

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

**Trabajo de Integración Curricular
para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica Automotriz**

**Diseño y construcción de un banco de pruebas para el análisis flujo métrico en filtros
de combustibles**

Edison Wladimir Heredia Macas

Wilfrido Benjamín Ríos Vega

Daniel Ribadeneira Miño

Director: Ing. Gorky Reyes

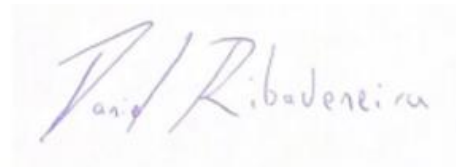
Quito, Febrero 2021

CERTIFICACION

Nosotros, Daniel Ribadeneira Miño, Edison Wladimir Heredia Macas y Wilfrido Benjamín Ríos Vega declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes de investigación están incorporadas en las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento



Edison Wladimir Heredia Macas



Daniel Ribadeneira Miño



Wilfrido Benjamín Ríos Vega

Yo, Ing. Gorky Reyes Campaña certifico que el proyecto de investigación denominado “Diseño y construcción de un banco de pruebas para el análisis flujo métrico en filtros de combustibles”, fue desarrollado por Daniel Ribadeneira Miño, Wilfrido Benjamín Ríos Vega y Edison Wladimir Heredia Macas, que ha sido debidamente revisado y está en condiciones de ser entregado para que siga lo dispuesto por la Escuela de Ingeniería Automotriz, correspondiente a la sustentación y defensa del mismo



Ing. Gorky Reyes Campaña
Director de tesis

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi madre Olga Macas quien ha estado a mi lado desde el inicio sin importar las adversidades que vivimos, además de saber guiarme por el camino correcto y nunca dejar que me rinda convirtiéndose así en un pilar fundamental no solo en la carrera sino en mi vida, a mis hermanos Cristian Heredia y Daniel Heredia quienes con su apoyo y amor han sido un elemento de vital importancia a lo largo de mi formación como un profesional.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Edison Wladimir Heredia Macas', with a long horizontal flourish extending to the right.

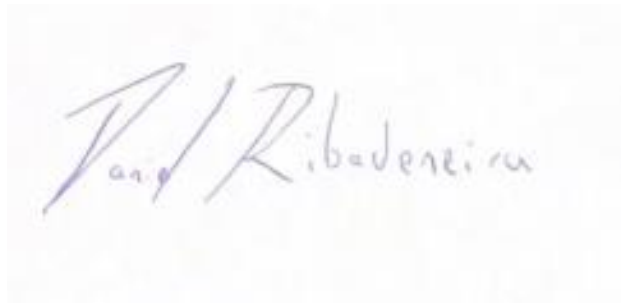
Edison Wladimir Heredia Macas

Dedico este logro a mis padres: Wilfrido Ríos que sé que desde el cielo me acompaña siempre y guía mis pasos para ser un mejor profesional y persona; Teresa Vega que siempre ha estado a mi lado para saberme guiar hacia el camino del bien. A mis hermanos: Dayanara Ríos y Ronny Ríos que son mis mejores amigos, que me han brindado todo su amor y apoyo. Y a todas las personas que me acompañaron en todo el camino para convertirme en la persona que soy hoy en día.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a blue oval. The signature is cursive and appears to read 'Wilfrido Ríos Vega'.

Wilfrido Benjamín Ríos Vega


Dedico este logro a mis padres: Angela Miño que siempre me apoyo a lo largo de este camino educativo y sobre todo el de vida, Patricio Ribadeneira por los valores que me inculco de pequeño para transformarme en lo que ahora soy. A mis hermanos Paul Ribadeneira y Wendy Ribadeneira que han sido un gran ejemplo para mí, y siempre estar para mí. Y a mi querida Abuelita Tere y María Eugenia Vargas que sé que siempre me cuidan desde el cielo.

A handwritten signature in purple ink that reads "Daniel Ribadeneira Miño". The signature is written in a cursive style with a large initial 'D'.

Daniel Ribadeneira Miño

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi padre Héctor Heredia y a mi madre Olga Macas por brindare la oportunidad de formarme como un profesional académicamente y como un buen ser humano ante la sociedad, aprendiendo siempre de sus ejemplos de lucha y honradez. A mis profesores Pedro Moncayo y Ricardo Moreta quienes aparte de brindarme el conocimiento necesario referente a la materia me otorgaron herramientas más allá de lo que dicta una malla curricular, herramientas de vida. A mis amigos Raúl Vidal, Diana Yaguana, Javier Solís, Wilfrido Ríos, Daniel Ribanedeira, Cesar Ortiz y David Obando quienes han estado conmigo en los peores y mejores momentos de mi vida brindándome su apoyo y enseñándome que la amistad es un elemento fundamental y necesario en la vida cuando encontramos a las personas correctas.



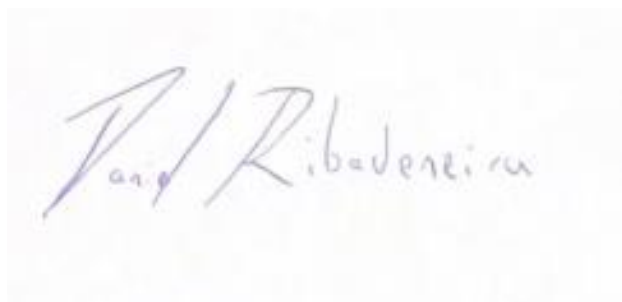
Edison Wladimir Heredia Macas

Agradezco a mis padres: Wilfrido Ríos, mi ángel que me acompaña espiritualmente y a Teresa Vega mi ángel que me acompaña físicamente que creyeron en mí y me dieron la oportunidad de estudiar en una prestigiosa universidad y poderme convertir en un gran profesional. A mis primos que son los primeros amigos que la vida me dio, gracias por todo su apoyo y consejos que me dieron en todo momento. A mis compañeros que se convirtieron en hermanos y colegas con quienes nos apoyamos en toda la carrera universitaria y logramos formar una amistad sincera. A mis compañeros de tesis y grandes amigos: Daniel Ribadeneira y Edison Heredia por lograr culminar de manera positiva el desarrollo de nuestra tesis.



Wilfrido Benjamín Ríos Vega

Agradezco a mi amada madre Ángela Miño, por el apoyo brindado en los momentos más duros de mi vida y siempre ser una guía para mí y a mi padre Patricio Ribadeneira por darme la oportunidad de estudiar. A mis hermanos Wendy y Paul por enseñarme con su ejemplo. A mis primos que se convirtieron en mis hermanos Raphael Terán y Anthony Terán por el apoyo, risas y aventuras vividas a lo largo de este camino. A mis amigos Mario, Estefano y Carlos por siempre hacerme reír cada momento, al equipo Beast Fitness por cambiar mi forma de ver la vida. A mi tutor Gorky Reyes tanto en la educación como en la vida misma, a Andrés Castillo que más que un profesor se convirtió en mi amigo, a Ricardo Moreta por demostrarme que ser hay diferentes formas de enseñar. A Juan Barba, Santiago López, Esteban Pozo y Javier Solís sin ustedes no estuviera aquí en este momento. A mis amadas chicas Karla Montalvo y Viviana Borrero por ser el desahogo de cada mal momento. Y a mis grandes compañeros Edison Heredia y Wilfrido Ríos con quienes tengo el honor de estar aquí culminando esta etapa.

A handwritten signature in blue ink that reads "Daniel Ribadeneira Miño". The signature is written in a cursive style with a large initial 'D' and 'R'.

Daniel Ribadeneira Miño

INDICE GENERAL

CERTIFICACION	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	v
INDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xviii
CAPITULO I	1
1. PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR	1
1.1. Resumen.....	1
1.2. Introducción	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
CAPITULO II	5
2. FUNDAMENTACION TEORICA	5
2.1. Motor de combustión interna	5
2.2. Ciclo otto.....	5
2.3. Sistemas de alimentación	5
2.3.1. Alimentación de combustible.....	5
2.3.2. Relación estequiométrica	6
2.3.3. Sistemas de inyección	7
2.3.3.1. Inyección mecánica.....	7
2.3.3.2. Inyección electrónica	8
2.3.3.2.1. Inyección electrónica monopunto	8
2.3.3.2.2. Inyección electrónica multipunto.....	9
2.3.4. Sistemas de encendido	10
2.3.4.1. Clasificación del sistema de encendido	10
2.3.4.1.1. Sistemas de encendido electrónico	10
2.3.4.1.2. Sistema de encendido dis	11
2.3.4.1.3. Bobina independiente.....	12
2.3.4.1.4. Encendido electrónico por descarga del condensador	12

2.3.4.1.5. Encendido eléctrico integral.....	12
2.3.5. Dispositivos del sistema de alimentación de combustible.....	13
2.3.5.1. Bomba eléctrica de combustible.....	13
2.3.5.2. Prefiltro.....	14
2.3.5.3. Depósito de combustible.....	14
2.3.5.4. Tuberías de alimentación de combustible.....	15
2.3.5.5. Riel de inyectores.....	15
2.3.5.6. Inyector de combustible.....	16
2.3.6. Filtración.....	16
2.3.6.1. Criterios de diseño de filtración.....	17
2.3.7. Normativas.....	17
2.3.8. Filtros.....	18
2.3.8.1 Filtro de Aceite.....	19
2.3.8.2.1.1. Factores de colmatación en el filtro de aceite.....	19
2.3.8.1.2. Características mecánicas del filtro de aceite.....	20
2.3.8.1.3. Partes del filtro de aceite.....	20
2.3.8.1.4. Tipos de filtro de aceite.....	21
2.3.8.2. Filtro de aire.....	22
2.3.8.2.1. Partes del filtro de aire.....	23
2.3.8.2.2. Factores de colmatación en el filtro de aire.....	24
2.3.8.2.3. Características mecánicas del filtro de aire.....	24
2.3.8.2.4. Tipos de filtro de aire.....	25
2.3.8.3. Filtro de combustible.....	27
2.3.8.3.1. Factores de colmatación en el filtro de combustible.....	28
2.3.8.3.2. Características mecánicas del filtro de combustible.....	28
2.3.8.3.3. Partes del filtro de combustible.....	28
2.3.8.3.4. Tipos de filtro de combustible.....	29
2.3.8.3.5. Tipos de filtro de combustible según su material y acople.....	31
2.3.8.3.6. Tipos de elemento filtrante.....	32
2.3.8.3.7. Materiales.....	32
2.3.8.3.8. Eliminación de impurezas.....	33
2.3.8.3.9. Consecuencias.....	33
2.3.8.3.10. Eficiencia de filtración según el material del elemento filtrante.....	34
2.4. Combustible.....	35
2.5. Viscosidad.....	35

