección indirecta, la inyección se realiza en la precámara (PONCE, y otros, 2019).

Sistema de inyección de un Motor Diésel o Motor de Encendido por Comprensión (M.E.C).

El sistema de inyección tiene la función de suministrar combustible al motor de las siguientes formas: Una bomba de inyección que genera presión de trabajo para suministrar combustible a un circuito de alta presión, que a su vez es alimentado por un circuito de baja presión que entrega combustible desde un tanque de almacenamiento de aceite (PONCE, y otros, 2019).

Proceso de combustión en un motor Diésel de inyección directa.

Quizás la forma más clásica de estudiar la evolución del proceso de combustión de un motor diésel es comparar la evolución temporal de la masa de combustible inyectada por unidad de tiempo (tasa de inyección) con la energía aparente liberada por unidad de proceso de combustión. El tiempo calculado en base a la presión (tasa de liberación de color o tasa de combustión) en el cilindro medido. El cálculo final se basa en la primera ley de la termodinámica aplicada al volumen del cilindro en cada instante, que representa la fuerza de la energía química liberada. Combustible, que tan rápido es el proceso combustión. Se puede observar una comparación entre las dos evoluciones de tiempo obtenidas experimentalmente en un motor de inyección directa con paso endoscópico (GARCÍA, 2004).

Según GARCÍA (2004), suelen distinguir tres fases principales:

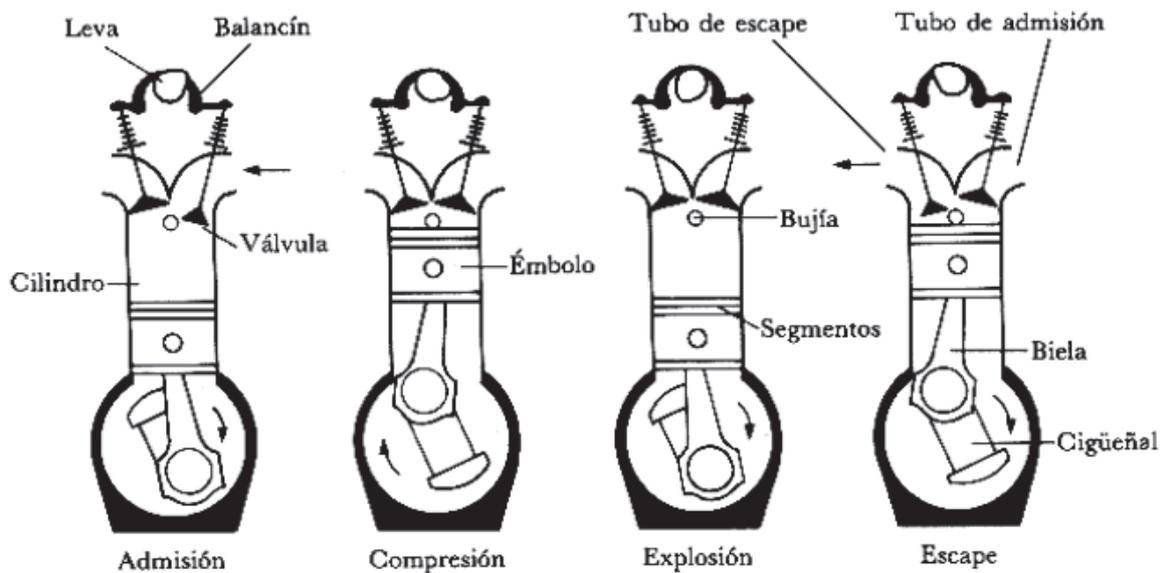
- Después del inicio del proceso de inyección (el momento en que la tasa de inyección sube por encima de cero), se puede ver un primer intervalo de tiempo, durante el cual obviamente no hay una liberación de calor significativa. En este intervalo de tiempo, debido a todos Procesos físicos (atomización, ingestión de aire y evaporación). Dado que el aire en la cámara de combustión contiene oxígeno, la mezcla de aire y combustible resultante es inestable y, en ella, comienzan a producirse reacciones químicas de baja intensidad que hacen que las moléculas de combustible se descompongan en cadenas de hidrocarburos más cortas y la formación de radicales

libres eventualmente conducirá a la combustión espontánea de la mezcla, es decir, aparece una zona de reacción altamente exotérmica en la boquilla, confirmando así el inicio de la combustión. Se manifiesta por un aumento repentino en el patrón de liberación de calor, completando la primera fase de combustión, generalmente llamada fase mtm o combustión espontánea, aunque aquí se utilizará la fase retardada por brevedad. Molina, señaló que, en condiciones de motor similares a este trabajo, la duración de la fase de retardo (el llamado *tiempo de retraso Tdelay*) es de aproximadamente 0,5 ms, que obviamente depende de las condiciones de funcionamiento del motor.

- Una vez que comienza una exotermia significativa, se distinguirán otras dos etapas. El primer tipo es temporal en el tipo de motor que se analizará aquí, y generalmente se denomina fase de combustión premezclada. Debido al proceso de mezclado previo, quema todos los combustibles que se encuentran dentro del límite de inflamabilidad, pero no pueden reaccionar porque el proceso químico no cumple con las condiciones necesarias, para la combustión espontánea. La combustión de todas estas mezclas acumuladas da como resultado la liberación de energía a una velocidad relativamente alta, que es el primer máximo característico de la curva de liberación de calor. La duración de esta fase se suele definir desde el inicio de la combustión hasta el primer mínimo de la curva de liberación de calor, y se puede observar que el orden de los tiempos de retardo es el mismo.
- Cuando las sustancias mezcladas en la fase de retardo se queman por completo, la liberación de calor continúa a una velocidad menor correspondiente a la denominada fase de combustión por difusión. A medida que se produce la mezcla entre aire y combustible, se libera calor (de hecho, muchos autores utilizan el nombre de la fase de combustión controlada por la mezcla). Durante la inyección, el proceso de mezcla está

controlado por la cantidad de movimiento que se introduce el chorro en la cámara de combustión. La estructura de la llama ha alcanzado un período cuasi estacional y se puede mantener mientras se inyecte el combustible. Al final del proceso de inyección, debido al deterioro del proceso de mezcla debido a la energía cinética turbulenta generada por la falta de impulso del chorro, se observó una disminución en la tasa de liberación de calor. La estructura de la llama presenta una forma más aleatoria, y la combustión desaparece gradualmente hasta que la combustión termina normalmente durante la carrera de expansión del pistón.

Figura 2. Estructura básica de un motor de 4 tiempos y sus piezas básicas.



FUENTE: VILLEGAS (2007).

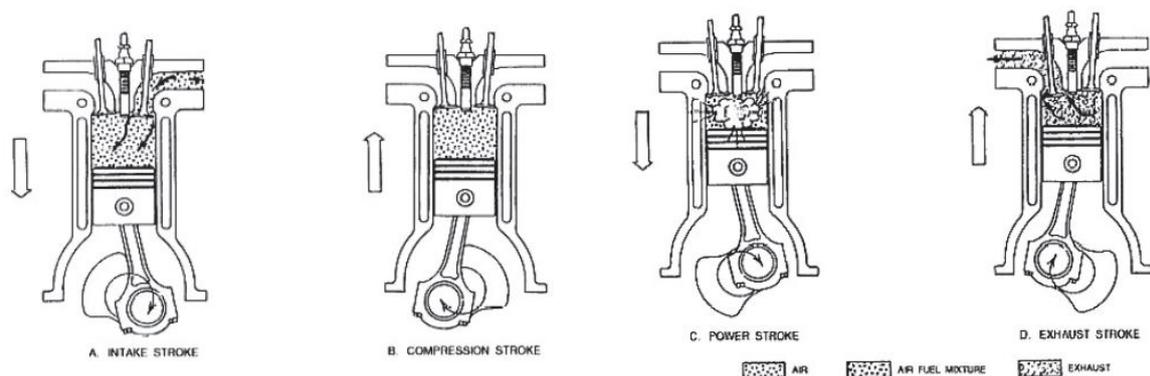
Ciclo diésel.

Los motores de ciclo diésel tienen una amplia gama de prestaciones, desde grandes motores industriales hasta pequeños turismos. También se pueden encontrar en trenes, barcos y generadores (JORGE, 2010).

Los motores diésel convencionales se diferencian de los motores de ciclo Otto en los tipos de procesos de encendido y combustión. La característica típica de la combustión en estos

motores es la inyección directa de combustible en la cámara de combustión o precámara cerca del TDC (punto muerto superior). Poco después del final de la compresión, es decir, poco antes del punto de inicio de combustión deseado, el combustible líquido inyectado a alta velocidad y alta presión se atomiza en pequeñas gotas y entra en la cámara de combustión. Como resultado, se evapora y se mezcla con aire que se encuentra a alta temperatura y presión debido a la compresión. El aire ambiente transfiere calor al combustible hasta que su temperatura alcanza la temperatura de autoignición y se produce la combustión espontánea de las partes mezcladas con el aire. La presión en el cilindro aumenta con la combustión de la mezcla. La combustión, luego la atomización, la evaporación y la mezcla con aire continúa hasta que se completa la inyección y todo el combustible ha pasado por el proceso (JORGE, 2010).

Figura 3. Ciclo Diésel de 4 tiempos.



FUENTE: VILLEGAS (2007).

Órganos auxiliares del motor Diésel

Debe entenderse que los órganos auxiliares constituyen los órganos restantes del motor diésel, pero esto no significa que estos órganos sean menos importantes que los órganos previamente estudiados. De hecho, todos los elementos son vitales para el desarrollo general. (Cuesta, 2003; citado en BUELE, y otros, 2014).

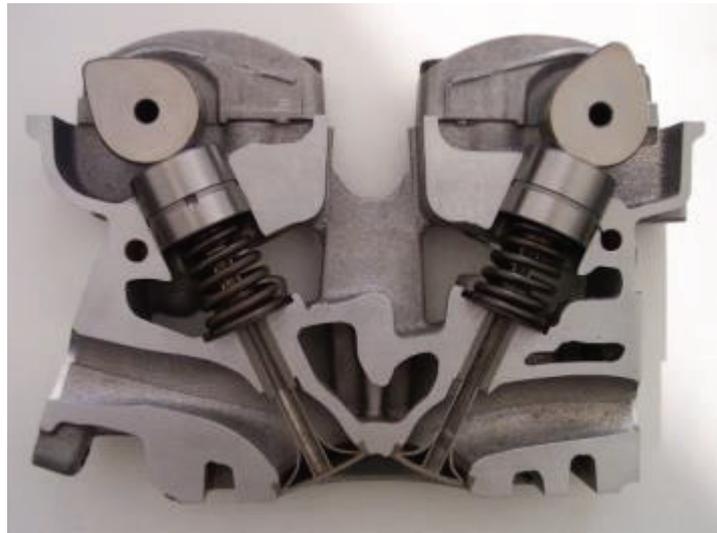
Según BUELE, y otros (2014), los órganos auxiliares están compuestos por los siguientes conjuntos:

- Sistema de distribución: El sistema de distribución está formado por los elementos auxiliares del motor, cuyas funciones están perfectamente sincronizadas para permitir que las válvulas se abran y cierren en el momento oportuno. Cuesta (2003), citado BUELE, y otros (2014), indica que los elementos que forman, son: Las válvulas, árbol de levas y balancines.
- Colector de admisión y escape: El colector de admisión se encarga de ayudar a que el aire ingrese rápidamente al cilindro del motor a una velocidad adecuada para aprovechar al máximo su admisión, mejorando así el rendimiento del motor. Generalmente está hecho de aluminio o plástico. El colector de admisión se encarga de ayudar a que el aire ingrese rápidamente al cilindro del motor a una velocidad adecuada para aprovechar al máximo su admisión, mejorando así el rendimiento del motor. Generalmente está hecho de aluminio o plástico. El colector de escape se encarga de recibir el gas producido por la combustión del motor y descargarlo al exterior. Están diseñados para soportar las altas temperaturas de los gases de combustión hechos de hierro fundido para evitar fugas y reducir el rendimiento del motor.

Culata

La culata o la culata del motor es una parte importante de cualquier motor de combustión interna o ciclo Otto, esta parte es la parte que sella con el bloque de cilindros que cubre la parte superior del cilindro. Esto se hace mediante tornillos y también al permitir que el combustible pase y libere gas. En cuanto a su precisión de fabricación, este es un factor complicado porque forma parte de la cámara de combustión y por lo tanto debe soportar altas temperaturas, además debe tener una cavidad por donde circule el refrigerante. La entrada, el escape y la cavidad del lubricante deben ser independientes para evitar que diferentes líquidos ingresen a la mezcla en la cámara de combustión, razón por la cual los fabricantes prefieren usar aleación de aluminio en la mayoría de los casos (ÁLVAREZ, 2019).

Figura 4. Culata cortada, mostrando las válvulas y puertas de admisión y de escape, canales de refrigeración, taqués, etc.



FUENTE: VILLEGAS (2007).

Funcionamiento.

La función principal de la culata es contener los componentes encargados de permitir que el combustible pase por la cámara de combustión o cilindro y de evacuar el humo que se genera cuando la mezcla explota hacia el tubo de escape o hacia el exterior. Por lo tanto, existen algunas válvulas en la culata que pueden realizar esta tarea. Además, la culata también está equipada con otros dispositivos encargados de la inyección. Las bujías y termostatos son otros dispositivos en la culata. Se ocupan de sus asignaturas correspondientes (ÁLVAREZ, 2019).

Posibles fallas.

Según ÁLVAREZ (2019), las fallas de una culata, son:

- Corrosión / Cavitación en el aluminio: Usar refrigerante de mala calidad o usar solo agua puede causar corrosión en el aluminio. Para la misma culata, el cliente usó refrigerante de alta calidad sin corrosión.
- Sobre calentamiento: Daño causado por falla de refrigeración.
- Fallos de inyección: La falla del inyector (ajuste inadecuado, mangueras sucias, etc.) puede causar fugas de combustible en el cilindro. La explosión repentina de la

acumulación de combustible quemará y corroerá el aluminio de la superficie de la cámara.

- Sobre apriete en los apoyos del árbol de levas o de inyectores: Siempre se debe respetar el par de apriete determinado por el origen (OE). De lo contrario, pueden producirse grietas y roturas en el cojinete del árbol de levas o la carcasa del inyector.
- Fallos de instalación: En el mantenimiento del motor que necesita ser reajustado, el sello debe estar debidamente estampado.

Rectificación de la culata.

La culata o cabezote es una parte muy importante del motor, sufrirá una importante expansión cuando se someta a altas temperaturas y altas presiones, una vez que el motor se enfríe y se detenga, se producirá la correspondiente contracción. Por lo tanto, se producirán deformaciones y grietas tanto en el interior como en el exterior. Se utiliza regla y calibre para comprobar la planitud de la superficie de apoyo con tacos, y la diferencia no puede ser superior a 0.05 mm (CAISALUISA, 2016).

Si la deformación de la boquilla es mayor que la deformación anterior, se debe corregir el plano para evitar retirar la mayor cantidad de material posible, pues a medida que avanza la rectificación, el volumen de la cámara de combustión disminuirá, por lo que la proporción aumentará y también la compresión y temperatura de la cámara (CAISALUISA, 2016).

Válvulas.

Su tarea es abrir y cerrar las tuberías que comunican con el colector (entrada y salida) en la cámara. También deben mantener la cámara completamente sellada durante las fases de compresión y explosión hasta que se abra la válvula de escape. Están fabricados en acero aleado, tienen una excelente resistencia mecánica a altas temperaturas y son resistentes a la oxidación y corrosión (BUELE, y otros, 2014).