2.5.1. Tipos de viscosidad.....	35
2.5.1.1. Viscosidad Dieléctrica	36
2.5.1.2. Viscosidad Magnética.....	36
2.5.1.3. Viscosidad Absoluta	36
2.6. Gas-oíl.....	36
2.7. Gasolina	36
2.8. Fluidos.....	38
2.8.1. Fluidos newtonianos	39
2.8.2. Fluidos no newtonianos	40
2.9. Dinámica del fluido.....	41
2.9.1. Régimen laminar o de Poiseuille:	42
2.9.2. Régimen turbulento o de Venturi:.....	43
2.10. Ecuación de continuidad	44
2.10.1. Aplicación	45
2.11. Teorema de Bernoulli.....	45
CAPITULO III	47
3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	47
3.1. Planteamiento	47
3.2. Selección de diseño	47
3.2.1. Alternativas de diseño.....	47
3.2.1.1. Alternativa 1	47
3.2.1.1.1. Estructura básica	47
3.2.1.2. Alternativa 2.....	48
3.2.1.2.1. Estructura completa.....	48
3.2.2. Variables	48
3.2.2.1. Material	48
3.2.2.2. Costo.....	48
3.2.2.3. Límite S_y	48
3.2.2.4. Límite S_u	48
3.2.2.5. Modelo	48
3.2.2.6. Mantenimiento	49
3.2.3. Tabla de ponderación de alternativas de diseño	49
3.2.4. Justificación de la selección.....	49
3.2.4.1. Material	49

3.2.4.2.	Costo.....	50
3.2.4.3.	Limite Sy.....	50
3.2.4.4.	Limite Su.....	50
3.2.4.5.	Modelo.....	50
3.2.4.6.	Mantenimiento.....	50
3.2.5.	Ventajas obtenidas al seleccionar la alternativa 2.....	50
3.3.	Selección de dinámica del fluido.....	51
3.3.1.	Alternativas de dinámica del fluido.....	51
3.3.1.1.	Alternativa 1.....	51
3.3.1.1.1	Distribución de mangueras en forma lineal.....	51
3.3.1.2.	Alternativa 2.....	51
3.3.1.2.1.	Distribución de mangueras en forma quebrada/ondulada.....	51
3.3.2.	Variables.....	51
3.3.2.1.	Utilidad.....	51
3.3.2.2.	Precisión.....	51
3.3.2.3.	Aplicación.....	51
3.3.3.	Tabla de ponderación de alternativas de dinámica del fluido.....	52
3.3.4.	Justificación de la selección.....	52
3.3.4.1.	Utilidad.....	52
3.3.4.2.	Precisión.....	52
3.3.2.3.	Aplicación.....	53
3.3.5	Ventajas obtenidas al seleccionar la alternativa 2.....	53
3.4.	Selección de adaptabilidad.....	53
3.4.1.	Alternativas de adaptabilidad.....	53
3.4.1.1.	Alternativa 1.....	53
3.4.1.1.1.	Acoples universales.....	53
3.4.1.2.	Alternativa 2.....	53
3.4.1.2.1.	Acople simple.....	53
3.4.2.	Variables.....	53
3.4.2.1.	Material.....	53
3.4.2.2.	Costo.....	53
3.4.2.3.	Utilidad.....	54
3.4.3.	Tabla de ponderación de alternativas de adaptabilidad.....	54
3.4.4.	Justificación de la selección.....	54
3.4.4.1.	Material.....	54

3.4.4.2.	Costo.....	54
3.4.4.3.	Utilidad	55
3.4.5.	Ventajas obtenidas al seleccionar la alternativa 1.....	55
3.5.	Selección de software	55
3.5.1.	Alternativas de software	55
3.5.1.1.	Alternativa 1	55
3.5.1.1.1.	Wólffram matemática 8	55
3.5.1.2.	Alternativa 2.....	55
3.5.1.2.1.	Hoja de cálculo Excel.....	55
3.5.2.	Variables	56
3.5.2.1.	Complejidad	56
3.5.2.2.	Precisión	56
3.5.2.3.	Utilidad.....	56
3.5.3.	Tabla de ponderación de alternativas de software	56
3.5.4.	Justificación de la selección.....	57
3.5.4.1.	Complejidad	57
3.5.4.2.	Precisión	57
3.5.4.3.	Utilidad.....	57
3.5.5.	Ventajas obtenidas al seleccionar la alternativa 2.....	57
3.6.	Selección Interfaz de Accionamiento del Equipo.....	57
3.6.1.	Alternativas de Interfaz de Accionamiento.....	57
3.6.2.	Alternativa 1.....	58
3.6.2.1.	Accionamiento por un Microcontrolador.....	58
3.6.3.	Alternativa 2.....	58
3.6.3.1.	Accionamiento por un Arduino Mega.....	58
3.6.4.	Variables	58
3.6.4.1.	Material	58
3.6.4.2.	Costo.....	58
3.6.4.3.	Precisión	58
3.6.4.4.	Mantenimiento	59
3.6.4.5.	Tabla de ponderación de alternativas de interfaz de accionamiento	59
3.6.5.	Justificación de la selección.....	59
3.6.5.1.	Material	59
3.6.5.2.	Costo.....	60
3.6.5.3.	Precisión	60

3.6.5.4.	Mantenimiento	60
3.6.5.5.	Ventajas obtenidas al seleccionar la alternativa 2.....	60
3.7.	Selección de ensayo.....	60
3.7.1.	Alternativas de ensayo	60
3.7.1.1.	Alternativa 1	61
3.7.1.1.1.	Método por precipitación	61
3.7.1.2.	Alternativa 2.....	61
3.7.1.2.1.	Método por ASTM D-482.....	61
3.7.1.3.	Alternativa 3.....	61
3.7.1.3.1.	Método por electrodeposición.....	61
3.7.2.	Variables	61
3.7.2.1.	Material	61
3.7.2.2.	Costo.....	61
3.7.2.3.	Precisión.....	61
3.7.3.	Tabla de ponderación de alternativas de ensayo.....	62
3.7.4.	Justificación de la selección.....	62
3.7.4.1.	Material	62
3.7.4.2.	Costo.....	62
3.7.4.3.	Precisión.....	63
3.7.5.	Ventajas obtenidas al seleccionar la alternativa 2.....	63
3.8.	Normativas de fabricación aplicadas al banco de pruebas	63
3.8.1.	Campo de aplicación.....	63
3.9.	Normativas de selección de materiales.....	63
CAPITULO IV.....		67
4.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	67
4.1.	Diseño	67
4.1.1.	Plano de diseño	67
4.1.2.	Esquema electrónico	68
4.1.3.	Esquema hidráulico.....	71
4.2.	Construcción	73
4.2.1.	Estructura del equipo	73
4.2.2.	Estructura hidráulica	75
4.2.3.	Estructura eléctrica y electrónica	77
4.2.4.	Referencia eléctrica y electrónica	77

CAPITULO V	81
5. ANALISIS Y RESULTADOS	81
5.1. Selección de filtros.....	81
5.2. Tomas de muestra	82
5.3. Resultados de laboratorio.....	83
5.4. Análisis e interpretación de resultados.....	84
5.4.1. Muestra Z.....	84
5.4.2. Muestra X.....	84
5.4.3 Muestra A.....	85
5.4.4. Muestra B.....	86
5.4.5. Muestra C.....	87
5.5. Comparativa de eficiencia de filtrado-nuevos	88
5.5.1. Durabilidad	90
5.5.2. Prueba con filtro a los 5000 km de uso.....	90
5.5.3. Prueba con filtro a los 10000 km de uso.....	91
5.5.4. Prueba con filtro a los 15000 km de uso.....	91
5.5.5. Resultados muestra Xa a los 15000 km de uso.....	92
5.5.6. Resultados muestra Xb a los 15000 km	93
5.5.7. Resultados muestra Xc a los 15000 km de uso.....	94
5.6. Comparativa de eficiencia de filtrado en filtros de 15000 km.....	95
5.6.1. Comportamiento del fluido en el interior de un filtro a los 15000 km	96
5.6.2. Cálculos para determinar el comportamiento y variables del fluido en el interior de un filtro original Chevrolet a los 15000 km de uso	98
5.6.3. Cálculos para determinar el comportamiento y variables del fluido en el interior de un filtro genérico nacional Shogun a los 15000 km de uso.....	100
5.6.4. Cálculos para determinar el comportamiento y variables del fluido en el interior de un filtro genérico extranjero Redfil a los 15000 km de uso.....	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
Conclusiones	106
Recomendaciones.....	107
BIBLIOGRAFIA	108
ANEXOS	113

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Inyección mecánica de combustible.....	8
Figura 2.2. Esquema básico de un sistema de inyección monopunto.....	9
Figura 2.3. Sistema de inyección de combustible multipunto.....	9
Figura 2.4. Sistema de encendido electrónico directo.....	11
Figura 2.5. Esquema de bomba de combustible lineal y sumergible.....	14
Figura 2.6. Prefiltro de combustible.....	14
Figura 2.7. Tanque de combustible.....	15
Figura 2.8. Riel o acumulador de presión.....	16
Figura 2.9. Estructura del inyector de combustible.....	16
Figura 2.10. Estructura del filtro de aceite.....	19
Figura 2.11. Filtro de aceite con cartucho recambiable.....	21
Figura 2.12. Filtro de aceite centrifugo.....	22
Figura 2.13. Filtro de aire.....	23
Figura 2.14. Partes del filtro de aire.....	24
Figura 2.15. Filtro de aire tipo seco.....	26
Figura 2.16. Filtro para aire tipo panel.....	26
Figura 2.17. Filtro para aire tipo panel con prefiltro.....	27
Figura 2.18. Filtros de combustible.....	27
Figura 2.19. Filtros de combustible para vehículos carburados.....	30
Figura 2.20. Filtros de combustible jetronic.....	30
Figura 2.21. Filtros de combustible diesel.....	31
Figura 2.22. Filtros de combustible plástico.....	31
Figura 2.23. Filtros de combustible de aluminio.....	32
Figura 2.24. Filtros de combustible de aluminio.....	32
Figura 2.25. Elementos filtrantes del tipo estrella y espiral.....	32
Figura 2.26. Elemento filtrante con y sin impurezas.....	33
Figura 2.27. Daños ocasionados por una mala filtración.....	34
Figura 2.28. Grado de retención con la utilización de diversos tipos de papeles filtrante después de un solo paso con el filtro.....	34
Figura 2.29. Perfil de velocidades creado en un fluido newtoniano.....	39
Figura 2.30. Comportamiento de fluidos no newtonianos.....	40
Figura 2.31. Perfil de velocidades en régimen de circulación laminar.....	43
Figura 2.32. Flujo laminar vs Flujo turbulento.....	43