La válvula de escape y la válvula de admisión cierran herméticamente la cámara de combustión y controlan la recirculación de gases en el motor, que están expuestos a elevadas tensiones térmicas y mecánicas cuando se exponen a la corrosión. La tensión mecánica es causada por la flexión de la placa de la válvula debido a la flexión de la presión de encendido y el fuerte impacto cuando está cerrada. El grosor y la forma de la placa de la válvula y la selección adecuada del material pueden reducir estas tensiones a un nivel aceptable. Durante la exhalación de los gases de escape calientes, la temperatura de la válvula de escape aumenta aún más. El enfriamiento de la válvula se ve afectado principalmente por la disipación de calor a través del inserto del asiento de la válvula en el punto muerto superior del cilindro. Una pequeña parte del calor se disipa a la culata a través de la guía de la válvula. La válvula de admisión alcanza la temperatura Aproximadamente de 300 ° C a 550 ° C, y la temperatura de la válvula de escape puede alcanzar hasta 1000 ° C ("Válvula · Mantenimiento automotriz", y). Además de la alta temperatura de combustión que soporta la válvula, la interacción se quemará cuando el combustible ingrese La reacción química interactúa con la válvula cuando está en la cámara, con el paso del tiempo y el trabajo mecánico que realiza el motor, la válvula se desgasta por corrosión y la corrosión por corrosión es mínima. La pérdida de material y / o masa puede provocar la falla del asiento de la válvula y la pérdida de compresión del motor (especialmente el acelerador). Escape, porque es uno que soporta temperaturas más altas, porque es una parte mecánica que guía los gases de combustión hacia el escape (ARIAS, y otros, 2018).

En metales que no contienen la segunda fase, el valor del área de la muestra se puede restringir para reducirlo hasta en un 100%. Esta deformación produce formas de cuchillos o bandas apiladas en planos de deslizamiento (ARIAS, y otros, 2018).

Según ARIAS, y otros (2018), los materiales de ingeniería suelen contener una gran cantidad de partículas secundarias, que son elementos de aleación que se utilizan para mejorar sus propiedades mecánicas, térmicas y químicas. Estas partículas se clasifican según su tamaño:

- Partículas visibles al microscopio óptico: Su tamaño variable es de hasta 20 micrómetros. Consisten en inclusiones no metálicas agregadas al acero y aleaciones metálicas para mejorar su moldeabilidad, maquinabilidad o refinar granos. Ejemplos de estos son los carburos, que se utilizan para mejorar el rendimiento de ciertos aceros para herramientas.
- Partículas de tamaño mediano: Su tamaño está entre 50 y 500 nm y solo es visible al microscopio electrónico. Suelen estar compuestas por carburo cementado, fundamental para mejorar las propiedades mecánicas, como el acero templado en dispersión microaleado.
- Partículas de tamaño pequeño: Visible al microscopio electrónico. Su tamaño puede variar de 5 a 50 nm. Estas partículas se producen en el endurecimiento de aleaciones metálicas durante procesos de tratamientos térmicos, sobretodo en procesos de endurecimiento estructural.

Válvulas mono metálicas.

Fabricadas racionalmente mediante proceso de extrusión en caliente o proceso de recalado.

Válvulas bimetálicas.

Hacen posible la combinación ideal de materiales tanto para el vástago como para la cabeza.

Válvulas huecas.

Sirven por un lado para la reducción de peso y por otro para la disminución de temperatura. Rellena de sodio (punto de fusión $97,5^{\circ}\text{C}$), puede transportar calor desde la cabeza de la válvula hasta el vástago, a través del efecto agitador del sodio líquido, y lograr una disminución de la temperatura entre 80° hasta 150°C .

Materiales de válvulas.

CS = Acero bajo carbono para válvulas de admisión también utilizada como material del vástago en válvulas bimetálicas.

M = Acero cromo silicio para válvulas de admisión y de escape en servicios moderados, aún utilizados como material del vástago en válvulas bimetálicas.

MN = Acero cromo níquel silicio para válvulas de admisión con gran resistencia a la corrosión y temperaturas elevadas.

MV = Acero cromo molibdeno vanadio para válvulas de admisión con alta resistencia al desgaste, corrosión y altas temperaturas.

A = Acero austenítico cromo níquel manganeso para válvulas de escape resistentes a pesadas condiciones de operación.

AN = Acero austenítico cromo níquel para válvulas de escape resistentes a severas condiciones de operación.

AB = Acero austenítico cromo níquel manganeso para válvulas de escape resistentes a pesadas condiciones de operación.

X = Super aleaciones para válvulas de escape fuertemente solicitadas.

ST = Altas aleaciones de blindaje del asiento de válvulas de alta resistencia a la oxidación, desgaste y corrosión.

SH = Válvula con asiento temperado.

N = Válvula nitretada.

CP = Válvula con vástago cromado.

Función.

Las válvulas son piezas de precisión del motor y cumplen cuatro tareas muy importantes en el funcionamiento motoriz:

- Bloqueo de secciones del flujo

- Control del intercambio de gases
- Cierre hermético de los cilindros
- Disipación del calor absorbido de los gases de escape de la combustión, transfiriéndolo hacia los insertos de asiento de válvulas y hacia las guías de válvulas.

A temperaturas de hasta 800° Celsius cada válvula se abre y se cierra hasta 70 veces por segundo y durante la vida útil del motor soporta, como término medio, 300 millones de recambios de la carga. Por lo general se distingue entre válvulas de admisión y de escape. Válvulas de admisión Como consecuencia de la circulación de los gases frescos, las válvulas de admisión enfriadas deben soportar elevadas cargas mecánicas sobre todo en el contacto con el asiento de la válvula. Válvulas de escape Adicionalmente a las elevadas sollicitaciones, las válvulas de escape están expuestas a elevadas cargas térmicas y corrosión química. Por ello, se emplean materiales especiales y procesos de producción más complejos durante su fabricación.

Rectificación de válvulas y asiento de válvulas.

Use la sonda conectada al exterior de la cabeza de la válvula para verificar el desgaste entre el vástago de la válvula y su guía, y conecte la válvula a su alojamiento para verificar si hay anomalías. Mueva la válvula hacia los lados, ábrala o ciérrela, para verificar el espacio entre la varilla y su guía, de modo que la sonda pueda usarse para medir. La diferencia en las lecturas obtenidas en los dos casos determina el desgaste existente, el cual no debe ser mayor de 0.15 mm, de lo contrario se debe reemplazar la válvula y la guía. La corrección del asiento se realiza en la máquina de culata, el asiento se centra en la culata y se corrige el ángulo hasta alcanzar el parámetro especificado por el fabricante (generalmente 45°), luego es verificado por la válvula nueva o con válvula rectificadora y asiento de válvula usando una ventosa. Finalmente, se debe verificar el asentamiento mediante molienda manual con la ayuda de una ventosa y un molinillo de pasta. Posteriormente, se utilizó luz azul mecánica para inspeccionar

la superficie de contacto. Este proceso puede garantizar la estanqueidad entre el ángulo de la válvula y el asiento de la válvula (CAISALUISA, 2016).

Figura 5. Válvulas y árbol de levas.



FUENTE: VILLEGAS (2007).

Fuentes de ruido del motor.

A medida que las regulaciones se vuelven cada vez más estrictas, el confort acústico juega un papel vital en la decisión de compra del cliente, por lo que el control del ruido por parte de los fabricantes de automóviles ha atraído cada vez más la atención de los fabricantes de automóviles. Por lo tanto, es importante comprender y distinguir los diferentes efectos sobre el ruido del vehículo en función de las principales fuentes de ruido del motor. Existen varias posibilidades para distinguir las fuentes de ruido en un vehículo (DONAYRE, 2012).

Según DONAYRE (2012), las fuentes responsables de la generación del ruido, son:

- Aerodinámica: El ruido generado por la interacción entre el vehículo y el aire, depende de la velocidad y aerodinámica del vehículo.
- Rodadura y suspensión: El ruido producido por el contacto de los neumáticos con la carretera depende de la velocidad, las características del neumático y la suspensión y del suelo.

- Transmisión: El ruido de la superficie de la caja de cambios y los engranajes y ejes de transmisión depende básicamente de la relación de transmisión y la velocidad del motor. Flujo de ruido, vibraciones y emisiones sonoras generadas por admisión y escape.
- Sistema de admisión y escape. Flujo de ruido, vibraciones y emisiones de ruido. Producido por admisión y escape.
- Motor: Ruido del bloque motor y de los accesorios; se puede distinguir el ruido de combustión y el ruido mecánico.

En la conducción a baja velocidad, la velocidad de los turismos es inferior a 30 km / h y la velocidad de los camiones es inferior a 50 km / h, los motores diésel de inyección directa son la principal fuente de ruido de los vehículos. Por encima de estas velocidades, el ruido de rodadura es la principal fuente de ruido y ruido aerodinámico, ya que ambos se amplifican a medida que aumenta la velocidad del vehículo. Según la investigación de Russel y Haworth, en los motores diésel de inyección directa es difícil silenciar otras fuentes de ruido en el vehículo para evitar que el ruido del motor represente más de la mitad del ruido total, y parece poco probable que el ruido del motor cause un impacto. Menos de una cuarta parte del ruido total del vehículo. La fuente de ruido de un motor diésel de inyección directa depende fundamentalmente de las características de la inyección de combustible, así como de las condiciones de funcionamiento del motor definidas por el grado de carga y la velocidad. Por tanto, es necesario determinar la fuente de ruido que emite el motor para analizar cada causa por separado y tratar de limitar su influencia (DONAYRE, 2012).

Ruido de combustión.

La fuerza generada por la expansión del gas durante la combustión es la causa del ruido de combustión en los motores de combustión interna. En los motores diésel, la combustión provoca un aumento repentino de la presión, que es la principal causa del típico ruido de impulso (también llamado "Knock"), que es característico de estos motores. Por un lado, la

presión se transmite directamente al entorno circundante a través de la culata y la culata. Por otro lado, estas fuerzas que actúan sobre el pistón se convierten en fuerzas mecánicas, que se transmiten con más fuerza internamente a través del conjunto de cigüeñal, cojinete y placa inferior. En motores de inyección directa, en situaciones reales, como en las pruebas estipuladas en la normativa sobre ruido de vehículos, el ruido de combustión no solo representa la mayor parte del ruido del motor, sino también la mayor parte del ruido del vehículo. Varios factores que causan el ruido del motor incluyen ruido mecánico, ruido de combustión y ruido de accesorios. El ruido mecánico es el ruido producido por el movimiento de todos los dispositivos mecánicos (válvulas, ejes de transmisión, ejes, engranajes, etc.) del motor. El ruido de accesorios es el ruido causado por componentes auxiliares como el sistema de inyección, la unidad del turbocompresor, la bomba de agua y aceite. El ruido de combustión se puede dividir en ruido de combustión directo e indirecto y ruido de flujo (DONAYRE, 2012).

Según DONAYRE (2012), con respecto a esta descomposición, las fuerzas generadas por la combustión se dividen en dos categorías:

El primer conjunto de fuerzas (también llamado presión o fuerzas de gas) es proporcional a la curva de presión del cilindro, y el ruido final emitido por la estructura se define como ruido de combustión directo. Idealmente, asumiendo que no hay tolerancias, el ruido será el resultado de la presión que actúa directamente sobre la estructura. El segundo conjunto de fuerzas es proporcional a la fuerza de rotación que causa el ruido de combustión indirecto, lo que obliga a los componentes del motor a moverse dentro de sus tolerancias, provocando un impacto. La carga sobre el cigüeñal y la fuerza lateral sobre el pistón generan, respectivamente, ruido en el cigüeñal y el paso del pistón en la pared del cilindro. Los componentes del sistema de admisión y escape generarán ruido de flujo. Debido al alto flujo de volumen durante la operación estratificada, el ruido del flujo es más importante en los motores

de gasolina de inyección directa. El ruido del motor se compone de ruido de combustión y ruido mecánico porque asumen que el ruido de accesorios es parte del ruido mecánico

Ruido mecánico.

La ligera diferencia en la definición de las diferentes partes del ruido de combustión se debe al hecho de que, es casi imposible separar completamente el ruido de combustión del ruido mecánico (DONAYRE, 2012).

Cabeceo del pistón.

Una de las principales fuentes de ruido y vibración en los motores de combustión interna alternativos es la colisión entre el pistón y la pared del cilindro, también conocida como "golpe de pistón". La dirección de la fuerza de inercia está controlada por el movimiento de la biela, que cambia de dirección durante el ciclo de trabajo del motor. El mecanismo de deslizamiento tiene una pequeña tolerancia (Δ) entre el pistón y la pared del cilindro, y la biela produce un componente transversal F , que cambia de dirección a medida que cambia la posición de la biela. Como resultado, el pistón golpea la pared del cilindro de lado a lado y el impacto excita el bloque del motor, que vibra y hace ruido. En la literatura científica se pueden encontrar numerosos estudios experimentales y teóricos que intentan comprender y cuantificar este fenómeno. La importancia de esto es que representa una de las mayores fuentes de ruido y vibración, y también es la causa de la degradación del rendimiento del motor, especialmente cerca de TDC y PMI, porque el impacto se intensifica cuando se mueve el pistón acelere, disminuya la velocidad y cambie de dirección (DONAYRE, 2012).

Ruido de Cigüeña.

Como se mencionó anteriormente, la presión sobre el pistón generada durante el proceso de combustión se convierte en fuerza mecánica y se transmite internamente a través de la biela y el cigüeñal. En un ciclo de trabajo normal, la fuerza sobre el rodamiento curvo cambiará de dirección y fuerza. Esto, junto con las inevitables tolerancias, tiene un impacto en los cojinetes

del cigüeñal. Estos golpes harán que el sistema vibre y genere ruido. Este fenómeno también se llama "rumble noise" y es ruido de baja frecuencia. Este ruido es más pronunciado en motores de gasolina con relaciones de compresión relativamente altas, porque este fenómeno ocurre cuando el motor está a alta velocidad o aceleración. Con el fin de evaluar la influencia de las características dinámicas y la tolerancia radial del cigüeñal sobre la intensidad y calidad del ruido emitido, se han realizado numerosos estudios. En dicha investigación, el parámetro psicoacústico "Roughness" se ha aplicado a los datos medidos de ruido y vibración para cuantificar con mayor precisión la percepción total del ruido. Según Maetani, si aumenta la rigidez del cigüeñal, se pueden reducir las vibraciones. Nehl encontró la mejor combinación de rangos de tolerancia radial para mejorar la calidad del ruido emitido por el rodamiento. Sin embargo, la teoría exacta de cómo generar el ruido del cigüeñal aún es incierta (DONAYRE, 2012).

La vibración y la ondulación del par del cigüeñal se propagan entre tiempos. El ruido causado por estos choques también se denomina ruido metálico. Según Russel, hay muchas formas de reducir las fuentes de ruido. Puede optimizar la forma y el tamaño de los dientes de los engranajes, optimizar la posición de estos dientes en relación con el modo de vibración existente, optimizar la distancia entre los dientes, reducir las tolerancias o utilizar Elementos más elásticos (DONAYRE, 2012).

2.3. CONCEPTUAL

INTERFERENCIA EN EL MONTAJE DE GUÍAS DE VÁLVULA.

La interferencia de montaje de la guía de válvula en su alojamiento es, generalmente, de 0,02-0,25 mm; dicho valor es elegido de manera que, a la temperatura de régimen del motor, la sujeción entre la guía de válvula y la culata sea suficientemente estable. Sin embargo, el vástago de la válvula se monta con juego en la guía de válvula. Su valor debe ser bastante grande para garantizar, a la temperatura de régimen del motor, el movimiento de la válvula en

su alojamiento sin gripados ni agarrotamientos (teniendo en cuenta las dilataciones del vástago y de la guía). La guía de válvula es generalmente cónica en la parte superior. Esto viene determinado por la necesidad de evitar que se acumule aceite, que podría infiltrarse en el colector de admisión o en el de escape. Aproximadamente, el 30 % del consumo de aceite se debe al lubricante que pasa a través de las guías de las válvulas a la cámara de combustión (y es quemado) o entra en el colector de escape y es expulsado sin que se queme.

EL CONSUMO A TRAVÉS DE LAS GUÍAS DE VÁLVULA

El consumo a través de las guías de las válvulas de admisión se aprecia por un color azulado de los gases de escape cuando se suelta de golpe el acelerador (y la depresión del colector de admisión es máxima). Por este motivo, muchas veces, en la parte superior de la guía de válvula se coloca un retén de caucho sintético, para que impida la infiltración del aceite.

MATERIALES DE LAS GUÍAS DE VÁLVULA.

Para la fabricación de las guías de válvula se emplean materiales con buenas propiedades de deslizamiento y de conductibilidad térmica. En particular la fundición gris y el latón con elementos especiales de aleación han producido excelentes resultados.

G1. Fundición gris con estructura perlítica. Este material se caracteriza por una buena resistencia al desgaste y se presta para la construcción de guías sometidas a un grado de sollicitación normal.

G2. Fundición gris con estructura perlítica básica y una concentración elevada de fósforo. La estructura reticular del fósforo incrementa notablemente la resistencia al desgaste y mejora las propiedades de rodaje de emergencia. Se utiliza en motores con un grado de sollicitación media.

G3. Fundición gris con estructura perlítica básica y una concentración elevada de fósforo y cromo. Se utiliza especialmente en motores sometidos a altos esfuerzos.

B1. Aleación de CuZnAl. Este material posee una buena resistencia al desgaste y excelentes propiedades deslizantes. Las guías de esta aleación son idóneas para motores que se someten a esfuerzos normales o medios.

RESISTENCIA ELÁSTICA DE SECCIÓN (R_{EL})

Se ha determinado la resistencia elástica de sección del mandril calibrado, mediante el método R_{PL}. Se obtuvo los siguientes resultados:

Material de acero AISI 4340 VCN

DIN 34 Cr Ni Mo 6

Límite de fluencia (f_y)

Para $\varnothing < 16$ mm 980 N / mm²

$R_{EL} = A_{min} \cdot f_y / \gamma Mo = A_{min} \cdot f_y \delta =$ Resistencia elástica de sección.

Dónde: γMo = Coeficiente de minoración a la resistencia.

f_y = Límite de fluencia.

γMo = Coeficiente de minoración a la resistencia.

$A_{min} = \pi \cdot 6^2 / 4 = 28.27$ mm² = Área mínima

$$R_{EL} = \frac{28.27 \text{ mm}^2 \cdot \frac{980 \text{ N}}{\text{mm}^2}}{1.05} = 26389 \text{ N}$$

Se considera la sección mínima del eje:

∴ Fuerza aplicada (F_A) 500 lb = 2224 N

Entonces la fuerza aplicada < R_{EL}

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

TIPO DE MOTOR.

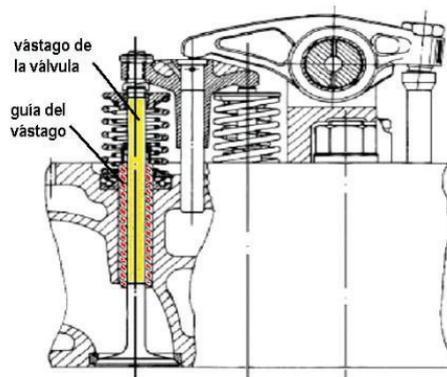
Para GONZALES (2015), hoy en día, dado que existen muchas combinaciones posibles de varios sistemas auxiliares de motores de combustión interna, es difícil clasificarlos utilizando todas las tecnologías que pueden utilizar los motores de combustión interna. Menciona además una clasificación según el número y disposición de los cilindros, los cuales se pueden disponer

en línea, en V u opuestos y pueden estar ubicados de forma delantera transversal o central. En esta investigación, se empleó una clasificación de motores según el cilindraje de los motores de 4 y 6 cilindros.

GUÍA DE VÁLVULA.

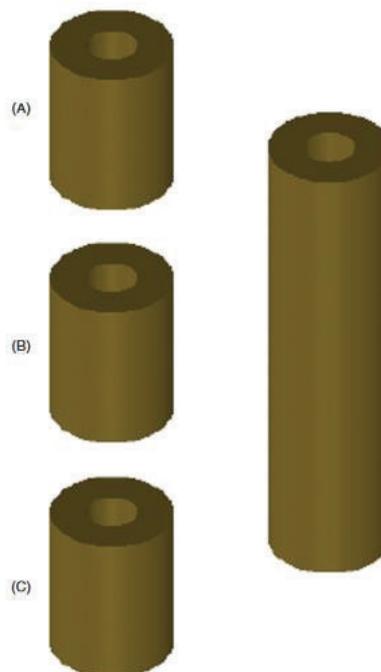
Casquillo de forma alargada, introducido en los agujeros apropiados realizados en la, dentro del cual se desliza la válvula.

Figura 6. Identificación del sistema formado por la guía y el vástago de la válvula en un cilindro de MCI.



FUENTE: MARTÍNEZ, y otros (2008).

Figura 7. Guía de válvula completa y seccionada.



FUENTE: RODRÍGUEZ, y otros (2017).

ÁRBOL DE LEVAS.

El árbol de levas se encarga de abrir y cerrar la válvula para que cada dos revoluciones del árbol de levas o complete un ciclo de trabajo completo. Para conseguirlo lleva mecanizado unas salientes excéntricas llamados levas que son las que se encargan de regular todo el ciclo y efectuar el empuje necesario. El material usado para su fabricación es aleación de hierro fundido y se fabrica de una sola pieza por proceso de fundición en molde (BUELE, y otros, 2014).

BALANCINES.

El balancín se encarga de transmitir directamente el movimiento del árbol de levas a la válvula (BUELE, y otros, 2014).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. HIPÓTESIS GENERAL E HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL

- Al emplear el mandril calibrado, estadísticamente se tiene una disminución sobre el daño causado en la instalación de las guías de válvula de culatas en motores diésel, al compararlo con el procedimiento convencional.

3.1.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA 1

- Sí, existe diferencia estadística en la severidad de los defectos y número de guía de válvula de culata rotas durante su instalación en motores diésel, según los procedimientos evaluados.

3.1.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

- Sí, existe diferencia estadística entre los procedimientos de instalación de guía de válvula de culata en motores diésel y seleccionar aquel con menor frecuencia daños.

3.2. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES.

3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.

Procedimiento de instalación de guía de válvula en culata de motores. Según ÁLVAREZ (2019), el proceso indica cronológicamente las operaciones que se deben realizar para ensamblar correctamente las guías de las válvulas de admisión y escape de la culata.

3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE.

Daño de la guía de válvula después de su instalación en culata de motores. En la instalación de guías de válvula en motores, se puede definir al daño, como las imperfecciones mecánicas causadas por el uso de herramientas y equipos o por el procedimiento empleado. BUITRAGO (2005), menciona que las herramientas y equipos especiales están diseñados para garantizar que las operaciones necesarias se realicen de forma rápida y segura. El uso de estas

herramientas y equipos también puede reducir en gran medida la posibilidad de daños a los componentes del motor.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

En tanto que nuestro trabajo pretende determinar los daños causados por dos procedimientos de instalación de guías de válvula en culata de motores, se planteó una operacionalización de variables según la tabla 1.

Tabla 1. *Operacionalización de variables.*

Variables	Dimensiones	Indicadores	Índices	Método	Técnica
<i>VI: Procedimiento de instalación de guía de válvula en culata de motores</i>	Procedimiento empleado por la empresa	Procedimiento convencional	- Pasos a seguir. - Herramientas utilizadas. - Tiempo. - Mano de obra.	Tipo: Tecnológico Nivel: Experimental Diseño: Descriptivo - Comparativo Método: Analítico Enfoque: Reduccionismo Población: Motores diésel en el área de mantenimiento de la empresa Muestra: 10 motores diésel de 4 cilindros y 10 motores diésel de 6 cilindros	DOCUMENTAL: - Fichas bibliográficas - Manuales de mantenimiento de motores EMPÍRICA – OBSERVACIÓN EXPERIMENTAL: - Registro de datos para el análisis de daños sobre las guías de válvula.
	Procedimiento sugerido	Procedimiento con mandril calibrado	- Pasos a seguir. - Herramientas utilizadas. - Tiempo. - Mano de obra.		
<i>VD: Daño de la guía de válvula después de su instalación en culata de motores</i>	Defectos	Severidad de los defectos luego de la instalación	Escala de daño de 0 a 10		
	Pérdida de material	Número de guías de válvulas rotas luego de la instalación	Unidades		

Fuente: Elaboración en base a las variables de la investigación.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION

TIPO DE INVESTIGACIÓN

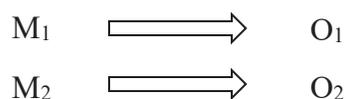
La investigación, tuvo como objetivo emplear el método científico y conocimiento teórico para solucionar el problema de los daños generados al instalar guías de válvula con un procedimiento convencional, por lo tanto según Espinoza (2010), la investigación es Tecnológica, debido a que se planteó un problema conocido y estudiado anteriormente, mediante conceptos o teorías que ya han sido creadas y que aplicará el conocimiento científico para disminuir el daño en las guías de válvula de culatas instaladas en motores diésel, según el procedimiento de instalación de guías de válvula empleando un mandril calibrado a comparación del procedimiento convencional.

Nivel: Experimental, debido a que la variable dependiente, será manipulada con la aplicación de una variable independiente, con la finalidad de obtener información sobre los efectos o variaciones que tendrán los indicadores respuesta por la interacción de la variable dependiente e independiente.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es:

- Descriptivo - Comparativo: Se realizará una investigación que recolectará información, analizará y comparará el daño en las guías de válvula de culatas instaladas en motores diésel, según los procedimientos de instalación convencional y con mandril calibrado.



Donde:

M_1 = Muestras de motores con instalación de guía de válvula según el procedimiento convencional.

M_2 = Muestras de motores con instalación de guía de válvula según el procedimiento con mandil calibrado.

O_1 = Observación de motores con instalación de guía de válvula según el procedimiento convencional.

O_2 = Observación de motores con instalación de guía de válvula según el procedimiento con mandil calibrado.

4.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Se empleará el método analítico con enfoque de reduccionismo, que observará el fenómeno descomponiéndolo por partes. Según Espinoza (2010), el reduccionismo es el método ideal para poder resolver problemas de investigación empleando una fragmentación de los procesos, por ello, el método analítico para esta investigación fue el reduccionismo, por el cual, se estudiará el efecto de los Procedimiento de instalación de guía de válvula en culata de motores sobre el Daño de la guía de válvula después de su instalación en culata de motores descomponiéndolo en dimensiones (defectos y pérdida de material).

4.3. POBLACION Y MUESTRA

POBLACION: Motores diésel en el área de mantenimiento de las empresas de maquinaria pesada del Perú.

MUESTRA: 10 motores diésel de 4 cilindros y 10 motores diésel de 6 cilindros en la empresa DERCOMAQ PERÚ.

CRITERIO DE SELECCIÓN: Se elegirá únicamente motores diésel de 4 cilindros modelo ISF y motores diésel de 6 cilindros modelo ISG de la marca JAC.

4.4. LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO DESARROLLADO

Es una empresa de mantenimiento de motores de camiones JAC, ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, durante los meses de diciembre de 2020 y enero de 2021.

4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para poder obtener información previa que sirva como base para el establecimiento del diseño, se empleará la técnica documental. Se utilizará información de manuales de mantenimiento de motores y recursos virtuales para poder generar un planteamiento base de los indicadores por evaluar. Para ello, se crearán fichas bibliográficas que serán empleadas como instrumento de recolección de datos.

Al necesitar de la técnica empírica empleada será la observación, con característica experimental, que tratará de comprobar la hipótesis planteada para la investigación, que afirma causas experimentales, con dos características de la actividad: la acción de emplear los procedimientos de instalación de guías de válvula en culatas de motores y la reacción en el efecto o daño generado en las guías de válvula. Es una técnica donde, la variable dependiente, será manipulada con la aplicación de una variable independiente, con la finalidad de obtener información sobre los efectos o variaciones que tendrán los indicadores respuesta por la interacción de la variable dependiente e independiente. En la elaboración de instrumentos para la técnica empírica se considerará una serie de pasos y pautas estratégicas, sistemáticas con el propósito de lograr el objetivo de estudio, empleando como instrumento:

- Registro de datos para el análisis de daños sobre las guías de válvula.

4.6. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS:

- *Labores previas.*

Como primer paso, se acudirá a la revisión bibliográfica para establecer los indicadores que se estudiarán.

El siguiente paso, será la confección de la ficha de observación en base a los indicadores que se pretenden estudiar.

- **Tratamientos en estudio.**

Los tratamientos en estudio están conformados por los dos procedimientos para la instalación de guías de válvula, según se muestra en las tablas 2 y 3.

Tabla 2. *Diagrama del procedimiento convencional de instalación de guía de válvula.*

N°	Descripción	Operaciones	Transporte	Inspección	Almacenaje	Demora	Dist.	Tiempo	Obs.
		●	➔	■	▼	◐			
1	Se lleva la culata a la prensa		x						
2	Se coloca la culata sobre la prensa		x					25 seg	
3	Se toma la guía de válvulas	x						5 seg	
4	Se rocea de aceite a la guía	x						2 seg	
5	Se limpia área a colocar	x						2 seg	
6	Se coloca guía de válvula	x						2 seg	
7	Se coloca el mandril sobre la guía de válvula	x						2 seg	
8	Se centra la guía de válvula sobre la cavidad de guía	x						2 seg	1 golpe
9	Se prensa	x						12 seg	6 veces
10	Se mide			x				120 seg	
11	Se prensa	x						4 seg	2 veces
12	Se mide			x				30 seg	
13	Se prensa	x						4seg	2 veces
14	Se mide			x				30 seg	
15	Se mueve culata para siguiente colocación de válvula		x					5 seg	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. *Diagrama del procedimiento con mandril calibrado para la instalación de guía de válvula.*

N°	Descripción	Operaciones	Transporte	Inspección	Almacenaje	Demora	Dist.	Tiempo	Obs.
		●	➔	■	▼	◐			
1	Se lleva la culata a la prensa		x						
2	Se coloca la culata sobre la prensa		x					25 seg	
3	Se toma la guía de válvula	x						5 seg	
4	Se rocea de aceite a la guía	x						2 seg	
5	Se limpia área a colocar	x						2 seg	
6	Se coloca guía de válvula sobre cavidad	x						2 seg	
7	Se coloca el mandril sobre la guía de válvula	x						2 seg	1 golpe
8	Se centra la guía de válvula sobre la culata	x						2 seg	
9	Se prensa	x						20 seg	10 veces
10	Se mueve la culata para siguiente colocación de guía		x					5 seg	

Fuente: Elaboración propia.

- ***Evaluación del daño en guías de válvula.***

Se tendrá en cuenta los siguientes indicadores:

- Severidad de los defectos luego de la instalación: Se empleará una escala para determinar la severidad del daño causado.
- Número de guías de válvulas rotas luego de la instalación.

- ***Plan de procesamiento y análisis de datos***

La información se procesará en gabinete con la finalidad de hallar promedios y realizar la corrección de datos con ayuda de Microsoft Excel, el cual también servirá para la elaboración de tablas, gráficos y el análisis estadístico.

En primer lugar, se promediará los resultados obtenidos de cada indicador, repetición y tratamiento.

Se empleará una comparación descriptiva de los indicadores propuestos para evaluar las diferencias en los indicadores dependientes que sean evaluados. Luego, con ayuda del programa estadístico R versión 4.0.3, se realizará un análisis de variancia (estadística inferencial) para un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial, donde las causas de variación serán Procedimiento (convencional y con mandril calibrado) y tipo de motor (4 cilindros y 6 cilindros). El modelo estadístico para este diseño será:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 2$$

$$j = 2$$

$$k = 5$$

Dónde: i es el número de niveles de la variable Procedimiento.

j es el número de niveles de la variable Tipo de motor

k es el número de repeticiones

Y_{ijk} = Variable respuesta observada en ijk .

μ = Media global de Y (variable respuesta).

α_i = Efecto incremental sobre la media causado por el nivel i de la variable Procedimiento.

β_j = Efecto incremental sobre la media causado por el nivel j de la variable Tipo de motor.

γ_{ij} = Efecto simple de la interacción de los factores Procedimiento y Tipo de motor.

ε_{ijk} = Error aleatorio del modelo.