Figura. 4.1. Estructura en SolidWorks del banco de pruebas.....	67
Figura. 4.2. Estructura en SolidWorks del panel electrónico arduino.....	68
Figura. 4.3. Estructura en SolidWorks del panel de control del banco de pruebas.....	68
Figura. 4.4. Esquema del controlador Arduino del banco de pruebas.....	69
Figura. 4.5. Esquema del sistema de alimentación del banco de pruebas.....	69
Figura. 4.6. Esquema del panel de control del banco de pruebas.....	70
Figura. 4.7. Esquema de sensores del banco de pruebas.....	70
Figura. 4.8. Esquema de control de electroválvulas del banco de pruebas.....	71
Figura. 4.9. Esquema de control de motores del banco de pruebas.....	71
Figura. 4.10. Esquema hidráulico del banco de pruebas.....	72
Figura. 4.11. Construcción de estructura del banco de pruebas.....	73
Figura. 4.12. Cubierta de la estructura del banco de pruebas.....	73
Figura. 4.13. Acabado de pintura de la estructura del banco de pruebas.....	74
Figura. 4.14. Instalación de soporte porta filtros.....	74
Figura. 4.15. Instalación de panel de control banco de pruebas.....	75
Figura. 4.16. Sensor de flujo y electro válvulas.....	76
Figura. 4.17. Sensor de presión.....	76
Figura. 4.18. Ensamblaje del sistema hidráulico.....	76
Figura. 4.19. Banco electrónico de control.....	78
Figura. 4.20. Ensamblaje de parte eléctrica y electrónica del banco de pruebas.....	78
Figura. 4.21. Banco de pruebas para el análisis flujo métrico de filtros de combustible	80
Figura. 5.1. Nivel de consumo de filtros de combustible de venta a nivel de Quito.....	81
Figura. 5.2. Muestras de filtros a 15000 km con fluido de pruebas 121032-1, A3 médium test dust.....	82
Figura. 5.3. Muestra X (Gasolina extra) y Z (Fluido de pruebas 121032-1, A3 médium test dust).....	83
Figura. 5.4. Comparativa de la eficiencia de filtrado entre filtros original, nacional y extranjero a los 0 Km.....	89
Figura. 5.5. Grafica eficiencia (%) vs tamaño de partícula (μm).....	89
Figura. 5.6. Comparativa de la eficiencia de filtrado entre filtros original, nacional y extranjero a los 15 mil Km.....	96
Figura. 5.7. Calculadora de variables cuantitativas del fluido.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.: Eliminación de impurezas	33
Tabla 2.2.: Temperatura y viscosidad gasolina	38
Tabla 3.1.: Tabla de ponderación de alternativas de diseño	49
Tabla 3.2.: Tabla de ponderación de alternativas de dinámicas del fluido.....	52
Tabla 3.3.: Tabla de ponderación de alternativas de adaptabilidad.....	54
Tabla 3.4.: Tabla de ponderación de alternativas de software.....	56
Tabla 3.5.: Tabla de ponderación de alternativas de interfaz de accionamiento	59
Tabla 3.6.: Tabla de ponderación de alternativas de ensayo	62
Tabla 5.2.: Datos informe DPEC (muestra Z)	83
Tabla 5.3.: Datos informe DPEC (muestra X).....	84
Tabla 5.4.: Datos informe DPEC (muestra A).....	85
Tabla 5.5.: Datos informe DPEC (muestra B).....	85
Tabla 5.6.: Datos informe DPEC (muestra C).....	86
Tabla 5.7.: Valores de presión filtro a los 5000 km de uso	87
Tabla 5.8.: Valores de presión filtro a los 10000 km de uso	90
Tabla 5.9.: Valores de presión filtro a los 15000 km de uso	91
Tabla 5.10.: Datos informe DPEC (Muestra Xa 15000km)	92
Tabla 5.11.: Datos informe DPEC (Muestra Xb 15000km).....	93
Tabla 5.12.: Datos informe DPEC (Muestra Xc 15000km)	94
Tabla 5.13.: Datos predeterminados en la calculadora de dinámica de fluidos en el bancode prueba.....	97

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1.: Ecuación de la relación estequiométrica	6
Ecuación 2.2.: Fórmula de densidad	38
Ecuación 2.3.: Esfuerzo cortante	38
Ecuación 2.4.: Ley de la viscosidad de Newton	39
Ecuación 2.5.: Ecuación de los fluidos no Newtonianos.....	40
Ecuación 2.6.: Fórmula de fluidos pseudoplásticos	41
Ecuación 2.7.: Fórmula de flujo	41
Ecuación 2.8.: Número de Reynolds	42
Ecuación 2.9.: Ecuación de continuidad.....	44
Ecuación 2.10.: Ecuación de la continuidad	44
Ecuación 2.11.: Ecuación de Bernoulli	45
Ecuación 2.12.: Ecuación de Bernoulli convención de la energía mecánica	46
Ecuación 5.1.: Ecuación de eficiencia de filtrado	86
Ecuación 5.2.: Caudal masico	98
Ecuación 5.3.: Flujo masico	98
Ecuación 5.4.: Caudal volumétrico	99
Ecuación 5.5.: Flujo volumétrico	99
Ecuación 5.6.: Número de Reynolds	100

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

1.1. Resumen

En la actualidad existen diferentes tipos de elementos filtrantes que ayudan a proteger el sistema de alimentación de nuestro vehículo y dentro de esta gama que vinculan filtros de combustible tanto originales como alternos, juega un punto importante respecto al costo beneficio, debido a que la mayoría de consumidores prefiere adquirir un filtro genérico de menor costo sin importar que este no posea una capacidad de filtrado eficiente y esto se debe a la falta de conocimiento del consumidor respecto a las características técnicas que posee cada filtro, por lo cual se diseñó y construyó un banco de pruebas que nos permite analizar el comportamiento flujo métrico del combustible al paso por el interior del filtro y determinar la eficiencia de filtrado, durabilidad del filtro y capacidad de retención de sedimentos solidos según la normativa de funcionamiento INEN-ISO 19438, para lo cual se implementara un régimen de uso de 5000 a 150000 kilómetros en cada filtro permitiendo así obtener un muestreo más real para el análisis de cenizas por método ASTM D-482 el cual se lo realizara con la ayuda del líquido de pruebas 121032-1, A3 médium test dust, el cual permitirá tener un conteo de partículas más exactas y así determinar que filtro dentro de los 3 más consumibles en el mercado de venta a nivel de quito brinda mejores características de funcionamiento y pueda ser recomendable para uso de nuestro vehículo.

PALABRAS CLAVES: Filtración, eficiencia, durabilidad, flujo métrico, laminar, presión.

Abstract

Nowadays are different types of filter elements which help to protect the power system of our car, on these group we have original filters and alternative filters, it is very important when you compare benefits and cost because the purchaser tries to save money buying the alternative filters with a low cost and doesn't matter if it is good or not for our car. These happens when you don't know the technical features of each gas filters, for these we design and built a test bank whose let us analyze how the fluid works inside the filter and determinate how efficient the filter is, what time it will work and the capacity of stop solid stuff according to the work normative INEN-ISO 19438, we made it work between 5000 to

15000 km on each filter and getting a real result to analyze with ASTM D-482 method and with the help of 121032-1 liquid, A3 medium Test dust, who let us count easier and more exactly the particles and there we can select the correct filter from the group the market sell in Quito and find the best filter for our car.

KEYWORD: Filter elements, efficient, durability, fluid metric, pressure

1.2. Introducción

El sector automotriz ha ido evolucionando con el pasar de los años, donde sus principales objetivos han sido mejorar el rendimiento de sus motores y reducir el consumo de combustible; generando así una disminución en la contaminación.

Por lo cual un factor muy importante para una prolongación en la vida útil del motor es la aplicación continua de mantenimientos preventivos en los cuales se realiza el cambio de componentes internos del vehículo como lo es el filtro de combustible. Según Rocamora, A. Calero, B. (2016). Nos dice que a nivel nacional actualmente se ofertan un sin número de marcas de filtros de combustible de un sin número de procedencias (Colombia, Chile, Japón, China, Bolivia, Brasil, etc.) desde originales hasta alternos. Los cuales se desconoce si estos cumplen o no con las normativas de calidad, eficiencia y filtrado ISO 9001, ISO 16949 e ISO 4021 al momento de filtrar el combustible, por lo cual en el presente estudio se analizara tres variables propias de las características de un fluido como es el caudal, la velocidad y la presión; teniendo en cuenta de que estos filtros trabajan en función de un fluido (gasolina) el cual posee una viscosidad determinada, ya que en nuestro país se vende combustible Extra y Super con viscosidad cinemática 37,8°C de $<1\text{mm}^2/\text{s}$ y $<1\text{mm}^2/\text{s}$ independientemente, por tal motivo queremos determinar si estos combustibles con esa viscosidad, el papel filtrante cumple la función de disminuir sedimentos solidos utilizando filtros de diferente calidad.

A raíz de esto se plantea el diseño y construcción de un banco de pruebas para filtros de combustible basado en la normativa internacional de calibración ISO-IEC 17025, el cual podrá proporcionar valores cuantitativos con respecto a la presión, caudal y velocidad y por medio de un interfaz enviará los datos tomados a una hoja de cálculo Excel. Este banco de pruebas también proporcionara un muestreo para determinar el nivel de sedimentos sólidos en el fluido, con la ayuda del líquido de pruebas 121032-1, A3 médium test dust.