Suponiendo que:

$$\sum_{i=1}^2 \alpha_i = \sum_{j=1}^2 \beta_j = \sum_{ij=1}^4 \gamma_{ij} = 0$$

Las principales hipótesis de interés a probar, entre otras, son:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

$$H_1: \alpha_i \neq 0, \text{ por lo menos para algún } i$$

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0, \text{ por lo menos para algún } j$$

$$H_0: (\gamma)_{ij} = 0, \text{ para todo } ij$$

$$H_1: (\gamma)_{ij} \neq 0, \text{ por lo menos para algún } ij$$

Luego, se aplicó un test de Fisher con alfa de 0.05 entre las medias de los indicadores que registraron diferencia o significancia estadística. Para aquellos indicadores que no cumplieron con los supuestos del análisis de varianza, se emplearon métodos no paramétricos (Test de Kruskal Wallis) para contrastar la hipótesis.

V. RESULTADOS

5.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS

Según la tabla 4, la media de la severidad registrada al instalar guías de válvula en culatas de motores de 4 y 6 cilindros con el Procedimiento Convencional fue de 3.95 unidades, con una desviación estándar de 0.896 unidades, un intervalo de confianza al 95 % de 3.4483 – 4.4517 unidades, un valor mínimo de 3 y máximo de 5. A comparación de los resultados descriptivos obtenidos con el Procedimiento que usa Mandril Calibrado que registró una media 0.6 unidades, una desviación estándar de 0.5164 unidades, un intervalo de confianza al 95 % de 0.0983 – 1.1017, un valor mínimo de 0 y máximo de 1 unidades. El procedimiento con mandril calibrado reduce en 84.81 % la severidad de los defectos en las guías de válvula.

Tabla 4. *Análisis descriptivo de los Procedimientos sobre la Severidad de los defectos de las guías de válvula luego de la instalación en culata de motores.*

Procedimiento	Media	Desviación Estándar	Número de observaciones	LCL	UCL	Min	Max
Con mandril calibrado	0.6	0.5163978	10	0.0983068	1.101693	0	1
Convencional	3.95	0.8959787	10	3.4483068	4.451693	3	5

Según la tabla 5, la media del número de guías de válvula rotas registrada al instalar guías de válvula en culatas de motores de 4 y 6 cilindros con el Procedimiento Convencional fue de 0.2 unidades, con una desviación estándar de 0.2582 unidades, un cuantil 25 y 50 de 0 unidades y un cuantil 75 de 0.5 unidades, un valor mínimo de 0 y máximo de 0.5 unidades. A comparación de los resultados descriptivos obtenidos con el Procedimiento que usa Mandril Calibrado que registró una media 0 unidades, una desviación estándar de 0 unidades.

Tabla 5. *Análisis descriptivo de los Procedimientos sobre el número de guías de válvula rotas luego de la instalación en culata de motores.*

Procedimiento	Media	Desviación Estándar	Número de observaciones	Q25	Q50	Q75	Min	Max
Con mandril calibrado	0	0	10	0	0	0	0	0
Convencional	0.2	0.2581989	10	0	0	0.5	0	0.5

5.2. RESULTADOS INFERENCIALES

5.2.1. EVALUACIÓN DEL MODELO DE ANÁLISIS DE VARIANCIA Y COMPARACIÓN DE MEDIAS SOBRE LA SEVERIDAD DE LOS DEFECTOS DE LAS GUÍAS DE VÁLVULA LUEGO DE LA INSTALACIÓN SEGÚN LOS EFECTOS PRINCIPALES DE LOS PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS

En la tabla 6, el modelo aditivo lineal de Procedimiento aplicado y Tipo de motor, tiene efectos principales estadísticamente significativos para el factor procedimiento, con un nivel de significancia de 0.001 (muy altamente significativo) y los efectos principales del factor Tipo de motor fue no significativo para un alfa de 0.05. Existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0): El efecto de los procedimientos es estadísticamente similar, entonces, $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$.

Tabla 6. Cuadro de análisis de variancia sobre la Severidad de los defectos de las guías de válvula luego de la instalación según las causas de variación Procedimiento y Tipo de Motor.

Causa de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P valor	Significancia
Procedimiento	1	56.113	56.113	99.2367	1.638E-08	***
Tipo de motor	1	0.012	0.012	0.0208	0.8836	n.s.
Error	17	9.613	0.565			
Total	19	65.738				

Nota: Según los valores de p (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: () $p > 0.05$: No significativo; (*) $p = 0.05$ pero > 0.01 : Significativo; (**) $p = 0.01 > 0.001$: Altamente significativo; (***) $p \leq 0.001$: Muy altamente significativo.

Es necesario una prueba de comparación de medias para evaluar el efecto del Procedimiento sobre la Severidad de los defectos de las guías de válvula luego de la instalación.

Se empleó el Test de Fisher (LSD) y se generó la siguiente hipótesis estadística:

Hipótesis nula: $\mu_{\text{Convencional}} = \mu_{\text{Con Mandril Calibrado}}$

Hipótesis alternativa: $\mu_{\text{Convencional}} \neq \mu_{\text{Con Mandril Calibrado}}$

Tabla 7. Comparación de medias de los Procedimientos sobre la Severidad de los defectos de las guías de válvula luego de la instalación según es test de Fisher (LSD) con alfa de 0.05.

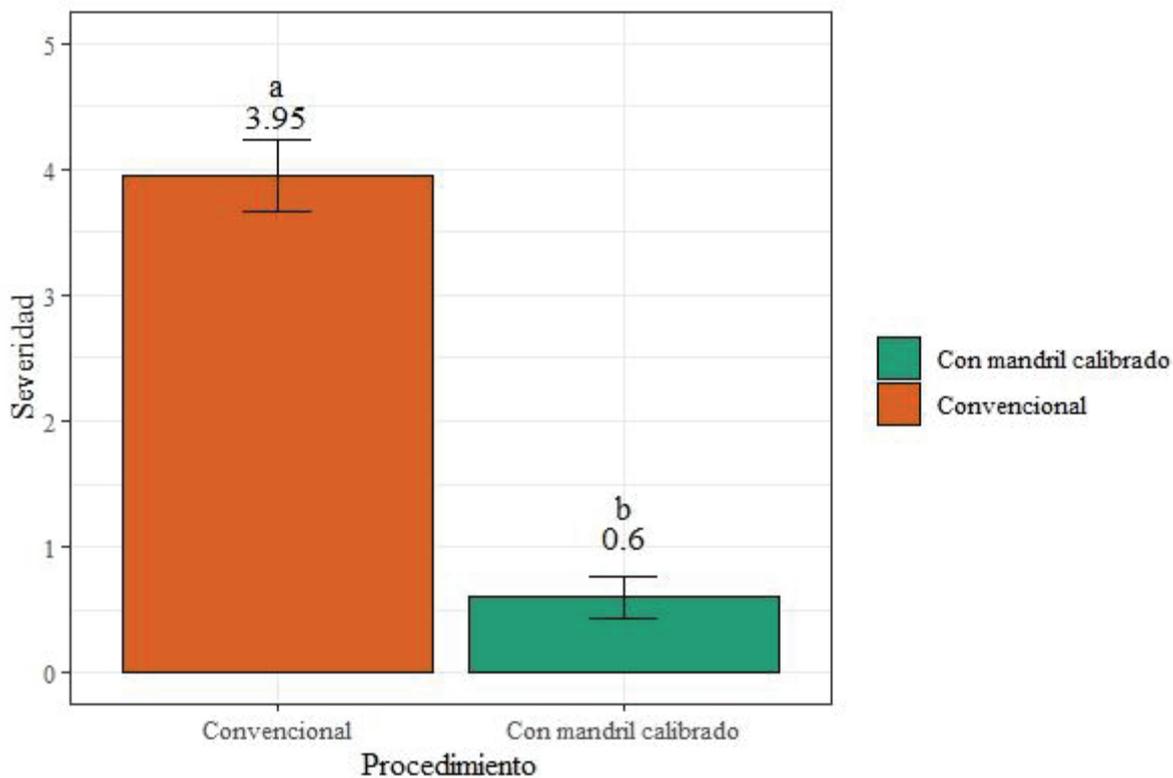
Contraste	Diferencia	P valor	Significancia	LCL	UCL
Con mandril calibrado - Convencional	-3.35	0	***	-4.059501	-2.640499

Cuadrado Medio del Error: 0.5654412

Alpha: 0.05; Grado de Libertad del Error: 17

Valor crítico de t: 2.109816

Figura 8. Comparación de medias de los Procedimientos sobre la Severidad de los defectos de las guías de válvula luego de la instalación según es test de Fisher (LSD).



Se muestra en la tabla 7 y figura 8, que según la Prueba de Comparación de medias de Fisher (LSD), a un nivel de significancia de 0.05 (significativo), existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula $\mu_{\text{Convencional}} = \mu_{\text{Con Mandril Calibrado}}$. La severidad obtenida con el Procedimiento Convencional fue de 3.95 unidades, estadísticamente diferente a la media obtenida con el Procedimiento que usa Mandril Calibrado que registró 0.6 unidades. Por lo tanto, se concluye que el Procedimiento con Mandril Calibrado genera 3.35 unidades menos de severidad al momento de la instalación de guías de válvula en culatas de motores.

5.2.2. EVALUACIÓN DEL MODELO DE ANÁLISIS DE VARIANCIA Y COMPARACIÓN DE MEDIAS SOBRE EL NÚMERO DE GUÍAS DE VÁLVULAS ROTAS LUEGO DE LA INSTALACIÓN SEGÚN LOS EFECTOS PRINCIPALES DE LOS PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS

Debido a que los datos obtenidos sobre el número de guías de válvulas rotas luego de la instalación en culata de motores fue numérica discreta con un gran número de valores cero (0), hace imposible el uso de un ANOVA por prueba de F (Fisher), por lo que se recurrió al uso de la prueba no paramétrica de Mann Whitney, previo análisis del supuesto de que las distribuciones de los datos en los procedimientos convencional y con mandril calibrado son estadísticamente similares, generando las siguientes hipótesis:

H_0 : Las dos muestras de los procedimientos convencional y con mandril calibrado proceden de la misma población o de dos poblaciones con idéntica distribución.

H_1 : Las dos muestras de los procedimientos convencional y con mandril calibrado no proceden de la misma población o de dos poblaciones con idéntica distribución.

Tabla 8. Cuadro de la prueba no paramétrica de Kolmogorov - Smirnov sobre el número de guías de válvula rotas luego de la instalación en culata de motores según la causa de variación Procedimiento.

D	P valor	Significancia
0.4	0.4005	No significativo

Según la tabla 8, a un nivel de significancia de 0.05, existe suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, las dos muestras de los procedimientos convencional y con mandril calibrado proceden de la misma población o de dos poblaciones con idéntica distribución. Al comprobarse este supuesto, se procedió a contrastar la hipótesis para la prueba de Mann Whitney, considerando que:

H_0 : Los procedimientos son equivalentes (La media del número de guías de válvula rotas con el procedimiento convencional es estadísticamente similar a la media del

número de guías de válvulas rotas con el procedimiento que emplea el mandril calibrado).

H_1 : Algún método tiene mayor puntaje que el otro (La media del número de guías de válvula rotas con el procedimiento convencional es estadísticamente diferente a la media del número de guías de válvulas rotas con el procedimiento que emplea el mandril calibrado).

Tabla 9. Cuadro de la prueba no paramétrica de Mann Whitney sobre el número de guías de válvula rotas luego de la instalación en culata de motores según la causa de variación Procedimiento.

W	P valor	Significancia
70	0.08669	No significativo

En la tabla 9 se demuestra que, según la Prueba de independencia de Mann Whitney, a un nivel de significancia de 0.05 (significativo), existe suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula cuya conclusión es que los procedimientos son equivalentes. Por lo antes expuesto, se concluye que el Número de guías de válvulas rotas luego de la instalación no depende del Procedimiento de instalación empleado. De esta forma, al evaluar la prueba de Mann Whitney, se determinó que el número de guías de válvula rotas con el Procedimiento Convencional fue estadísticamente equivalente o similar a la media del número de guías de válvula rotas con Procedimiento que usa Mandril Calibrado.

VI. DISCUSIÓN

6.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL CON LOS RESULTADOS

Según el objetivo general: *“Determinar los daños en las guías de válvula de culatas instaladas en motores diésel, según los procedimientos de instalación convencional y con mandril calibrado”* se ha determinado que, los daños registrados en las guías de válvula en el procedimiento con mandril calibrado, fue menor al presentado en el procedimiento convencional, debido a que la severidad de los defectos luego de la instalación de las guías de válvula en culatas de motores de 4 y 6 cilindros, fue mayor en el procedimiento convencional, Sin embargo, el número de guías de válvula rotas luego de la instalación en culata de motores de 4 y 6 cilindros, fue estadísticamente equivalente en los dos procedimientos. Por lo antes expuesto, existe suficiente evidencia para no rechazar la hipótesis que menciona que, *Al emplear el mandril calibrado, estadísticamente se tiene una disminución sobre el daño causado en la instalación de las guías de válvula de culatas en motores diésel, al compararlo con el procedimiento convencional.*

6.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1 CON LOS RESULTADOS

Según el objetivo específico: *“Evaluar la severidad de los defectos y número de guía de válvula de culata rotas durante su instalación en motores diésel, según los procedimientos de instalación convencional y con mandril calibrado”* se ha determinado que, la severidad de los defectos luego de la instalación de las guías de válvula en culatas de motores de 4 y 6 cilindros, con un nivel de significancia de 0.001 (muy altamente significativo) se obtuvo medias estadísticamente diferentes entre los dos procedimientos evaluados. En el procedimiento convencional se obtuvo una media de 3.95 de severidad y en el procedimiento con mandril calibrado una media de 0.6, equivalente a una reducción del 84.81 % de los daños. Al evaluar el número de guías de válvula rotas luego de la instalación en culata de motores de 4 y 6

cilindros en cada procedimiento, se determinó que, con un nivel de significancia no significativo se obtuvieron medias equivalentes o similares, con una media de 0.2 en el procedimiento convencional y de 0 en el procedimiento con mandril calibrado. Es decir, 1 de cada 5 guías de válvula instaladas se rompe con el procedimiento convencional, por lo que el proceso de instalación con mandril calibrado supone un ahorro de \$ 5 por cada guía de válvula instalada (considerando que el juego de guías de válvula para 4 colocaciones es cuesta \$160). Por lo antes expuesto, existe suficiente evidencia para no rechazar la hipótesis que menciona que, *Sí, existe diferencia estadística en la severidad de los defectos y número de guía de válvula de culata rotas durante su instalación en motores diésel, según los procedimientos evaluados.*

6.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2 CON LOS RESULTADOS

Según el objetivo específico: *“Comparar los procedimientos de instalación de guía de válvula de culata en motores diésel y seleccionar aquel con menor frecuencia daños”* se ha determinado que, el procedimiento con mandril calibrado tuvo menor daño generado en las guías de válvula luego de la instalación en culatas de motores de 4 y 6 cilindros, por lo cual, se selecciona al procedimiento con mandril calibrado para emplearlo en la instalación de guías de válvula en culatas de motores. Por lo antes expuesto, existe suficiente evidencia para no rechazar la hipótesis que menciona que, *Sí, existe diferencia estadística entre los procedimientos de instalación de guía de válvula de culata en motores diésel y seleccionar aquel con menor frecuencia daños.*

CONCLUSIONES

1. Al realizar la instalación con los procedimientos convencional y con mandril calibrado, se determinó que, se existe menor frecuencia del daño generado en las guías de válvula luego de la instalación en culatas de motores de 4 y 6 cilindros cuando se emplea el mandril calibrado, a comparación del uso del procedimiento convencional.
2. La severidad de los defectos de las guías de válvula luego de la instalación en culatas de motores de 4 y 6 cilindros con el procedimiento que emplea el mandril calibrado tuvo una media de 0.6, seguido de la media de 3.95 obtenida con el procedimiento convencional. Ambos procedimientos fueron estadísticamente diferentes con un nivel de significancia de 0.001 (muy altamente significativo).
3. Con un nivel de significancia de 0.05, el número de guías de válvula rotas luego de la instalación en culatas de motores de 4 y 6 cilindros fue estadísticamente equivalente en los dos procedimientos empleados, siendo la media del procedimiento convencional de 0.2 y la media del procedimiento con mandril calibrado de 0, por lo que se reduce el número de guías de válvula rotas de 1 por cada 5 guías instaladas a cero.
4. Luego de comparar los daños generados en las guías de válvula luego de la instalación en culatas de motores de 4 y 6 cilindros, se ha seleccionado al procedimiento con mandril calibrado, debido a que, estadísticamente, ha generado menor severidad de daño en las guías de válvula luego de la instalación.