Para recalcar la importancia del filtro de combustible hay que entender que pertenece a uno de los sistemas que más se ha mejorado a lo largo del tiempo él cual es el sistema de

inyección. Según el Ing. Balladares, S. “El sistema de inyección en los vehículos de gasolina busca la mezcla ideal de aire-gasolina con el fin de obtener una combustión completa en el cilindro. En la búsqueda de obtener una mezcla cada vez más beneficiosa, el suministro de combustible ha evolucionado desde la utilización del carburador hasta la aplicación de la inyección electrónica actual.”

En particular, los actuales sistemas de inyección, requieren una alimentación con un combustible que sea completamente limpio y homogéneo. Para esto se necesita el filtro de combustible el cual es un elemento que se encarga de retener las impurezas del combustible y las que se generan en el interior del tanque.

Según López, D. “El filtro saturado puede producir fallos en la alimentación que en el peor de los casos provocará la parada del motor.

Por lo tanto, para garantizar el perfecto funcionamiento del motor, el combustible tiene que limpiarse de forma constante y cuidadosamente mediante el filtro de combustible”.

Por lo cual mediante los resultados obtenidos se podrá realizar una tabla de especificaciones técnicas de los filtros, la cual ayudará al consumidor a tomar una mejor decisión al momento de seleccionar un filtro de combustible independientemente de que este sea original o alternativo garantizando así un mejor desempeño en el sistema y una prolongación en la vida útil del motor.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Diseñar y construir un banco de pruebas para medir presión, caudal, calidad de papel filtrante y la cantidad de sedimentos sólidos; mediante normativas internacionales ISO.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio de los filtros de combustible más vendidos a nivel nacional y determinar si cada uno de ellos cumplen con normativas de calidad.
- Diseñar y construir un banco de pruebas universal para evaluar dispositivos filtrantes en condición dinámica según la ISO 19438.
- Realizar un proceso de estandarización para la evaluación cuantitativa del papel filtrante, sedimentos sólidos, presión del caudal según rangos de mantenimientos.

- Comparar entre un filtro nacional, filtro extranjero y el filtro original si cumplen con exigencias mínimas de calidad.

CAPITULO II

2. FUNDAMENTACION TEORICA

2.1. Motor de combustión interna

Un motor de combustión interna es un tipo de motor térmico en que la combustión se da en el interior de sí mismo, es decir dentro del cilindro; es un proceso donde se transforma la energía química del combustible en energía mecánica. Cárdenas y Kaslin. (2006) nos dicen:

El motor es un conjunto de mecanismos destinados a recoger y aprovechar la energía que desarrolla la combustión de una mezcla aire-combustible, la misma que es introducida en cada cilindro, comprimida e inflamada, la cual genera la presión necesaria para mover el pistón que por medio de una biela hace girar el cigüeñal, y éste transfiere el movimiento a la transmisión que es la que finalmente impulsa los ejes de las ruedas. (p.29)

Los motores se irán clasificando según su ciclo termodinámico, entre los más conocidos está el ciclo Otto el cual se analizará a lo largo de la investigación.

2.2. Ciclo otto

El ciclo Otto es característico de los motores de combustión interna, a gasolina, que encienden por la ignición de un combustible, provocada por una chispa eléctrica; se trata de un ciclo termodinámico en donde, teóricamente, el calor se aporta a un volumen constante. El ciclo Otto puede estar presente en motores de dos tiempos y en motores de cuatro tiempos, y este principio se basa en que, para su funcionamiento, aspira una mezcla precisa de aire/combustible (generalmente gasolina). El espacio es un sistema de pistón/cilindro, y la precisión la marcan válvulas de admisión y escape. “Debido a su tamaño pequeño, alta velocidad, gran potencia, y peso ligero, se usan ampliamente en carros de pasajeros y camiones pequeños” (Cárdenas, Kaslin, 2006, p.29).

2.3. Sistemas de alimentación

2.3.1. Alimentación de combustible

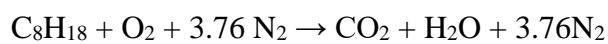
Es el encargado de realizar el suministro de combustible (Gasolina) al motor para su funcionamiento. Se encarga de dosificar la mezcla y procurar la mayor limpieza del combustible que entra al cilindro. Según Cárdenas y Kaslin. (2006) nos dicen:

El sistema que se utilizó desde hace más de 75 años fue el carburador, con excepción de unos pocos modelos especiales. El desarrollo de la electrónica ha permitido la introducción de dispositivos que mejoran la exactitud del suministro de la mezcla de acuerdo con las necesidades del motor en las condiciones del momento. Con ello se consigue un menor consumo de combustible y una reducción de los contaminantes atmosféricos que salen por el tubo de escape. (p.33)

2.3.2. Relación estequiométrica

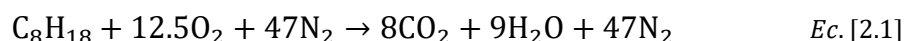
Es el número que expresa la cantidad, en masa o en volumen, de aire aspirado por un motor de combustión para una cantidad unitaria de combustible. Dicha relación es función del combustible, del tipo de motor, de su regulación y de la carburación. Según Cárdenas y Kaslin. (2006) nos dicen:

El valor ideal o teórico de tal relación es el correspondiente a la relación estequiométrica. Cuando se trata de gasolina comercial, dicha relación está comprendida entre 14,7 y 15,05 (es decir, unos 15 g de aire por cada gramo de gasolina). La relación de 15.05 resulta de la reacción química:

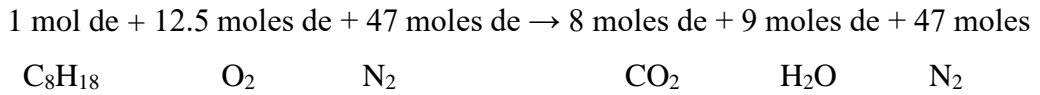


Tomando en cuenta que el aire seco se compone de un 78.1% de nitrógeno, un 20.9% de oxígeno, 0.9% de argón y pequeñas cantidades de dióxido de carbono, helio, neón e hidrógeno, y en los análisis de los procesos de combustión, el argón en el aire se trata como nitrógeno, en tanto los gases que existen en cantidades muy pequeñas se descartan. De modo que el aire seco puede considerarse aproximadamente como 79% de nitrógeno y 21% de oxígeno, la relación 3.76 resulta de dividir 79 para 21.

Para obtener una información correcta acerca de las cantidades de cada sustancia involucradas en la reacción, es necesario que la ecuación química esté balanceada correctamente:



Los coeficientes estequiométricos de la ecuación balanceada expresan la cantidad de moles de cada sustancia que intervienen en la reacción, Por tanto, en la Ec 2.1:



Si se expresa las cantidades dadas en gramos se obtiene:

$$1 (114\text{g}) + 12.5 (32\text{g}) + 47 (28\text{g}) = 8 (44\text{g}) + 9 (18\text{g}) + 47 (28\text{g})$$

1830g = 1830g Conservación de la masa

Observando la Ec 2.1, se concluye que la relación estequiométrica en la cual se combinan los reactivos es:

$$\frac{\text{moles Aire } O_2 + N_2}{\text{moles Combustible } C_3H_{18}} = \frac{1716}{114} = 15.05$$

Pero esto ocurre en condiciones teóricas o ideales, que no considera la mayor o menor rapidez con que se desarrolla efectivamente la combustión. (p.36)

2.3.3. Sistemas de inyección

El sistema de inyección de combustible en vehículos que usan gasolina busca alcanzar la mezcla ideal entre aire y gasolina. El propósito es lograr una combustión total en el cilindro. El suministro del combustible ha ido evolucionando desde el uso del carburador hasta la inyección electrónica moderna.

2.3.3.1. Inyección mecánica

Es un sistema que regula la entrega de combustible al colector de admisión o a los cilindros mediante sistemas mecánicos, como un plato sonda para el aire de admisión, la presión de la gasolina para controlar el caudal, entre otros (Figura 2.1). Cárdenas y Kaslin. (2006) afirman:

Los sistemas de inyección mecánica se caracterizan por la presencia de un conjunto distribuidor–dosificador encargado de determinar la cantidad de combustible que debe enviarse a los cilindros. El distribuidor – dosificador está comandado por un medidor de caudal de aire (plato sonda) cuya movilidad depende del aire aspirado.

Cuando el motor realiza el tiempo de admisión, se crea una depresión en el colector que mueve al medidor de aire. Éste a su vez, (mediante un sistema de palancas) desplaza una válvula dosificadora dispuesta en el conjunto distribuidor – dosificador, permitiendo el paso

de más o menos combustible hacia el inyector, en función del volumen de aire aspirado. El combustible que llega a presión al inyector provoca su apertura. (p.37)

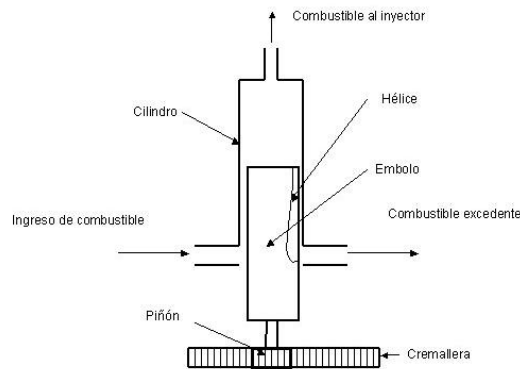


Figura 2.1. Inyección mecánica de combustible.

Aquino 2018.

En la actualidad la mayoría de vehículos poseen inyección electrónica dejando prácticamente obsoleta a la inyección mecánica en motores a gasolina, por otro lado, este tipo de inyección es más ocupado en vehículos pesados de inyección Diesel lo cual brindan un gran desempeño debido a las altas presiones de trabajo a las cuales son sometidas.

2.3.3.2. Inyección electrónica

La inyección electrónica radica en su mejor capacidad en respecto al carburador para dosificar la mezcla aire/combustible, es decir el factor lambda de tal modo que quede muy próxima a la estequiométrica, es decir factor lambda próximo a 1 lo que garantiza una muy buena combustión con reducción de los porcentajes de los gases tóxicos a la atmosfera. La relación estequiométrica es la proporción exacta de aire y combustible que garantiza una combustión completa de todo el combustible. En este caso el factor lambda es igual a 1.