RECOMENDACIONES

1. Por los resultados obtenidos al realizar la instalación de guías de válvula en culatas de motores de 4 y 6 cilindros con los procedimientos convencional y con mandril calibrado, se recomienda emplear el procedimiento con mandril calibrado porque logra reducir el daño generado en las guías de válvula luego de su instalación en culatas de motores de 4 y 6 cilindros al compararlo con los resultados de severidad de los defectos de las guías de válvula que ocasiona el procedimiento con mandril calibrado.
2. Se recomienda replicar la investigación empleando nuevas covariables (como el material del mandril calibrado) en diferentes tipos de motores de combustión interna para evaluar la eficacia que tiene el procedimiento con mandril calibrado en diferentes condiciones mecánicas de los motores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ, B.N. 2019. *Manual de procedimiento para la reparación general de las culatas CG204702N para los motores L7042, F3521, L5790, P9390 de Tipo G/GL/GSI de la serie VHP de Waukesha.* Tesis (Título de Tecnólogo Mecánico). Bogotá : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2019. 75 pp. [fecha de consulta: 21 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/15656/3/AlvarezValderramaBryanNicolas2019.pdf>.

ARIAS, C., PERA, J.A. y BUITRAGO, I.B. 2018. *Análisis de corrosión de válvulas de admisión y escape de un motor diésel.* Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Bogotá : Fundación Universitaria Los Libertadores, 2018. 27 pp. [fecha de consulta: 22 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/1858/perea_jairo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

BANGUERA, J.L. 2015. *Propiedades mecánicas y tribológicas de borotec aplicado por rociado térmico sobre acero para válvulas de motores diésel.* Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Cali : Universidad Autónoma de Occidente, 2015. 66 pp. [fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://red.uao.edu.co:8080/bitstream/10614/8157/1/T06148.pdf>.

BUELE, O.F. y VALENCIA, E.A. 2014. *Implementación de un banco de entrenamiento de un motor diésel 4 tiempos fabricado en policarbonato para la Escuela de Ingeniería Automotriz.* Tesis (Título de Ingeniero Automotriz). Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2014. 110 pp. [fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3721/1/65T00117.pdf>.

BUITRAGO, C.E. 2005. *Diseño de una herramienta virtual de asistencia para el diagnóstico de falla en motores diésel.* Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Bogotá : Universidad de los Andes, 2005. 111 pp. [fecha de consulta: 21 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/21961/u258825.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CAISALUISA, D.E. 2016. *Estudio técnico para la determinación de costos en el proceso de rectificación de motores a gasolina en la empresa Rectificadora & Motores Continental ubicada en San Rafael – cantón Rumiñahui.* Tesis (Título de Ingeniero Automotriz). Quito : Universidad Tecnológica Equinoccial, 2016. 78 pp. [fecha de consulta: 01 de enero de 2020]. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14157/1/66285_1.pdf.

COSI, C.A. 2019. *Propuesta de mejora en el proceso de mantenimiento preventivo del motor de marca Cummins de modelo ISX a fin de incrementar su disponibilidad mecánica.* Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima : Universidad Inca Garcilaso de la Vega, 2019. 107 pp. Disponible en: http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/4053/TRAB.SUF.PROF.COSI_PALOMINO_CARLOS.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

CRUZADO, G, y otros. 2019. *Mejoramiento del mantenimiento preventivo, correctivo de motores electrónicos diésel en el área de maquinaria pesada en el distrito de Tarapoto – 2019.*

Tesis (Bachiller en Ingeniería Mecánica Eléctrica). Tarapoto : Universidad César Vallejo, 2019. 75 pp. [fecha de consulta: 21 de diciembre de 2020]. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36041/B_Cruzado_VG-Heredia_RJ-Ojeda_AE-Vargas_CA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

DELGADO, R.J. 2015. *Elaboración del plan de mantenimiento del banco de pruebas y del motor diésel Perkins del laboratorio de termodinámica de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional.* Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Quito : Escuela Politécnica Nacional, 2015. 136 pp. [fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9075/3/CD-6046.pdf>.

DONAYRE, J.C. 2012. *Estudio CFD de la resonancia en la cámara de combustión de Motores Diésel HDI.* Tesis (Doctor en Ciencias). Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2012. 92 pp. [fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/18292/tesisUPV3950.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

RODRÍGUEZ, A, y otros. 2017. *Efecto del reprensado en las propiedades mecánicas de guías de válvulas fabricadas por pulvimetalurgia.* Revista de Metalurgia [en línea], Enero - Marzo, 2017, Vol. 53(1). 1-8. [fecha de consulta: 01 de enero de 2020] doi: 10.3989/revmetalm.087.

ESCOBAR, G.S. 2015. *Realización de servicio de mantenimiento preventivo a un motor Caterpillar 3208.* Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Ciudad de Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015. 248 pp. [fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3125/1/Gary%20Said%20Escobar%20Orellana.pdf>.

CAVALIERI, F.J., COSIMO, A. y CARDONA, A. 2014. *Estudio de desgaste en válvulas de motores de combustión interna mediante el método de los elementos finitos y ensayos experimentales.* Asociación Argentina de Mecánica Computacional [en línea], Septiembre, 2014. Vol. 11(3). 745-760. [fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020] Disponible en: <http://venus.santafe-conicet.gov.ar/ojs/index.php/mc/article/view/4680/4612>.

GARCÍA, J.M. 2004. *Aportaciones al estudio del proceso de combustión turbulenta de chorros en motores diésel de inyección directa.* Tesis (Doctor en Ciencias). Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2004. 355 pp. [fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55164/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

GONZALEZ, D. 2015. *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares.* s.l. : Ediciones Paraninfo, S.A., 2015.

GUTIÉRREZ, J. 2019. *Aprovechamiento de bioaceite pirolítico en motores a reacción, motores diésel, calderas y bioexplosivos.* Tesis (Doctor en Ingeniería de Biosistemas). León : Universidad de León, 2019. 164 pp. [fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://buleria.unileon.es/handle/10612/11604>.

HUARACCALLO, H.W. 2017. *Balance térmico experimental de funcionamiento de un motor de combustión interna diésel en el laboratorio de ingeniería mecánica de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.* Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2017. 117 pp. [fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020].

2020]. Disponible en:
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5458/Huacallo_Ventura_Henry_Wilber.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

JORGE, R. 2010. *Combustión por difusión de baja temperatura en motores diésel de pequeña cilindrada*. Tesis (Doctor en Ciencias). Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2010. 216 pp. [fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020]. Disponible en:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8951/tesisUPV3408.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MANCHEGO, J.J. 2020. *Propuesta para el diseño de un soporte de volante para mejorar la sincronización, calibración y acondicionamiento de los motores Caterpillar, en la empresa Ferreyros S.A., Arequipa - Perú*. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Arequipa : Universidad Autónoma San Francisco, 2020. 164 pp. [fecha de consulta: 21 de diciembre de 2020]. Disponible en:
<http://repositorio.uasf.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/UASF/317/JUNIOR%20JUAN%20MANCHEGO%20VERGARA%20-%20IM.pdf?sequence=1&isAllowed>.

MANZANARES, O. 2021. *Motores de combustión interna*. s.l. : Educaplay, 2021. [fecha de consulta: 20 de enero de 2021] Disponible en:
https://www.educaplay.com/printablegame/3507262-motor_de_combustion_interna.html.

MARTÍNEZ, F y BARROSO, A. 2008. *Aplicación de la tribología y el análisis de la causa raíz (RCA) en motores de combustión interna*. Ingeniería Mecánica [en línea], 2008, Vol. 11(3). 53-56. [fecha de consulta: 1 de enero de 2021] Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/2251/225115162008.pdf>.

PESO, L.L. 2019. *Elaboración de un manual de mantenimiento preventivo y correctivo del motor Perkins serie 1006 modelo YD de seis cilindros para aplicaciones agrícolas e industriales*. Tesis (Título de Ingeniero Automotriz). Guayaquil : Universidad Internacional de Ecuador, 2019. 111 pp. [fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020]. Disponible en:
<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2949>.

PONCE, J. y CHOQUE, C. 2019. *Influencia del biogás en motores de combustión interna Diésel*. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Lima : Universidad Tecnológica del Perú, 2019. 66 pp. [fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020]. Disponible en:
http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/2545/1/Jesus%20Ponce_Cesar%20Choque_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2019.pdf.

VARGAS, S.R. y CARDENAS, J.D. 2014. *Repotenciación de un motor diésel e implementación a un banco didáctico para el laboratorio de motores de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Epoch*. Tesis (Título de Ingeniero Automotriz). Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2014. 106 pp. [fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020]. Disponible en:
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiVhq-Eks7tAhUDxVkkHZg-D2kQFjAAegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fdspace.esPOCH.edu.ec%2Fhandle%2F123456789%2F3727&usq=AOv>.

VILLEGAS, A.M. 2007. *Motores de combustión interna*. Cataluña : IES Baix Montseny, 2007. [fecha de consulta 06 de enero de 2021]. Disponible en:

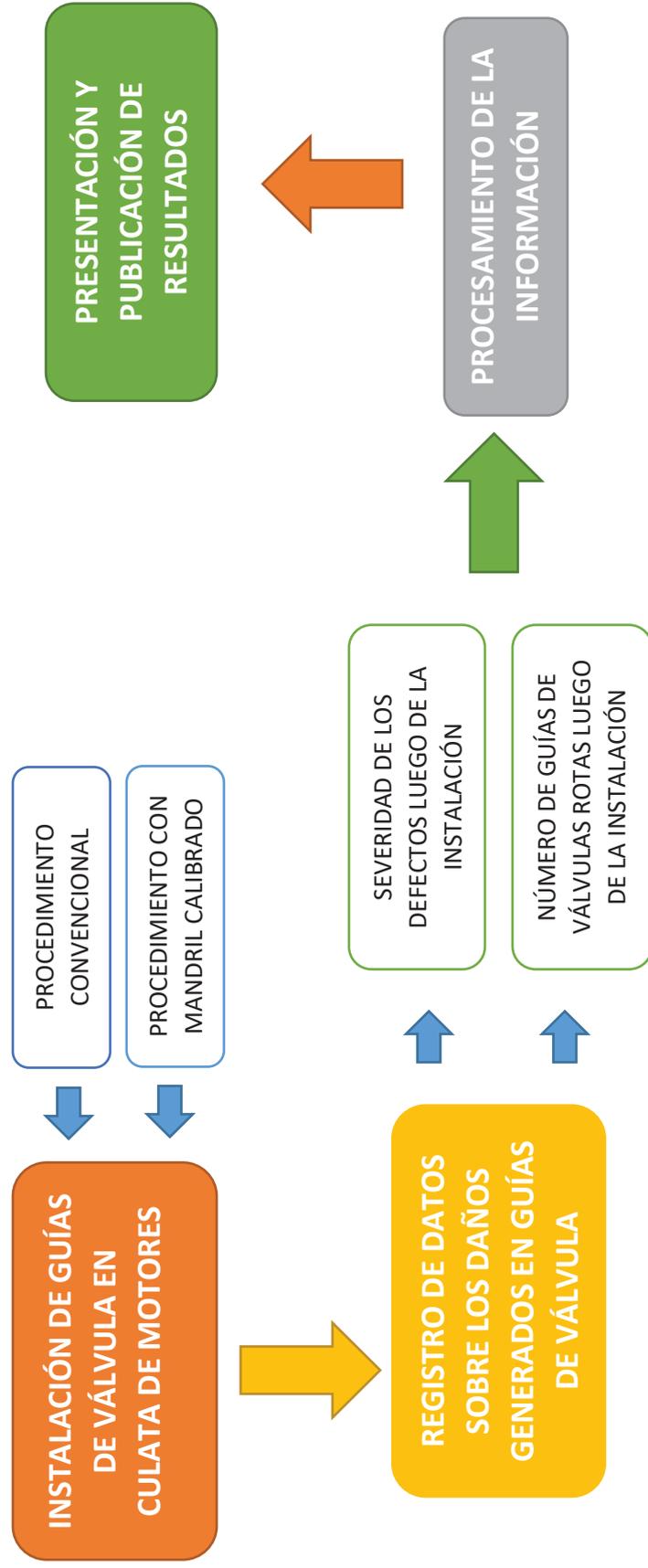
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56005885/Motores_de_combustion_interna.pdf?1520560505=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMOTORES_DE_COMBUSTION_INTERNA.pdf&Expires=1609998627&Sig.

ANEXOS

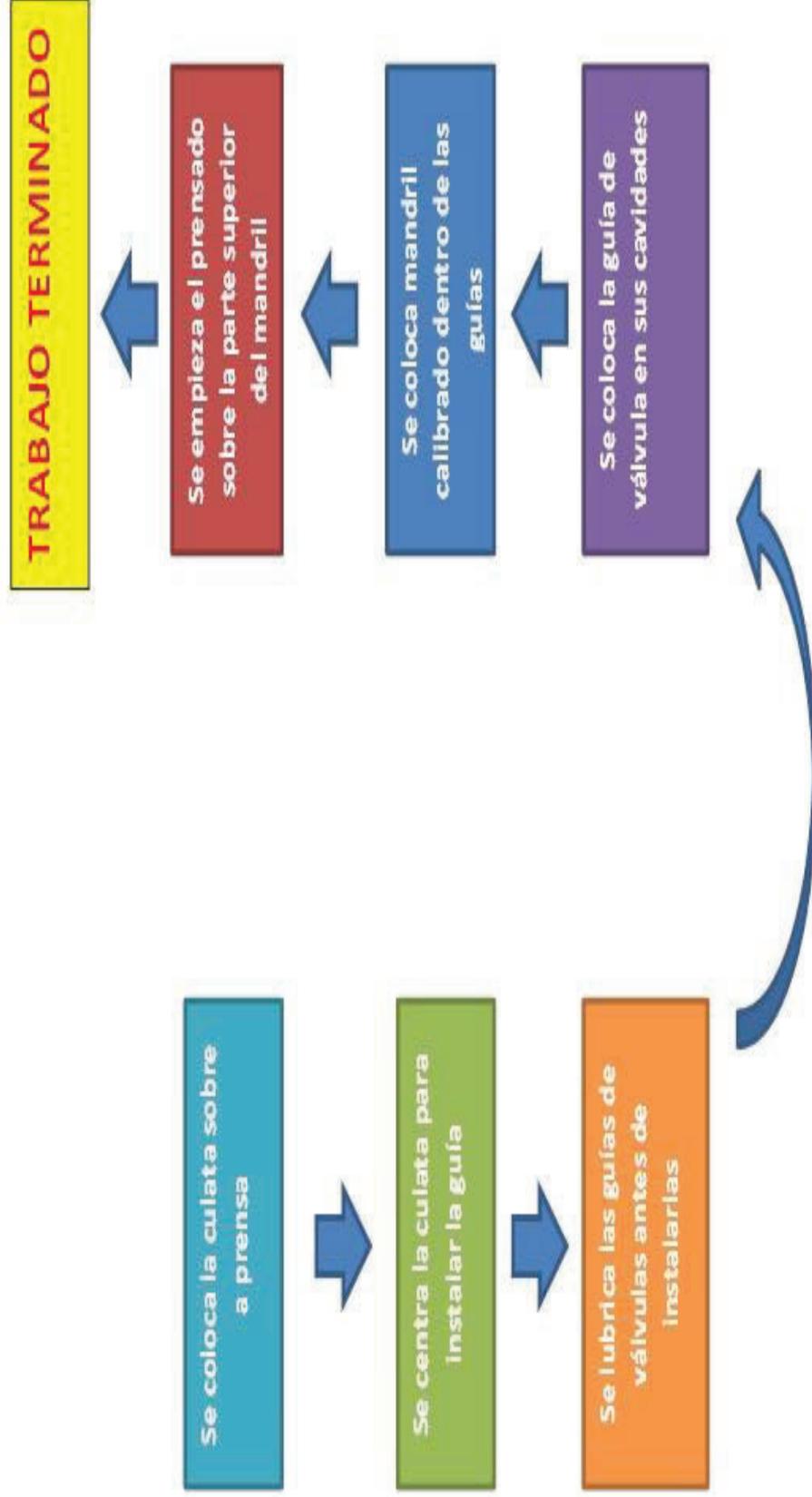
Anexo 1. Matriz de consistencia.

Título		Disminución de los daños en la instalación de las guías de válvula en culatas de motores diésel utilizando el método de mandril calibrado en vez del procedimiento convencional				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	TECNICAS - INSTRUMENTOS
	GENERAL					
¿En qué manera utilizando este prototipo de herramienta (mandril calibrado) se puede solucionar los problemas en la instalación de guías de válvula en motores diésel?	Determinar los daños en las guías de válvula de culatas instaladas en motores diésel, según los procedimientos de instalación convencional y con mandril calibrado.	<i>VI:</i> <i>Procedimiento de instalación de guía de válvula en culata de motores</i>	Procedimiento empleado por la empresa	Procedimiento convencional	TIPO: TECNOLOGICA NIVEL: EXPERIMENTAL	
	ESPECIFICOS					
¿Existe diferencia estadísticamente significativa de la severidad de los defectos y número de guía de válvula de culata rotas durante su instalación en motores diésel, según los procedimientos de instalación convencional y con mandril calibrado?	Evaluar la severidad de los defectos y número de guía de válvula de culata rotas durante su instalación en motores diésel, según los procedimientos de instalación convencional y con mandril calibrado.	Sí, existe diferencia estadística en la severidad de los defectos y número de guía de válvula de culata rotas durante su instalación en motores diésel, según los procedimientos evaluados.	Procedimiento sugerido	Procedimiento con mandril calibrado	DISEÑO: DESCRIPTIVO - COMPARATIVO MÉTODO: ANALÍTICO	DOCUMENTAL: - Fichas bibliográficas - Manuales de mantenimiento de motores EMPÍRICA – OBSERVACIÓN EXPERIMENTAL: - Registro de datos para el análisis de daños sobre las guías de válvula.
¿Existe diferencia estadísticamente significativa entre los procedimientos de instalación de guía de válvula de culata en motores diésel?	Comparar los procedimientos de instalación de guía de válvula de culata en motores diésel y seleccionar aquel con menor frecuencia daños.	Sí, existe diferencia estadística entre los procedimientos de instalación de guía de válvula de culata en motores diésel y seleccionar aquel con menor frecuencia daños.	Defectos	Severidad de los defectos luego de la instalación	POBLACIÓN: Motores diésel en el área de mantenimiento de la empresa. MUESTRA: 10 motores diésel de 4 cilindros y 10 motores diésel de 6 cilindros.	
		<i>VD:</i> <i>Daño de la guía de válvula después de su instalación en culata de motores</i>	Pérdida de material	Número de guías de válvulas rotas luego de la instalación		

Anexo 2. Diagrama lógico de la disminución de los daños en la instalación de las guías de válvula en culatas de motores diésel utilizando el método de mandril calibrado en vez del procedimiento convencional.

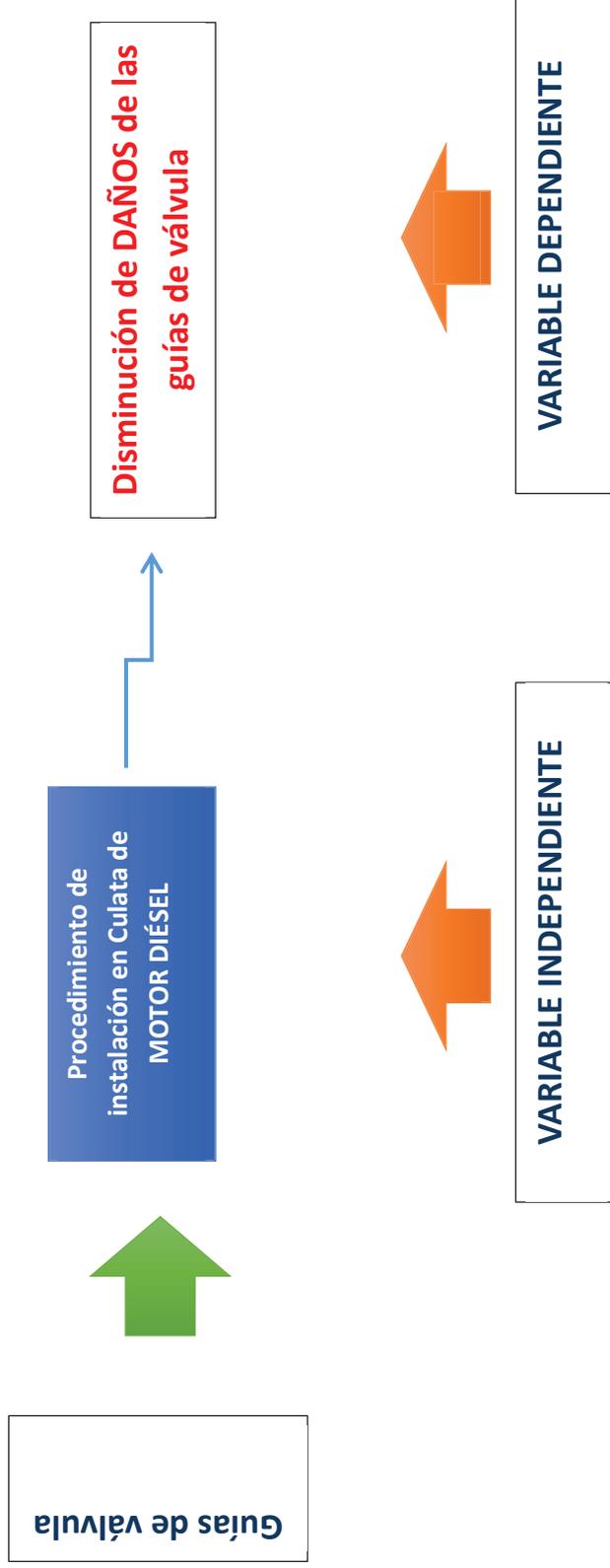


Anexo 3. Caja blanca.



Anexo 4. Caja negra.

DISMINUCIÓN DE LOS DAÑOS EN LA INSTALACIÓN DE LAS GUÍAS DE VÁLVULA EN CULATAS DE MOTORES DIÉSEL UTILIZANDO EL MÉTODO DE MANDRIL CALIBRADO EN VEZ DEL PROCEDIMIENTO CONVENCIONAL



Anexo 5. *Ficha de recolección de daños en guías de válvula.*

Procedimiento	Convencional										Con Mandril Calibrado				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
Motor 4 cil															
Severidad de los Defectos															
Número de guías de válvula rotas															
Motor 6 cil	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
Severidad de los Defectos															
Número de guías de válvula rotas															

Escala de severidad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% de daño	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Anexo 6. Esquema tentativo de la tesis o proyecto de investigación.

CARÁTULA

PÁGINA DE RESPETO

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE

TABLAS DE CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

- I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN
 - 1.1. Identificación del problema
 - 1.2. Formulación del problema
 - 1.3. Objetivos de la investigación (general y específicos)
 - 1.4. Justificación
 - 1.5. Importancia
- II. MARCO TEÓRICO
 - 2.1. Antecedentes de estudio
 - 2.2. Marco Teórico
 - 2.3. Marco normativo
 - 2.4. Definiciones de términos básicos
- III. VARIABLES E HIPÓTESIS
 - 3.1. Variables de la investigación
 - 3.2. Operacionalización de variables
 - 3.3. Hipótesis general e hipótesis específicas
- IV. METODOLOGÍA
 - 4.1. Tipo de investigación
 - 4.2. Diseño de la investigación
 - 4.3. Población y muestra
 - 4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos
 - 4.5. Procedimientos de recolección de datos
 - 4.6. Procesamiento estadístico y análisis de datos
- V. RESULTADOS

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados

6.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares.

VII. CONCLUSIONES

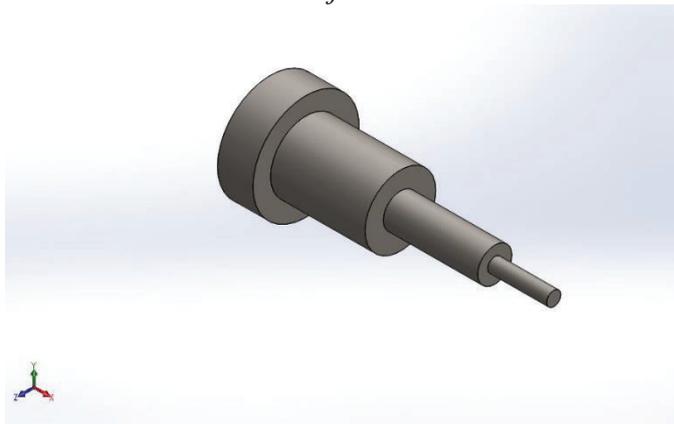
VIII. RECOMENDACIONES

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

- Matriz de consistencia.
- Otros anexos necesarios para respaldo de la investigación.

Anexo 7. Simulación del eje escalonado.



Descripción

Simulación del eje calibrado con tope cilíndrico

Simulación de EJE ESCALONADO

Fecha: miércoles, 27 de enero de 2021

Diseñador: Eduardo Cossi Mamani

Nombre de estudio: Análisis estático 1

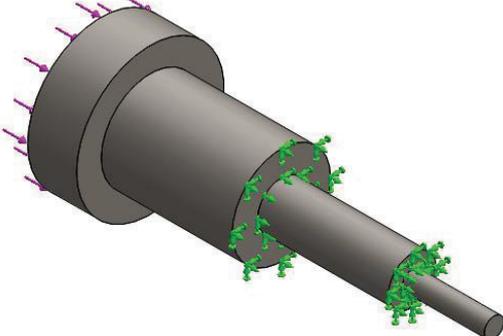
Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción	70
Suposiciones	71
Información de modelo	71
Propiedades de estudio	72
Unidades	72
Propiedades de material	73
Cargas y sujeciones	73
Definiciones de conector	74
Información de contacto	74
Información de malla	75
Detalles del sensor	76
Fuerzas resultantes	76
Vigas	76
Resultados del estudio	77
Conclusión	¡Error! Marcador no definido.

Suposiciones

Información de modelo



Nombre del modelo: EJE ESCALONADO
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Revolución1 	Sólido	Masa:0.466626 kg Volumen:5.94429e-05 m ³ Densidad:7,850 kg/m ³ Peso:4.57294 N	C:\Users\user\Desktop\EDUARD O\EJE ESCALONADO.SLDPRT Jan 22 23:26:53 2021

Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\user\Desktop\EDUARDO)

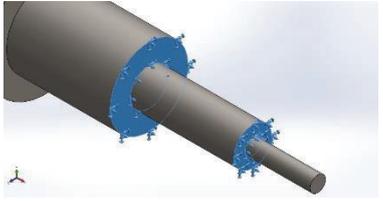
Unidades

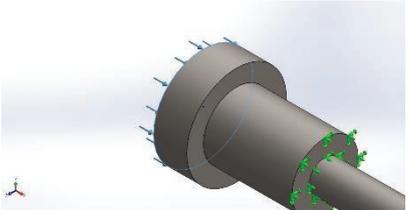
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: AISI 4340 Acero recocido Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 4.7e+08 N/m² Límite de tracción: 7.45e+08 N/m² Módulo elástico: 2.05e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.285 Densidad: 7,850 kg/m³ Módulo cortante: 8e+10 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1.2e-05 /Kelvin	Sólido 1(Revolución1)(EJE ESCALONADO)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-2,224.1	-0.00370727	-0.00322363	2,224.1
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 500 lbf

Definiciones de conector

No hay datos

Información de contacto

No hay datos

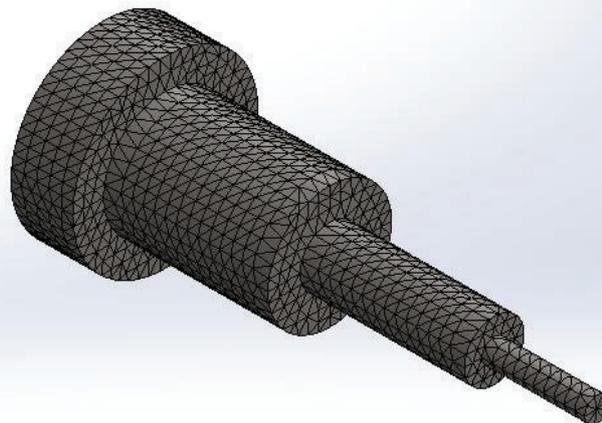
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	2.73279 mm
Tolerancia	0.136639 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	26131
Número total de elementos	17268
Cociente máximo de aspecto	3.9183
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.8
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03
Nombre de computadora:	

Nombre del modelo: EJE ESCALONADO
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de malla: Malla sólida



Detalles del sensor

No hay datos

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-2,224.1	-0.00370727	-0.00322363	2,224.1

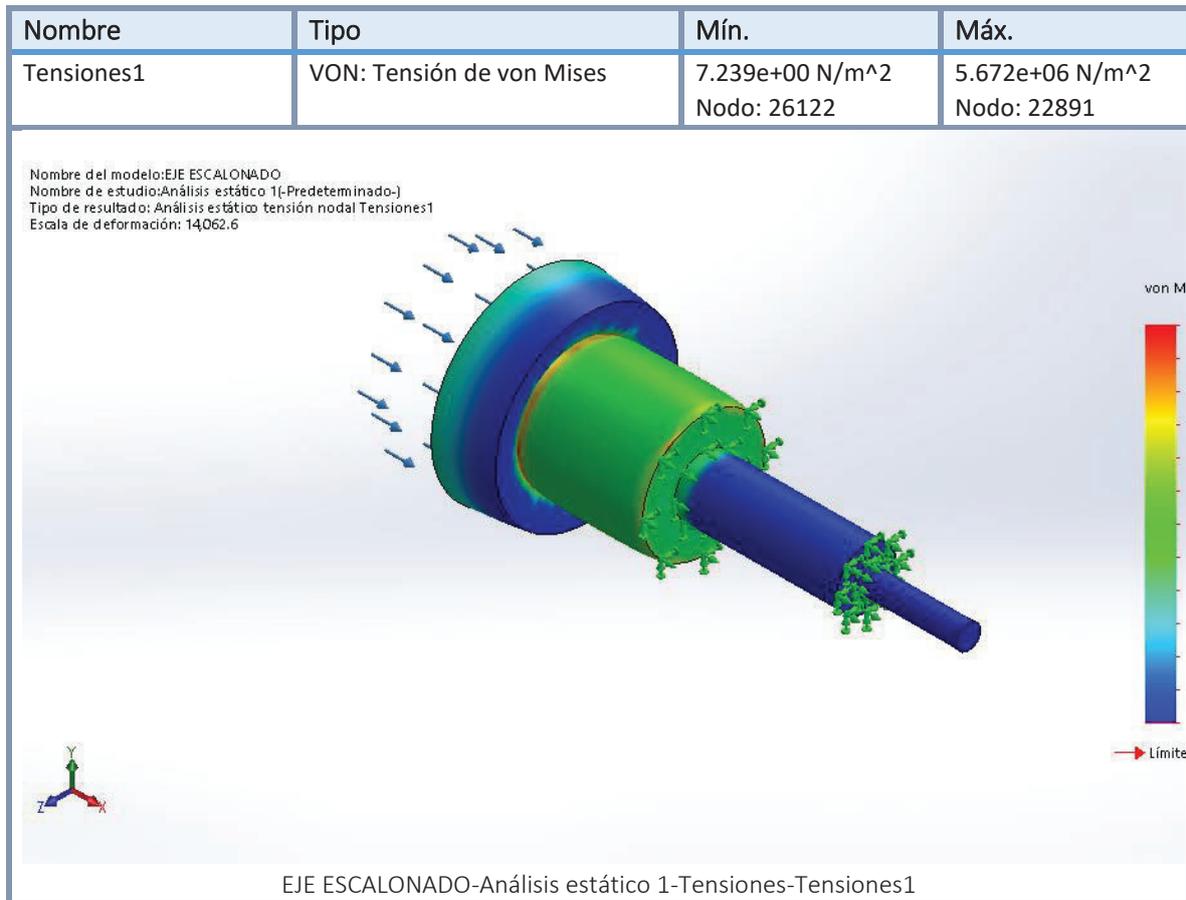
Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