Este sistema introduce combustible atomizado cerca de la válvula de admisión, eliminando los problemas de encendido en frio que tenían los motores con carburador (cuando un motor esta frio, necesita de una mezcla rica para iniciar su marcha). La inyección electrónica de combustible también se integra con mayor facilidad a los sistemas de control computarizado que un carburador mecánico. (Cárdenas, Kaslin, 2006, p.38)

2.3.3.2.1. Inyección electrónica monopunto

Este sistema apareció por la necesidad de abaratar los costes que suponía los sistemas de inyección multipunto en ese momento (principios de la década de los 90) y por la necesidad de eliminar el carburador en los coches utilitarios de bajo precio para poder cumplir con las

normas anticontaminación cada vez mas restrictivas. El sistema monopunto consiste en un solo inyector colocado antes de la mariposa de los gases, donde la gasolina se inyecta a una presión de 0.5 Bar. (Figura 2.2).

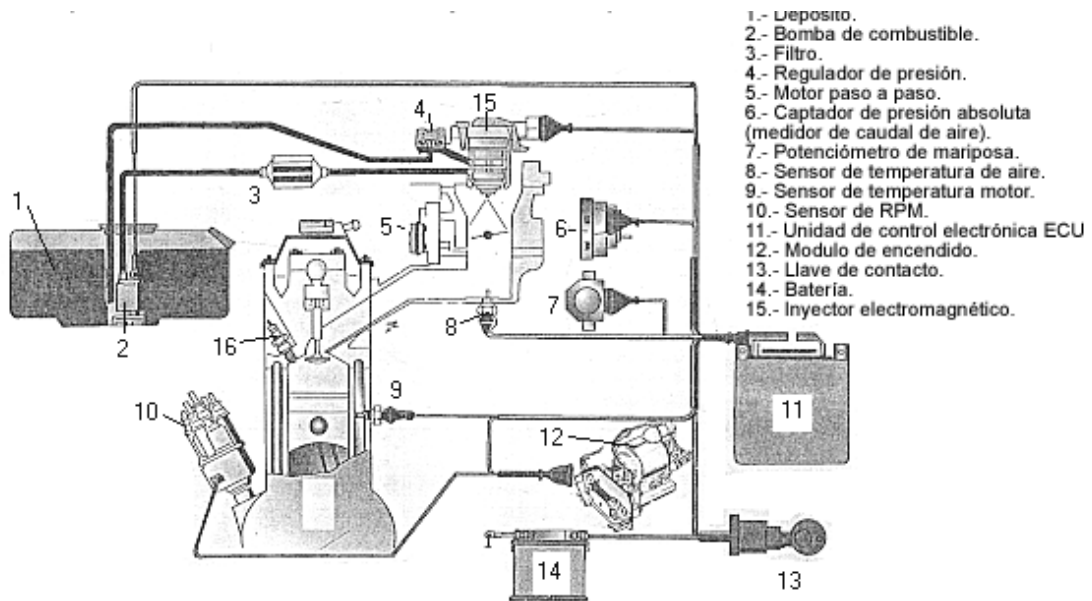


Figura 2.2. Esquema básico de un sistema de inyección monopunto.
 Megane 2014.

“Es un sistema relativamente sencillo y no causa muchos problemas, pero no tiene las ventajas que tiene un sistema multipunto” (Cárdenas, Kaslin, 2006, p.38).

2.3.3.2.2. Inyección electrónica multipunto

En la inyección multipunto tradicional, los inyectores siguen estando colocados en el colector de admisión, creando la mezcla de aire/combustible antes de entrar a la cámara de combustión. (Figura 2.3). Al poseer una distribución de un inyector por cada cilindro y el uso de un cuerpo de aceleración este permite un mejor control en la inyección permitiendo que esta sea lo más homogénea posible reduciendo así los gases contaminantes.

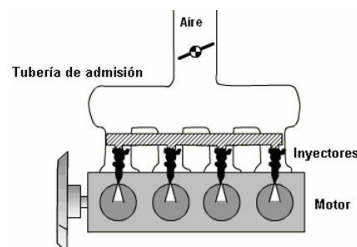


Figura 2.3. Sistema de inyección de combustible multipunto.
 Megane 2014.

2.3.4. Sistemas de encendido

El sistema de encendido tiene como objetivo combustionar la mezcla aire-combustible que se encuentra comprimido en la cámara de compresión por medio de un arco eléctrico generado por el electrodo de una bujía eléctrica la cual generara una expansión dentro de la cámara empujando el cilindro y produciendo así los ciclos del motor. Cárdenas y Kaslin. (2006) afirman:

En los motores que utilizan gasolina, la mezcla es inflamada por capas concéntricas, la combustión no es inmediata siendo necesario prever un cierto avance de encendido que tiene en cuenta la duración de la combustión. Provocando el encendido antes que el pistón alcance el punto muerto superior (PMS), la fuerza que la expansión de los gases ejerce sobre el pistón es máxima cuando este último ya ha pasado el PMS, consiguiendo así que el instante de máxima energía coincida con una posición de biela y codo del cigüeñal (90°) que permite sacar el máximo rendimiento mecánico de la combustión. (p.40)

2.3.4.1. Clasificación del sistema de encendido

Dentro de los sistemas de encendido existen una gran variedad de los cuales se clasifican en:

- Convencional
- Electrónico con distribuidor
- Bobina independiente
- DIS
- Descarga por condensador
- Electrónico integral

2.3.4.1.1. Sistemas de encendido electrónico

- **Electrónico con distribuidor**

El sistema convencional o electromecánico evoluciona y mejora su funcionamiento con la aplicación de un sistema electrónico con distribuidor. Según Cárdenas y Kaslin. (2006) dicen:

El encendido electrónico con distribuidor sustituye los platinos por un generador de pulsos y un módulo electrónico que determinan el momento de producción de la chispa y la envían al distribuidor y de éste a la bujía. Estos sistemas permiten producir mayores voltajes para generar la chispa en las bujías, éste puede ser de hasta 40000 voltios, además de que permiten tener mejor respuesta a altas revoluciones. Son mucho más confiables que los

sistemas de encendido convencional, ya que no requieren calibración ni mantenimiento periódico. (p.41)

Existen varios sistemas de encendido electrónico entre los cuales se tiene los siguientes:

Encendido electrónico por impulsos de inducción

En este sistema de encendido electrónico, el ruptor es sustituido por un generador de impulsos que basa su funcionamiento en un efecto físico que se presenta en algún semiconductor, y al mismo tiempo se le aplica una corriente entre sus extremos, se genera una tensión entre los electrodos dispuestos entre sus caras opuestas.

Encendido electrónico con generador hall

El funcionamiento del generador de impulsos de efecto Hall se basa en crear una barrera magnética para interrumpirla periódicamente, esto genera una señal eléctrica que fluctúa entre 0 y 12 voltios, enviándolo al computador o ECU que determina el punto de encendido.

2.3.4.1.2. Sistema de encendido dis

El sistema de encendido DIS es utilizado para los motores de ciclo Otto, tanto de dos como de cuatro tiempos en el que se prescinde del distribuidor, mediante conexión directa de la bobina a las bujías. (Figura 2.4)

Básicamente, este sistema se vale de un sensor de posición de cigüeñal. Este sensor lleva la señal al módulo de encendido, y este módulo recibe la señal y corta la corriente para que se genere la chispa. Esta función es rápida y repetitiva. (Cárdenas, Kaslin, 2006, p.42).

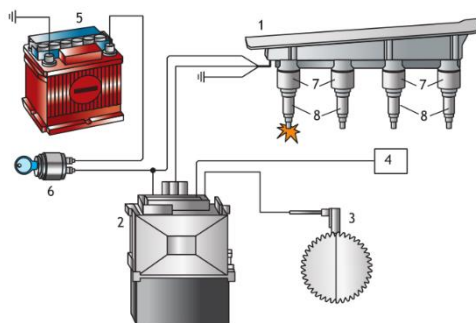


Figura 2.4. Sistema de encendido electrónico directo.

Autotecnica 2018

2.3.4.1.3. Bobina independiente

El sistema de encendido evoluciona y se descarta los cables de bujías y se coloca una bobina por cada cilindro. Cárdenas y Kaslin. (2006) afirman:

El sistema de encendido de bobina independiente tiene el mismo principio de funcionamiento del sistema DIS. Su principal característica es que tiene una bobina para cada bujía. Estas bobinas generan chispa, como respuesta a una señal que envía el sensor de posición del cigüeñal.

La polea del cigüeñal está diseñada con dientes y/o ventanas que indican exactamente el momento en que los cilindros alcanzan el punto muerto superior, Si estos sensores no funcionan correctamente la chispa de encendido se corta y por ende no habrá encendido. (p.43)

2.3.4.1.4. Encendido electrónico por descarga del condensador

Este sistema llamado también "encendido por tiristor" funciona de una manera distinta a todos los sistemas de encendido (encendido por bobina) tratados hasta aquí. Su funcionamiento se basa en cargar un condensador con energía eléctrica para luego descargarlo provocando en este momento la alta tensión que hace saltar la chispa en las bujías.

El encendido de alta tensión por descarga del condensador se aplica en la actualidad en todos aquellos casos en que plantean exigencias especiales en cuanto al régimen de giro del motor. Aquí la energía de encendido no se ve afectada de manera sensible con los regímenes altos de rotación del motor. (Cárdenas, Kaslin, 2006, p.43).

2.3.4.1.5. Encendido eléctrico integral

Una vez más el distribuidor evoluciona a la vez que se perfecciona el sistema de encendido, esta vez desaparecen los elementos de corrección del avance del punto de encendido ("regulador centrífugo" y "regulador de vacío") y también el generador de impulsos, a los que se sustituye por componentes electrónicos. Según Cárdenas y Kaslin. (2006) dicen:

Un calculador electrónico recoge información de régimen y carga del motor de combustión y genera el correspondiente avance al encendido que, en cualquier caso, será el más adecuado. Este mismo calculador trata igualmente las señales de mando para cortar o dar paso a la corriente primaria en la bobina de encendido, determinando el instante en que

debe saltar la chispa en la bujía que corresponda, a la que se hace llegar por medio de un distribuidor convencional. (p.44)

2.3.5. Dispositivos del sistema de alimentación de combustible

2.3.5.1. Bomba eléctrica de combustible

La bomba eléctrica de combustible suministra al motor el combustible suficiente y en la presión adecuada para una óptima inyección en todas las condiciones de funcionamiento. (Figura 2.5) Según Piñaloza y Maiquiza. (2011) nos dicen:

La bomba de gasolina puede ser afectada por el uso de gasolina contaminada por partículas extrañas u óxido. Sin embargo, la falla más común de una bomba de gasolina es por falta de mantenimiento. Así pues, al no cambiar un filtro de combustible que se encuentre obstruido, dará como resultado que no haya un flujo adecuado del combustible hacia los inyectores, en este caso, la bomba trabajará al máximo causando un recalentamiento en los componentes y daño prematuro de la misma.