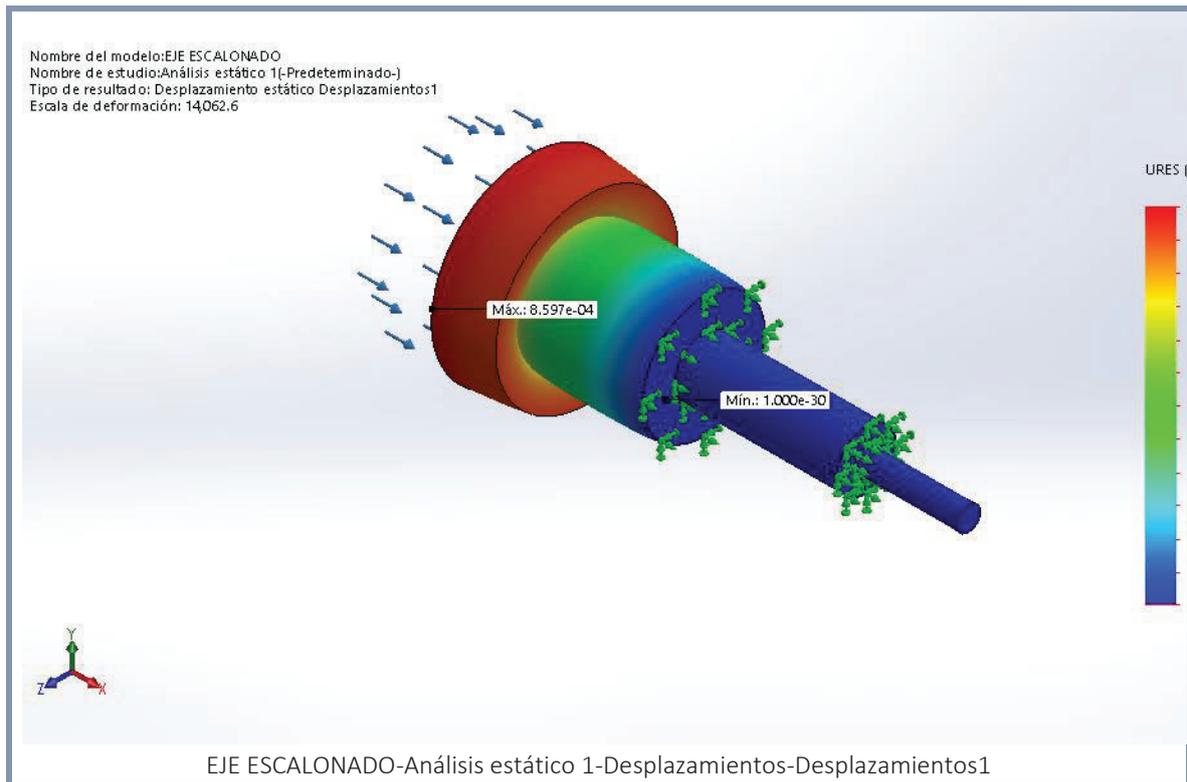
Vigas

No hay datos

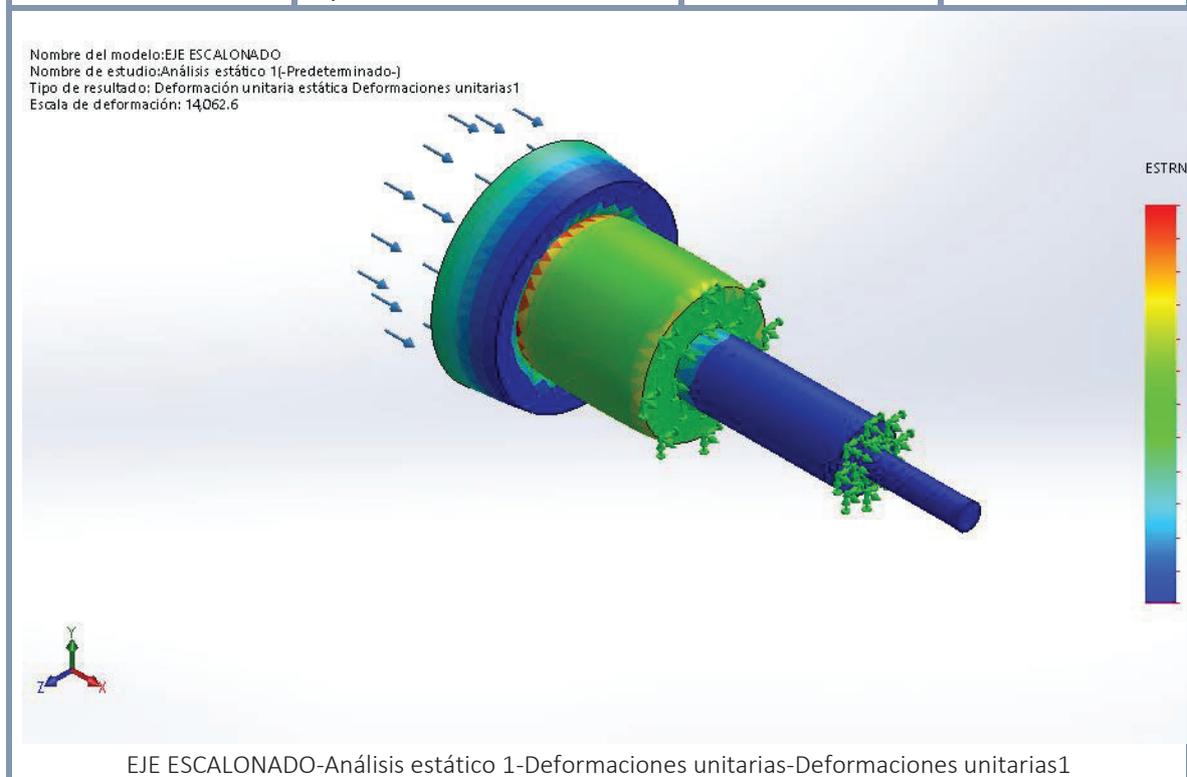
Resultados del estudio



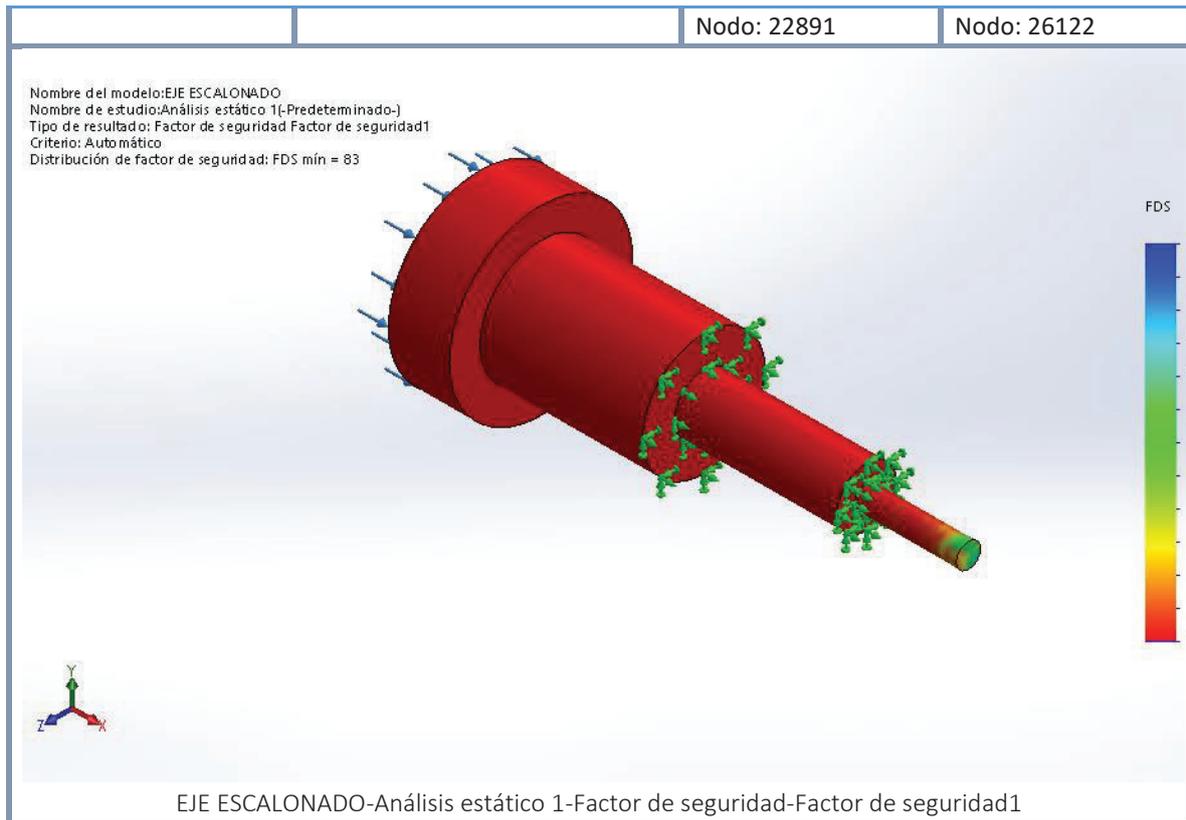
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 14	8.597e-04 mm Nodo: 764



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	2.944e-11 Elemento: 3006	2.136e-05 Elemento: 2905



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	8.287e+01	6.492e+07



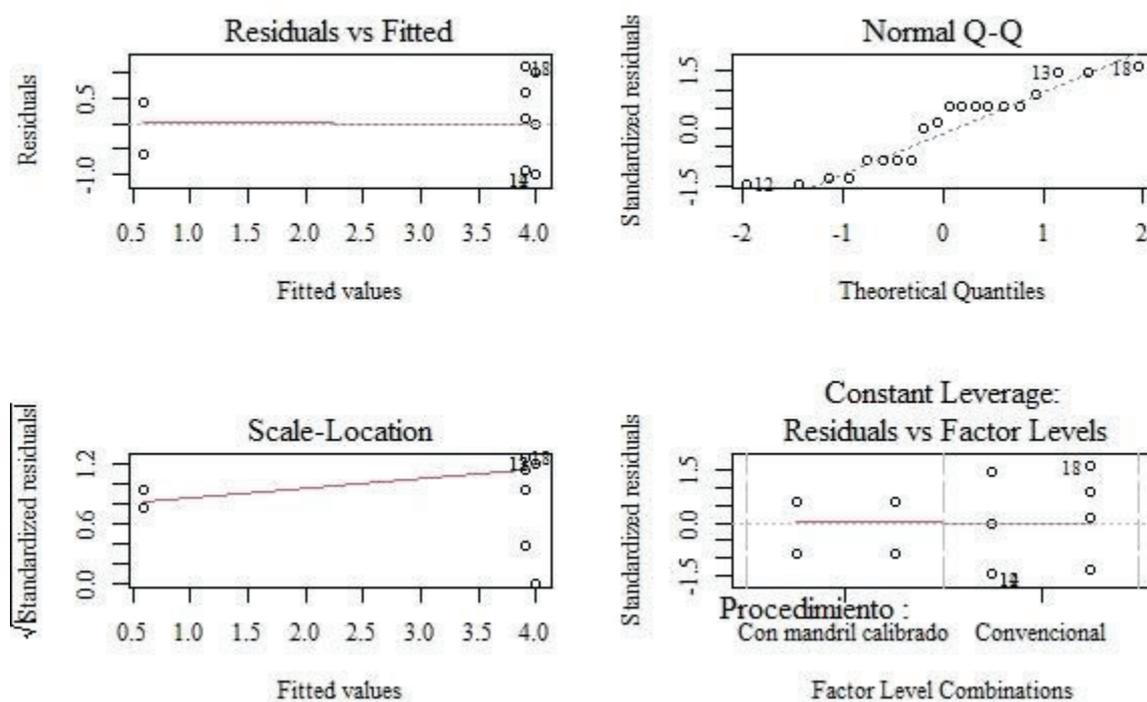
Anexo 8. *Base de datos.*

Procedimiento	Tipo motor	Repetición	Defectos	Pérdida de material
Con mandril calibrado	4 cil	1	1	0
Con mandril calibrado	4 cil	2	0	0
Con mandril calibrado	4 cil	3	1	0
Con mandril calibrado	4 cil	4	1	0
Con mandril calibrado	4 cil	5	0	0
Con mandril calibrado	6 cil	1	0	0
Con mandril calibrado	6 cil	2	1	0
Con mandril calibrado	6 cil	3	1	0
Con mandril calibrado	6 cil	4	1	0
Con mandril calibrado	6 cil	5	0	0
Convencional	4 cil	1	4	0
Convencional	4 cil	2	3	0
Convencional	4 cil	3	5	0.5
Convencional	4 cil	4	3	0
Convencional	4 cil	5	5	0.5
Convencional	6 cil	1	3	0
Convencional	6 cil	2	4.5	0.5
Convencional	6 cil	3	5	0.5
Convencional	6 cil	4	4	0
Convencional	6 cil	5	3	0

Anexo 9. Análisis de supuestos del ANOVA para la severidad de daños generados en guías de válvula según procedimientos empleados.

Según el anexo 9.1, en la relación de los valores ajustados (fitted values) contra los residuos crudos (residuals), se puede observar una relación lineal, por lo tanto, se cumple con el supuesto de modelo aditivo lineal. También se observó que, los residuos estandarizados (standardized residuals) se distribuyen de forma similar a la normal según los cuantiles teóricos (theoretical quantiles). Se determinó que, la relación entre los valores ajustados (fitted values) contra la raíz cuadrada de los residuos estandarizados absolutos ($\sqrt{|standardized residuals|}$) es lineal, pero con dependencia positiva, por lo que se considera necesario hacer uso de una prueba estadística que permita establecer si las variancias son constantes. Finalmente, al evaluar el apalancamiento constante (Constant Leverage) de los residuos estandarizados (residuals standardized) en los niveles del factor Procedimiento, se puede observar que los residuos son similares en ambos procedimientos empleados.

Anexo 9.1. Supuestos gráficos del análisis de variancia sobre la Severidad de los defectos en las guías de válvula luego de la instalación según las causas de variación Procedimiento, Tipo de Motor y su interacción.



Antes de realizar la prueba de Autocorrelación de residuos, se estableció las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula: Los residuos de la severidad de los defectos en las guías de válvula no están autocorrelacionados.

Hipótesis alternativa: Los residuos de la severidad de los defectos en las guías de válvula están autocorrelacionados.

Tabla 10. *Prueba de Autocorrelación de residuos de Durbin – Watson para los residuos de la Severidad de los defectos en las guías de válvula luego de la instalación según las causas de variación Procedimiento, Tipo de Motor y su interacción.*

Durbin-watson test

```
data: Y1 ~ Procedimiento * Tipo_motor
DW = 2.7573, p-value = 0.2618
alternative hypothesis: true autocorrelation is not 0
```

Según el anexo 9.2, con la prueba de Durbin – Watson, a un nivel de significancia de 0.05 (significativo), no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, los residuos de la severidad de los defectos en las guías de válvula no están autocorrelacionados y se cumple con el supuesto de autocorrelación de residuos (los residuos se distribuyen de forma independiente entre las muestras tomadas).

Antes de realizar la prueba de normalidad de residuos, se estableció las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula: Los residuos de la severidad de los defectos en las guías de válvula poseen una distribución similar a la normal.

Hipótesis alternativa: Los residuos de la severidad de los defectos en las guías de válvula no poseen una distribución similar a la normal.

Anexo 9.2. *Pruebas de normalidad de chi cuadrado de Pearson y Shapiro Francia para los residuos estudentizados de la Severidad de los defectos en las guías de válvula luego de la instalación según las causas de variación Procedimiento, Tipo de Motor y su interacción.*

Pearson chi-square normality test

```
data: Yr
P = 8.7, p-value = 0.06905
```

Shapiro-Francia normality test

data: Yr
W = 0.9219, p-value = 0.09863

Según el anexo 9.2, con la prueba de normalidad de chi cuadrado de Pearson, a un nivel de significancia de 0.05 (significativo), no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Lo mismo ocurre con la prueba de Shapiro – Francia a un nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, los residuos de la severidad de los defectos en las guías de válvula poseen una distribución similar a la normal y se cumple con el supuesto de normalidad de residuos.