Desde hace muchos años atrás, se utilizan bombas mecánicas de diafragma, pero últimamente los fabricantes de motores las están sustituyendo por bombas eléctricas que van instaladas dentro del propio tanque de la gasolina.

La bomba funciona cuando se activa la llave de encendido, la gasolina es impulsada desde el tanque y pasa por un acumulador (Dumper) y luego por un filtro, hasta llegar al riel de inyectores, da la vuelta y retorna hacia el tanque de gasolina, pero antes tiene que someterse al regulador de presión, el cual mantiene la presión en el sistema, y el excedente continúa su recorrido hacia el tanque.

En conclusión, para que una bomba funcione correctamente y tenga una larga vida útil, se recomienda tener siempre gasolina dentro del tanque, lo cual evitará que se funda la misma y que no se presente ningún otro tipo de inconveniente. (p.13)

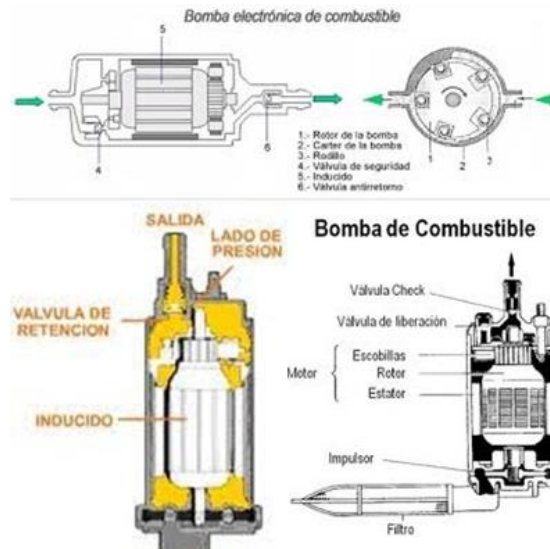


Figura 2.5. Esquema de bomba de combustible lineal y sumergible.
Mecanicafacil 2018.

2.3.5.2. Prefiltro

Su función es retener las impurezas contenidas en el combustible, protegiendo los componentes internos de la bomba (Figura 2.6). Piñaloza y Maiquiza. (2011) afirman:

La durabilidad de la bomba depende del pre filtro. Se recomienda cambiarlo a cada 30.000 km (mínimo) y siempre que se cambie la bomba, no reemplazarlo significa:

- Riesgo de quemar la bomba.
- Disminución del volumen de combustible, afectando el rendimiento del motor.

Siempre que reemplace su bomba de combustible, cambie el pre-filtro y limpie su tanque, esto evitará que su bomba falle nuevamente por los efectos de la suciedad. (p.15)



Figura 2.6. Prefiltro de combustible.

Bosch 2012.

2.3.5.3. Depósito de combustible

Es un contenedor o recipiente creado con materiales resistentes muy seguros para almacenar en su interior gasolina o diésel los cuales como ya sabemos son líquidos inflamables, y el mismo forma parte del sistema del motor. Estos depósitos de combustibles son presentados

en varias formas y en variados tamaños dependiendo de la marca automotriz y sus modelos. (Figura 2.7). Según Piñaloza y Maiquiza. (2011) dicen:

Un sensor medidor de combustible o dispositivo similar sirve para indicar la cantidad de combustible remanente y es instalado en el tanque. Placas divisoras también son instaladas en el tanque a fin de prevenir que el combustible produzca oleaje hacia atrás o hacia adelante cuando el vehículo se detiene o acelera repentinamente. (p.16)

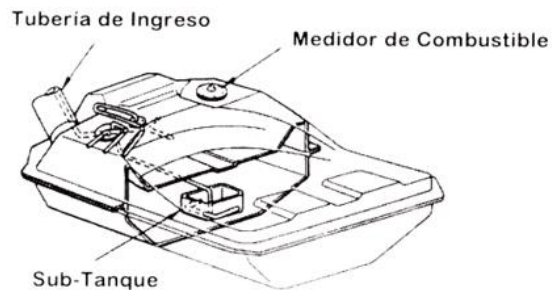


Figura 2.7. Tanque de combustible.

Blogger 2012.

2.3.5.4. Tuberías de alimentación de combustible

Son las tuberías por donde circula el combustible en todo el circuito conocidas también como líneas de combustible. Piñaloza y Maiquiza. (2011) afirman:

Cada cañería metálica o manguera de combustible se identifica por una franja de color rojo, la cual está puesto alrededor de cada extremo. Las tuberías son de metal o manguera flexible; las primeras de aleación compuesta de aluminio, mientras que las otras se fabrican de caucho sintético y de tejido. El grosor de las cañerías o mangueras depende del régimen de consumo del motor. (p.17)

2.3.5.5. Riel de inyectores

El riel de combustible suministra combustible, ya sea Gasolina o Diesel, a los inyectores del motor. (Figura 2.8). Piñaloza y Maiquiza. (2011) afirman:

La misión del riel es almacenar combustible a alta presión, está construido de acero forjado para soportar las altas presiones a las que se ve sometido. El volumen de combustible que entra en un riel depende de la cilindrada del motor que va alimentar. (p.17)

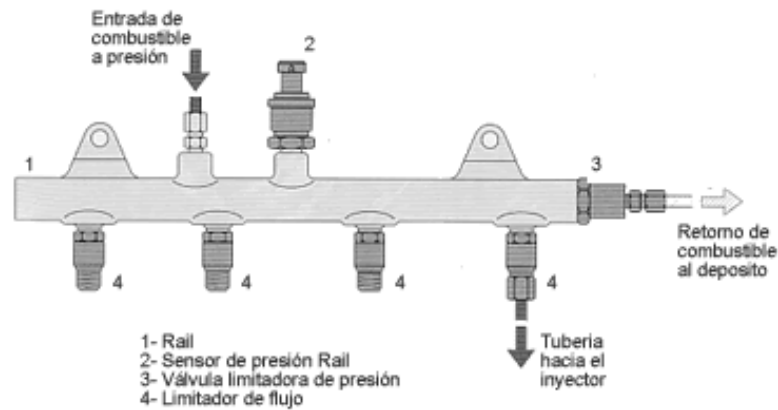


Figura 2.8. Riel o acumulador de presión.

Megane 2014.

2.3.5.6. Inyector de combustible

Un inyector es un elemento del sistema de inyección de combustible cuya función es introducir una determinada cantidad de combustible en la cámara de combustión en forma pulverizada, distribuyéndolo lo más homogéneamente posible dentro del aire contenido en la cámara. (Figura 2.9).

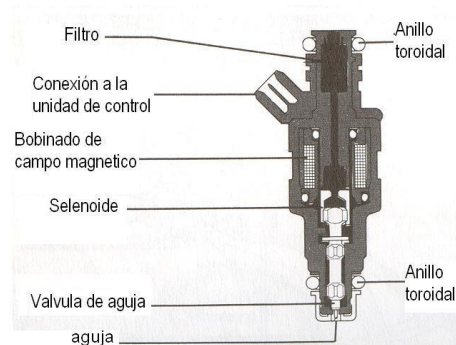


Figura 2.9. Estructura del inyector de combustible.

Full mecánica 2014.

2.3.6. Filtración

El concepto suele referirse al material poroso que permite el tránsito de un líquido, pero bloquea a las partículas que el fluido lleva en suspensión. Cedillo y Jaramillo. (2014) afirman:

Debido a los diversos contaminantes que están presentes en el aceite lubricante, aire y combustible del motor de combustión interna se vuelve imprescindible la necesidad de filtración de los mismos, entonces puede decirse que la finalidad de los filtros es la de retener

la mayor cantidad de partículas abrasivas y contaminantes de un determinado tamaño que se encuentran contenidas en dichos fluidos, las que podrán ocasionar averías, mal funcionamiento desgaste excesivo de los elementos del motor. (p.14)

2.3.6.1. Criterios de diseño de filtración

Uno de los criterios más importantes que se deben tener en cuenta al momento de diseñar un elemento filtrante es el uso que se le va a dar al mismo y a los esfuerzos a los que va ser sometido. Cedillo y Jaramillo. (2014) Afirman:

El criterio más importante para el diseño de un filtro son las exigencias respecto a su función:

- Exigencias de filtrado más fino como consecuencia de la disminución de las holguras de los elementos (cojinetes), mayores rangos de funcionamiento de los motores y elevados rendimientos.
- Tendencia a aumentar los intervalos de mantenimiento, lo que conlleva a periodos de servicio del filtro más largos.
- Exigencias mayores en cuanto a accesibilidad de los filtros y a su mantenimiento.
- El paso de fluido o gas que el filtro es capaz de admitir sin provocar una apreciable caída de presión.
- El colmatado que representa el tiempo que tarda en obstruirse o dejar de filtrar. (p.14)

Otro criterio de diseño que se debe considerar es la capacidad de retención de sedimentos sólidos en el dispositivo filtrante independientemente del tamaño de estas impurezas. Según Cedillo y Jaramillo. (2014) nos dicen:

Para determinados casos (practica) donde es indispensable conocer el tamaño de las partículas se habla del rendimiento fraccional que nos permite catalogar a las partículas dentro de un margen de tamaños en función de su diámetro medido en micras (μm). (p.15)

2.3.7. Normativas

Existen normas de regulación internacional (ISO) que establecen parámetros de diseño, construcción, calidad, eficiencia y en este caso de filtración a los cuales deberán someterse los filtros para que estos puedan ser comercializados y usados.

- ISO 2941: Elementos filtrantes. “verificación del índice de presión de colapso/ruptura.”