Antes de realizar la prueba de Score de variancias no constantes, se estableció las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula: La variancia de la severidad de los defectos en las guías de válvula es constante.

Hipótesis alternativa: La variancia de la severidad de los defectos en las guías de válvula no es constante.

Anexo 9.3. Pruebas de Score de variancias no constantes para los residuos estudentizados de la Severidad de los defectos en las guías de válvula luego de la instalación según las causas de variación Procedimiento, Tipo de Motor y su interacción.

Non-constant Variance Score Test
Variance formula: ~ fitted.values
Chisquare = 2.523813, Df = 1, p = 0.11214

Según el anexo 9.3, con la prueba de Score de variancias no constantes, a un nivel de significancia de 0.05 (significativo), no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, la variancia de la severidad de los defectos en las guías de válvula es constante y se cumple con el supuesto de variancias constantes de los residuos. Se debe proceder entonces a evaluar el cuadro de análisis de variancia de la severidad de los defectos de las guías de válvula luego de la instalación en válvulas de culatas de motores de combustión interna.

Para evaluar el análisis de variancia, se generan las siguientes hipótesis:

H_0 : El efecto de los procedimientos es estadísticamente similar, entonces, $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$

H_1 : En al menos uno de los procedimientos el efecto es diferente, entonces, $\alpha_i \neq 0$, por lo menos para algún i

H_0 : El efecto de los Tipos de motor es estadísticamente similar, entonces, $\beta_1 = \beta_2 = 0$

H_1 : En al menos uno de los Tipos de motor el efecto es diferente, entonces, $\beta \neq 0$, por lo menos para algún j

H_0 : El efecto de las interacciones es estadísticamente similar, entonces, $(\gamma)_{ij} = 0$, para todo ij

H_1 : En al menos uno de las interacciones el efecto es diferente, entonces, $(\gamma)_{ij} \neq 0$, por lo menos para algún ij

Anexo 9.4. Cuadro de análisis de variancia sobre la Severidad de los defectos de las guías de válvula luego de la instalación según las causas de variación Procedimiento, Tipo de Motor y su interacción.

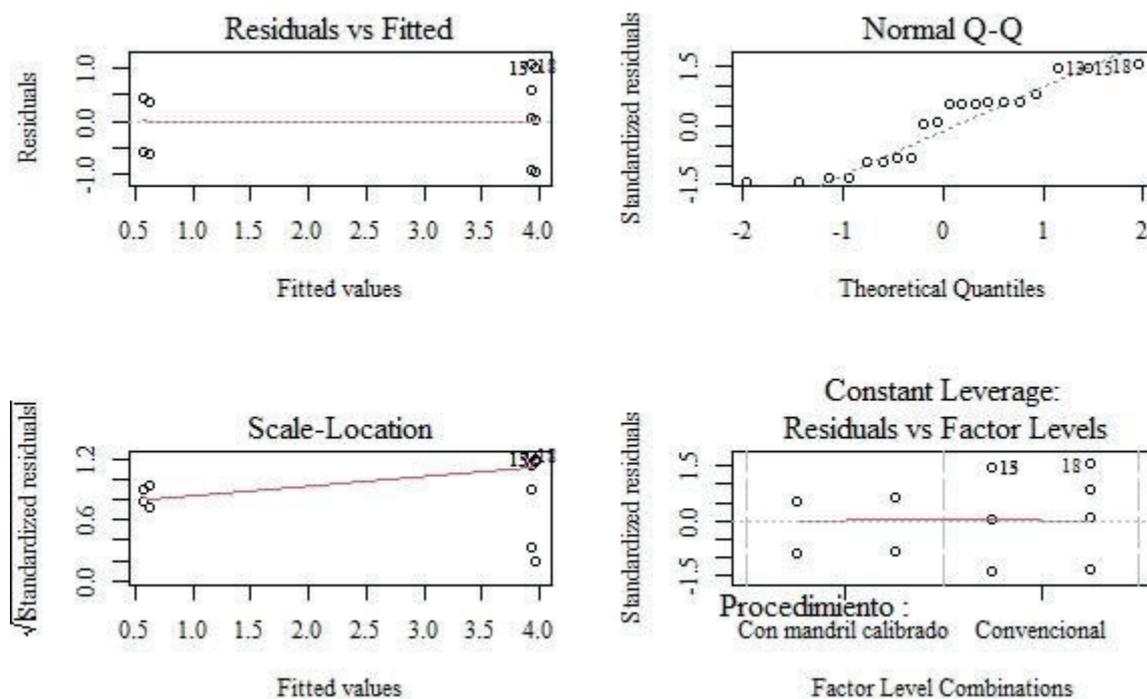
Causa de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P valor	Significancia
Procedimiento	1	56.113	56.113	93.5208	4.37E-08	***
Tipo de motor	1	0.012	0.012	0.0208	0.887	n.s.
Procedimiento x Tipo de motor	1	0.013	0.013	0.0208	0.887	n.s.
Error	16	9.6	0.6			
Total	19	65.738				

Nota: Según los valores de p (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: () $p > 0.05$: No significativo; (*) $p = 0.05$ pero > 0.01 : Significativo; (**) $p = 0.01 > 0.001$: Altamente significativo; (***) $p \leq 0.001$: Muy altamente significativo.

En el anexo 9.4, se evaluó si el modelo aditivo lineal de Procedimiento aplicado y Tipo de motor y la interacción de ambos factores, tiene efectos simples estadísticamente significativos. Se observa que la interacción del Procedimiento y Tipo de motor, no fue significativa considerando un alfa de 0.05, es decir, los efectos simples no fueron estadísticamente significativos. A un nivel de significancia de 0.05 existe suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula el efecto de las interacciones es estadísticamente similar, entonces, $(\gamma)_{ij} = 0$, para todo ij , por lo tanto, no es una causa de variación de interés estadístico y se procede a realizar un ANOVA para un DCA en arreglo factorial sin interacción, antes de evaluar las hipótesis para los efectos principales.

Según el anexo 9.5, los supuestos gráficos se cumplen en medidas similares al modelo generado para el anexo 9.4, debido a que el comportamiento de los residuos en la relación de los valores ajustados (fitted values) contra los residuos crudos (residuals) fue lineal, los residuos estandarizados (standarized residuals) se distribuyen de forma similar a la normal según los cuantiles teóricos (theoretical quantiles), la relación entre los valores ajustados (fitted values) contra la raíz cuadrada de los residuos estandarizados absolutos ($\sqrt{|standarized residuals|}$) es lineal con dependencia positiva y se puede observar que los residuos son similares en ambos procedimientos empleados en el apalancamiento constante (Constant Leverage) de los residuos estandarizados (residuals standarized) según los niveles del factor Procedimiento.,

Anexo 9.5. Supuestos gráficos del análisis de variancia sobre la Severidad de los defectos en las guías de válvula luego de la instalación según las causas de variación Procedimiento y Tipo de Motor.



Se procedió a evaluar nuevamente los supuestos estadísticos del análisis de variancia. Antes de realizar la prueba de Autocorrelación de residuos, se estableció las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula: Los residuos de la severidad de los defectos en las guías de válvula no están autocorrelacionados.

Hipótesis alternativa: Los residuos de la severidad de los defectos en las guías de válvula están autocorrelacionados.

Anexo 9.6. Prueba de Autocorrelación de residuos de Durbin – Watson para los residuos de la Severidad de los defectos en las guías de válvula luego de la instalación según las causas de variación Procedimiento y Tipo de Motor.

Durbin-watson test

```
data: Y1 ~ Procedimiento + Tipo_motor
DW = 2.774, p-value = 0.1587
alternative hypothesis: true autocorrelation is not 0
```

Según el anexo 9.6, con la prueba de Durbin – Watson, a un nivel de significancia de 0.05 (significativo), no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, los residuos de la severidad de los defectos en las guías de válvula no están autocorrelacionados y se cumple con el supuesto de autocorrelación de residuos (los residuos se distribuyen de forma independiente entre las muestras tomadas).

Antes de realizar la prueba de normalidad de residuos, se estableció las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula: Los residuos de la severidad de los defectos en las guías de válvula poseen una distribución similar a la normal.

Hipótesis alternativa: Los residuos de la severidad de los defectos en las guías de válvula no poseen una distribución similar a la normal.

Anexo 9.7. Pruebas de normalidad de chi cuadrado de Pearson y Shapiro Francia para los residuos estudentizados de la Severidad de los defectos en las guías de válvula luego de la instalación según las causas de variación Procedimiento y Tipo de Motor.

Pearson chi-square normality test

```
data: Yr
P = 4.5, p-value = 0.3425
```

Shapiro-Francia normality test

```
data: Yr
W = 0.91993, p-value = 0.0911
```

Según el anexo 9.7, con la prueba de normalidad de chi cuadrado de Pearson, a un nivel de significancia de 0.05 (significativo), no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Lo mismo ocurre con la prueba de Shapiro – Francia a un nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, los residuos de la severidad de los defectos en las guías de válvula poseen una distribución similar a la normal y se cumple con el supuesto de normalidad de residuos.

Antes de realizar la prueba de Score de variancias no constantes, se estableció las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula: La variancia de la severidad de los defectos en las guías de válvula es constante.

Hipótesis alternativa: La variancia de la severidad de los defectos en las guías de válvula no es constante.

Anexo 9.8. Pruebas de Score de variancias no constantes para los residuos estudentizados de la Severidad de los defectos en las guías de válvula luego de la instalación según las causas de variación Procedimiento, Tipo de Motor y su interacción.

Non-constant Variance Score Test
Variance formula: ~ fitted.values
Chisquare = 2.505365, Df = 1, p = 0.11346

Según el anexo 9.8, con la prueba de Score de variancias no constantes, a un nivel de significancia de 0.05 (significativo), no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, la variancia de la severidad de los defectos en las guías de válvula es constante y se cumple con el supuesto de variancias constantes de los residuos. Se debe proceder entonces a evaluar el cuadro de análisis de variancia de la severidad de los defectos de las guías de válvula luego de la instalación en válvulas de culatas de motores de combustión interna.

El modelo estadístico para este diseño fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 2$$

$$j = 2$$

$$k = 5$$

Dónde: i es el número de niveles de la variable Procedimiento.

j es el número de niveles de la variable Tipo de motor

k es el número de repeticiones

μ = Media global de La Severidad de los defectos en la guía de válvula luego de la instalación.

α_i = Efecto incremental sobre la media causado por el nivel i de la variable Procedimiento de instalación.

β_j = Efecto incremental sobre la media causado por el nivel j de la variable Tipo de motor.

ε_{ijk} = Error aleatorio del modelo.

Las principales hipótesis de interés a probar, entre otras, son:

H_0 : El efecto de los procedimientos es estadísticamente similar, entonces, $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$

H_1 : En al menos uno de los procedimientos el efecto es diferente, entonces, $\alpha_i \neq 0$, por lo menos para algún i

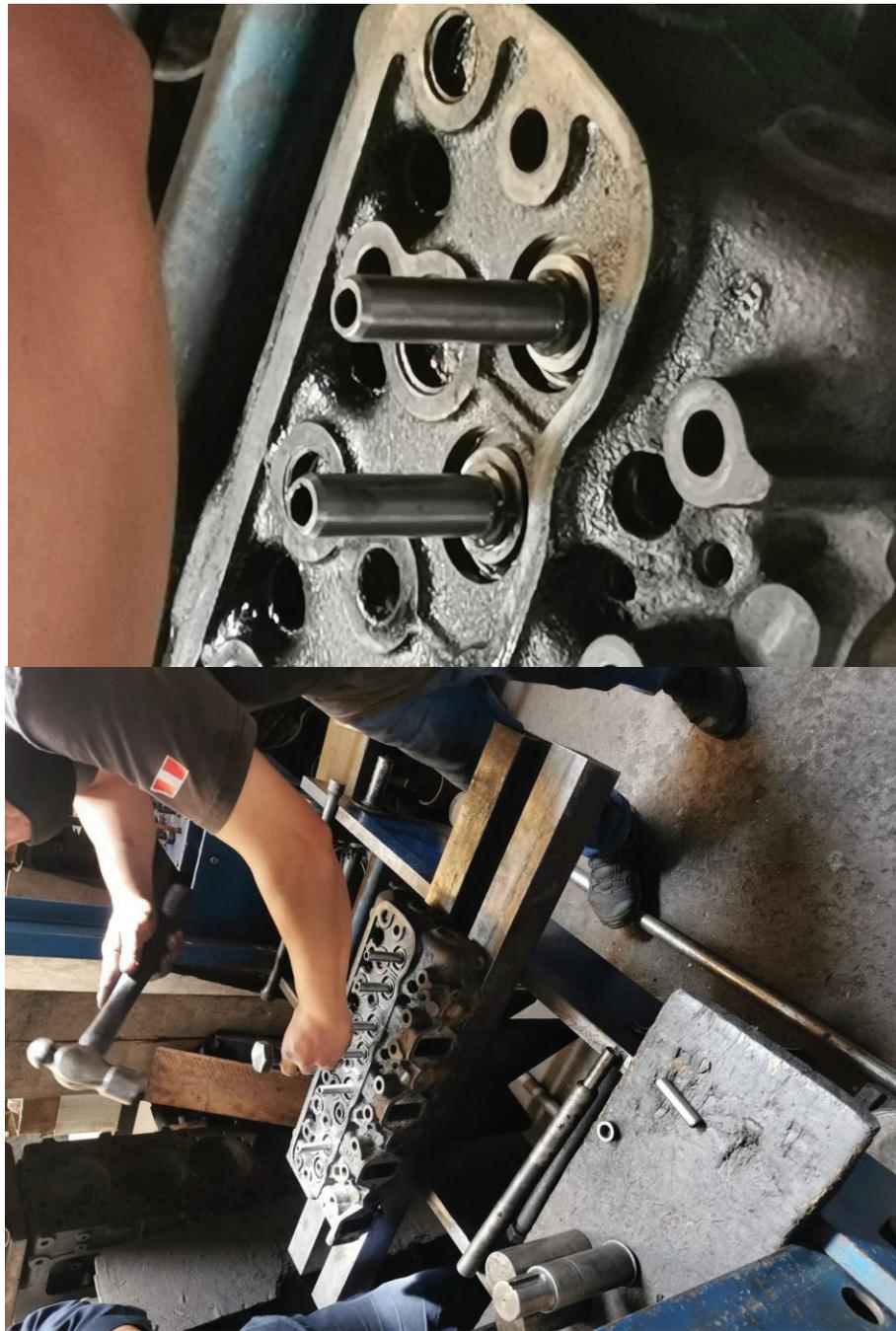
H_0 : El efecto de los Tipos de motor es estadísticamente similar, entonces, $\beta_1 = \beta_2 = 0$

H_1 : En al menos uno de los Tipos de motor el efecto es diferente, entonces, $\beta \neq 0$, por lo menos para algún j .

Anexo 11. Evidencia fotográfica de la investigación.



Procedimiento de instalación de guías de válvula con mandril calibrado.



Procedimiento de instalación convencional de guías de válvula.

Anexo 12. Datos para el cálculo de fuerza elástica del mandril calibrado.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS EN ESTADO BONIFICADO								
Resistencia en estado Recocido	Dureza Brinell máx.	Diámetro mm.		Límite de fluencia N/mm ²	Resistencia a la tracción N/mm ²	Elongación (Lo = 5d) % mín.	Estricción % mín.	Resiliencia según DVM Joule
		desde	hasta					
800	248	16	16	980	1180 - 1380	9	40	41
		40	40	885	1080 - 1280	10	45	48
		100	100	785	980 - 1180	11	50	48
		160	160	685	880 - 1080	12	55	48
		250	250	590	780 - 930	13	55	48

Soldadura: Consultar con nuestro Departamento Técnico

02

www.voestalpine.com/highperformancemetals/peru

voestalpine