- ISO 2943: Elementos filtrantes. “verificación de la compatibilidad del material con los fluidos.”
- ISO 3724: Elementos filtrantes. “determinación de la resistencia a la fatiga del caudal utilizando un contaminante formado por partículas.”
- ISO 3968: Filtros. “evaluación de la presión diferencial frente a las características del caudal.”
- ISO 10949: “Directrices para conseguir y controlar la limpieza de componentes que van de la fabricación a la instalación.”
- ISO 11170: Elementos filtrantes. “secuencia de pruebas para verificar las características de rendimiento.”
- ISO 16889: Elementos filtrantes. “método de evaluación por recirculación del rendimiento de filtrado de un elemento filtrante.”
- ISO 23181: Elementos filtrantes. “determinación de la resistencia a la fatiga del caudal utilizando fluidos de alta viscosidad.”
- SAE ARP4205: Elementos filtrantes. “método o para evaluar la eficiencia dinámica común caudal ciclo.”
- ISO 9001: Certificación. “Gestión y control de calidad.”
- ISO/TS 16949: Calidad. “Sistema de control de calidad en el sector automotriz.”
- ISO 4021: Potencia de fluido hidráulico. “Análisis de contaminación de partículas y extracción de muestras de fluido de líneas de un sistema operativo.”
- ISO-IEC 17025: “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.”
- ISO 19438: Filtros de combustible Diesel y Gasolina para motores de combustión interna. “Eficiencia de filtración mediante conteo de partículas y la capacidad de retención de contaminantes.”

2.3.8. Filtros

En el mercado existen una gran variedad de dispositivos filtrantes los cuales están diseñados para la retención de sedimentos sólidos de los diferentes sistemas que conforman el cuerpo automotor, los cuales a su vez se subdividen en diferentes tipos de acuerdo al diseño y modelo del vehículo tanto de procedencia original como alterna.

2.3.8.1 Filtro de Aceite

El filtro de aceite proporciona una depuración continua del aceite, atrapando las partículas abrasivas resultantes del desgaste normal, así como también el polvo y los residuos de la combustión. (Figura 2.10). Cedillo y Jaramillo. (2014) afirman:

El sistema de lubricación es sujeto a grandes requerimientos y como consecuencia se produce la contaminación del aceite, estos contaminantes provienen de residuos de la combustión (carbonilla), partículas metálicas (desgaste) y otras impurezas que ingresan por el Carter (polvo). Las más pesadas se depositan en el fondo del depósito mientras que las más livianas se encuentran suspendidas en el aceite y estas son arrastradas al circuito de la lubricación desgastando los elementos y acumulándose en las canalizaciones obstruyendo el paso del lubricante. Para evitar esto se interpuso un elemento capaz de retener la mayoría de los contaminantes este elemento es el filtro de aceite (p.16)



Figura 2.10. Estructura del filtro de aceite.

Ramos 2016.

En el proceso de filtración un punto importante a tomar en cuenta es la capacidad de filtración que puede poseer un filtro ya que la acumulación de sedimento puede superar la capacidad del papel filtrante. “Al acumularse estas partículas dificultara el paso del aceite a través del material poroso del filtro llegando a la colmatación.” (Cedillo, Jaramillo, 2014, p.16).

2.3.8.2.1.1. Factores de colmatación en el filtro de aceite

- Polvo atmosférico e impurezas que pueden ingresar por la admisión, respiraderos, varilla de nivel, juntas mal selladas por una manipulación incorrecta del aceite durante el proceso de cambio.
- Agua como consecuencia de la condensación de vapores dentro del motor, respiración del cárter o fugas de refrigeración.

- Abrasivos usados para la fabricación o limpieza del motor.
- Productos de la combustión que pasan al aceite.
- La dilución del aceite causada por el combustible.
- Elementos procedentes del desgaste del motor como: hierro, cobre, plomo, etc.

“El tamaño de los poros es un factor determinante para obtener una buena filtración sin embargo un material filtrante demasiado eficaz puede retener aditivos esenciales del lubricante, comprometiendo su función.” (Cedillo, Jaramillo, 2014, p.16).

2.3.8.1.2. Características mecánicas del filtro de aceite

Las características mecánicas del filtro van a depender de los factores a los cuales se someterá a dicho elemento filtrante dentro los cuales existen:

- La naturaleza del líquido a filtrar y sus condiciones (temperatura, presión, densidad y viscosidad).
- Naturaleza de impurezas a retener (química, granulometría, carga eléctrica, concentración).
- Límite inferior del diámetro de las partículas a retener.
- Perdida de carga admisible para el conjunto del filtro
- Imperativos físicos y químicos de la filtración, relacionado fundamentalmente con la conservación de aditivos y detergentes utilizados en el lubricante.

2.3.8.1.3. Partes del filtro de aceite

Se describirá los componentes principales del cual está conformado el filtro de aceite en este caso el monoblock al ser el más estándar y convencional utilizado en el campo automotriz.

- **Elemento filtrante**

Es la parte fundamental del filtro, ya que es por donde pasa el aceite del motor y las impurezas se quedan atrapados en él. Suele estar fabricado en celulosa y fibras sintéticas, y al igual que sucede con la mayoría de los filtros están tratados con resinas fenólicas para soportes las altas temperaturas y tracciones a las que están sometidos.

- **Carcasa**

Es donde se aloja el elemento filtrante, suelen estar fabricadas en acero para soportar cualquier tipo de presión, temperatura y otras fuerzas de desgaste.

- **Tubo central**

Al tubo central va a parar el aceite limpio que ya ha sido filtrado a través del elemento filtrante y del tubo filtrante el lubricante pasa directamente al motor.

- **Juntas de sellado especial**

Garantizan la estanqueidad para que no se salga el aceite ni entren impurezas del exterior durante toda vida útil del filtro.

- **Válvula de seguridad (bypass)**

Para que el aceite siga fluyendo hacia el motor esta válvula se abre siempre que detecta una presión determinada lo cual indicaría que el filtro esta taponando, al abrirse deja pasar el aceite sin filtrar, permitiendo la recirculación del aceite en el sistema.

- **Válvula anti drenaje (anti retorno)**

Esta válvula evita que vuelva el aceite al cárter cuando el motor está apagado, manteniendo el aceite dentro del filtro y en una parte del circuito de lubricación del coche, de forma que garantiza un aumento de presión y lubricación inmediata cuando se enciende el motor.

2.3.8.1.4. Tipos de filtro de aceite

- **Con cartucho recambiable**

Este tipo de filtros tienen un cartucho filtrante que es la pieza que se debe sustituir a la vez que se realiza el cambio de aceite. La carcasa como tal debe limpiarse y volver a colocarse como estaba. (Figura 2.11).



Figura 2.11. Filtro de aceite con cartucho recambiable.

Autofit 2014.

- **Monoblock**

Estos filtros se caracterizan por tener una válvula de paso tarada a una determinada presión. Cuando la presión de aceite supera un valor preestablecido, la válvula se abre dejando retornar el aceite hacia el retorno. (Figura 2.12). Cedillo y Jaramillo. (2014) afirman:

Este filtro va roscado al bloque motor por medio de la tapa de la carcasa que posee los conductos de entrada y salida del aceite, entre la tapa del filtro y el bloque motor se interpone el anillo de caucho el cual brinda una hermeticidad optima del acople, este anillo de caucho debe ser impregnado en aceite antes del montaje para evitar daños sobre el mismo. (p.18).

- **Centrífugo**

Este tipo de filtros son utilizados en camiones pesados, motores estacionarios entre otros, pero su rendimiento es más efectivo debido al proceso de filtración que ofrece. (Figura 2.12). Según Cedillo y Jaramillo. (2014) nos dicen:

En este tipo de filtro la separación de impurezas (filtración) la consigue por medio de la fuerza centrífuga. El aceite ingresa a presión desde la bomba y pasa al tubo central colocado verticalmente de donde sale por dos toberas hacia la cámara que no es mas que un tambor cerrado herméticamente el cual rota unas 6000 a 8000 rpm, produciendo una fuerza gravitatoria 200 veces superior a la fuerza de la gravedad que lanza a las partículas contra las paredes del filtro y las recoge en el platillo del rotor formando una arcilla que se puede eliminar a intervalos de servicio regular, finalmente el lubricante sale hacia el circuito de lubricación. (p.19)

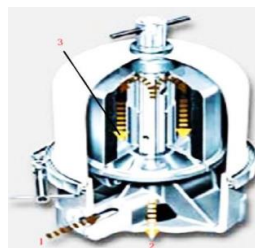


Figura 2.12. Filtro de aceite centrífugo.

Máquinas de barcos 2011.

2.3.8.2.Filtro de aire

El filtro de aire está diseñado para la retención de residuos sólidos contenidos en el aire exterior el cual es aspirado por el motor. En función de su capacidad, un motor a plena carga puede aspirar de 200 a 500m³ de aire por hora. Este aire contiene una cantidad muy variable

de impurezas, dependiendo del lugar geográfico, de las condiciones climáticas, de la superficie de la carretera, etc. Si este aire no se filtra el motor podría desgastarse prematuramente. (Figura 2.13). Según Tormos. (2011) nos dice:

El silicio en la naturaleza no se encuentra en estado puro sino que este se combina con el oxígeno formando el silicio(SiO_2), el cual podemos encontrarlo de forma libre en: cuarzo, polvo, etc. como referencia se puede decir que aproximadamente el 70 % del polvo es silicio. (p.21)



Figura 2.13. Filtro de aire.

Kia 2014.

La vida útil de los filtros variara de acuerdo al ámbito al que este sea sometido. Un filtro en buenas condiciones es capaz de retener un 99% del polvo y el otro 1% ingresa al motor, estas partículas tienen un tamaño aproximado de $10 \mu\text{m}$. (Tormos, 2011, p.23).

2.3.8.2.1. Partes del filtro de aire

Para que el filtro logre bloquear el máximo de contaminantes posibles (polvo, humedad, insectos, etc.) y no entren al circuito de admisión a la vez que deja pasar la mayor cantidad de aire es necesario el correcto funcionamiento de las partes que lo componen. (Figura 2.14).

- **Prefiltro**

Es el primer interceptor en el cuerpo del filtro que se encarga de retener las impurezas más grandes que se mantienen en el flujo de aire de admisión.

- **Medio filtrante**

Es la parte principal del filtro al ser un papel de microfibras con impregnación de resina sintética la cual realiza la captura, intercepción y difusión de las partículas contaminantes de 0.2 a 2μ .

- **Junta de poliuretano**

Es un borde sellante de un compuesto de plástico especial el cual sostiene a toda la estructura del filtro.

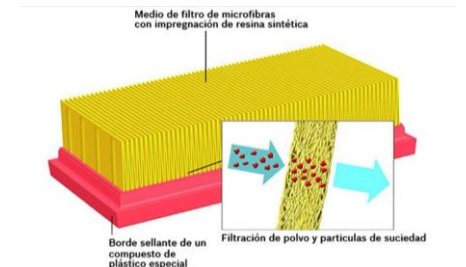


Figura 2.14. Partes del filtro de aire.

FierrosClasicos 2015.

2.3.8.2.2. Factores de colmatación en el filtro de aire

- Polvo atmosférico e impurezas que pueden ingresar por la admisión, respiraderos, varilla de nivel, juntas mal selladas o por una manipulación incorrecta durante el proceso de cambio.
- Abrasivos usados para la fabricación o limpieza del motor.
- Residuos contaminantes dentro del colector del filtro de aire.

2.3.8.2.3. Características mecánicas del filtro de aire

Evidentemente las características que debe tener un buen filtro de aire no lo podemos valorar a simple vista, no obstante, estos poseen características que aseguran el buen funcionamiento del motor como lo son:

- **Micronaje adecuado**

La clasificación en micrones se utiliza para indicar la capacidad de un filtro para extraer contaminantes según el tamaño de las partículas.

- **Resistencia mecánica**

La resistencia mecánica de los filtros es fundamental ya que están sometidos a presiones de trabajo que les permiten trabajar sin romperse, como por ejemplo a la resistencia de la constante variabilidad de aire aspirado.

- **Punto de inflamación**

Esta característica es importante para vehículos de altas cilindradas y que los motores se someten a altas revoluciones y por lo tanto emiten mucha temperatura que podría incinerar el filtro, por lo que será importante ver a partir de que temperatura se inflaman.

- **Área de filtrado**

Hace referencia a cuanta superficie del filtro dispone de media filtrante, en los filtros de celulosa esta superficie puede ir plegada (como un zigzag) o en espiral.

- **Garantía de estanqueidad**

Deben asegurar que permanecen estancos y no se deformen las juntas que permitan la entrada de aire.

- **Amortiguación del sonido**

Su función es minimizar el impacto sonoro a su paso y garantizan confort a los pasajeros al momento del ingreso del aire al motor.

2.3.8.2.4. Tipos de filtro de aire

Los filtros para motores determinados, están diseñados para adaptarse a su necesidad de aire. Generalmente, cuando mayor sea la necesidad de aire más grande deberá ser el filtro debido a eso existen diferentes tipos de filtros como lo son:

- **Filtro para aire tipo seco**

Este dispositivo filtrante consta de un medio filtrante de papel plegado. (Figura 2.15). Según Fierros. (2015) nos dice:

Al poseer un tamiz exterior confeccionado en metal desplegado que protege el medio filtrante de papel y lo mantiene en su lugar. Un tamiz interior que respalda al papel filtrante, haciéndole de soporte cuando el flujo de aire tiene a desplazarlo. Además, cumple con la función de para llama por si se produce una contra explosión en el motor. proveerá más de un 99.8% de eficiencia en la retención de los contaminantes. (p.5)



Figura 2.15. Filtro de aire tipo seco.

FierrosClasicos 2015.

- **Filtro para aire tipo panel**

Con el fin de disminuir ruidos aumentando de esta forma el confort de los tripulantes del vehículo, más la mejor relación superficie filtrante versus volumen total ocupado, definieron nítidamente la tendencia a favor de este tipo de filtros. (Figura 2.16). Fierros. (2015) afirma:

Una importante característica de estos filtros es la de ser parcialmente auto limpiantes. Como su disposición en la carcasa es paralela al piso, con la cara de ingreso del aire mirando hacia abajo, la propia vibración del motor al detenerse hace que las partículas más pesadas que quedaron adheridas al filtro caigan por gravedad al fondo de la carcasa. (p.5)



Figura 2.16. Filtro para aire tipo panel.

FierrosClasicos 2015.

- **Filtro de aire tipo panel con prefiltro**

Como el nombre lo indica, este tipo de filtro combina dos elementos, el elemento principal y un prefiltro, para proveer una protección extra y una vida útil más prolongada. (Figura 2.17). Según Fierros. (2015) nos dice:

Este medio filtrante es una mezcla de fibras sintéticas resistentes, diseñadas para eliminar los contaminantes finos del aire antes de que pasen a través del filtro interior. Al retener aproximadamente el 90% del polvo y la suciedad del aire, el filtro exterior actúa como un predepurador para prolongar la vida útil del filtro interior y mejorar su eficiencia. Un filtro principal de papel plegado que elimina las partículas grandes de suciedad restantes, provenientes del aire, antes de que pasen al motor. Este medio de papel es idéntico al del

filtro ya descrito. Juntos, los elementos del filtro exterior e interior proveen un porcentaje de eficiencia del 99.9% en la retención de los contaminantes. Por lo tanto, menos partículas de suciedad penetran en el motor asegurando una mayor protección. (p.7)

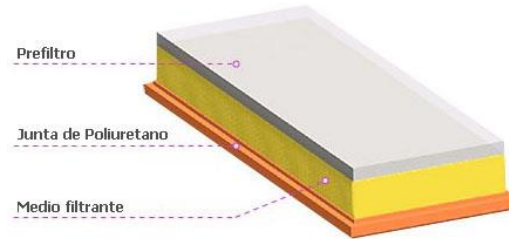


Figura 2.17. Filtro para aire tipo panel con prefiltro.
FierrosClasicos 2015.

2.3.8.3. Filtro de combustible

El filtro de combustible es un elemento filtrante adecuado para retener las impurezas eventuales presentes en el combustible evitando así la obstrucción en los surtidores del carburador o los inyectores. (Figura 2.18). Según Piñalozza y Maiquiza. (2011) nos dicen:

Actualmente se usa en los vehículos modernos un filtro de cubierta metálica esto es porque en los automóviles antiguos se tenía una presión en el sistema de alimentación de entre 7 u 8 libras de presión y se le considera sistema de baja presión, para este sistema se utiliza un filtro de cubierta de plástico pero en un vehículo moderno que utiliza una presión en el sistema de alimentación de combustible de entre 15 y 100 PSI el filtro de plástico es insuficiente ya que no resistiría la presión por ello se utiliza actualmente los filtros metálicos. Los filtros de gasolina pueden retener impurezas que tengan un tamaño mayor a las 10 micras, el tiempo en que hay que cambiar un filtro de gasolina puede ser a los 6 meses o cada 10.000 KM. (p.16)



Figura 2.18. Filtros de combustible.
Fram 2013.

2.3.8.3.1. Factores de colmatación en el filtro de combustible

- Hurrumbe, sustancias minerales y productos diversos de oxidación.
- Agua como consecuencia de la condensación de vapores dentro del tanque, filtro.
- Abrasivos usados para la fabricación o limpieza del tanque.
- Productos, aditivos para el combustible.
- Elementos procedentes del desgaste del motor como: hierro, cobre, plomo, etc.

La capacidad filtrante dependerá del tipo de filtro y características del motor es decir a especificaciones según el fabricante en la actualidad se disponen ya de sistemas de filtración de dos filtros un primario posterior al tanque y un secundario antes del ingreso al riel. “El primario es capaz de retener partículas de alrededor de las 30 μm y el secundario es capaz de retener partículas del orden de las 10 a 12 μm ” (Cedillo, Jaramillo, 2014, p.26).

2.3.8.3.2. Características mecánicas del filtro de combustible

Las características mecánicas del filtro van a depender de los factores a los cuales se someterá a dicho elemento filtrante dentro los cuales existen:

- La naturaleza del líquido a filtrar y sus condiciones (temperatura, presión, densidad y viscosidad).
- Naturaleza de impurezas a retener (química, granulometría, carga eléctrica, concentración).
- Límite inferior del diámetro de las partículas a retener.
- Pérdida de carga admisible para el conjunto del filtro
- Imperativos físicos y químicos de la filtración, relacionado fundamentalmente con la conservación de aditivos en el combustible.

2.3.8.3.3. Partes del filtro de combustible

El filtro está conformado por partes específicamente diseñadas para conseguir una eficiencia de filtrado en el sistema, estas partes son:

- **Carcasa**

Las carcasas de los filtros están diseñadas de acuerdo a la presión que van hacer sometidos a baja presión las carcasas son de plástico, pero al ser sistemas con una presión alta se utilizan carcasas de metal.

- **Elemento filtrante**

El elemento filtrante es el alma del filtro, se encuentra en el interior de la carcasa y se puede encontrar de dos formas doblada en forma de estrella o en espiral, este elemento es el encargado de retener los sedimentos sólidos que existen en el flujo de combustible.

- **Ductos de entrada y salida**

Dependiendo el filtro estos pueden ser unidireccionales o multidireccionales los cuales nos indicaran la entrada y salida del combustible, dependiendo del filtro estos poseen conexiones del tipo tubo con abrazadera, conector de ajuste rápido o del tipo tornillo.

2.3.8.3.4. Tipos de filtro de combustible

Dentro del sistema de combustible son tres los tipos de filtros de combustible que se emplean.

- **Filtros de combustible para vehículos carburados**

Este tipo de filtros es uno de los primeros implementados en los sistemas a carburador. (Figura 2.19). Según Bosch (2011) nos dice:

En muchos casos son instalados antes de la bomba de combustible y en otros entre la bomba y el carburador. Evitan que las impurezas del combustible obstruyan los orificios del carburador, lo que provocaría dificultades en arrancar el motor y molestando la conducción del vehículo. (p.6)

Beneficios

1. Uso universal en los vehículos carburados.
2. Carcasa semitransparente en poliamida.
3. Optimización del papel filtrante: mayor eficiencia de filtración y vida útil.



Figura 2.19. Filtros de combustible para vehículos carburados.

Bosch 2011.

- **Filtro de combustible jetronic**

Progresivamente se diseñan filtros unidireccionales y con carcasas resistentes para soportar las presiones altas de trabajo. (Figura 2.20). Según Bosch (2011) nos dice:

Los filtros de combustible Jetronic eliminan incluso micro impurezas, asegurando el funcionamiento correcto y mayor vida útil al sistema. Para su reemplazo se debe contar con los servicios de talleres especializados, pues en general están localizados abajo del vehículo o internamente en el guardabarros, y en algunos casos se mantienen presurizados, lo que requiere un profesional capacitado para hacer el cambio. (p.6)

Beneficios

1. Alto grado de separación de impurezas.
2. Alta capacidad de absorción de partículas.
3. Protección de los componentes evitando desgaste prematuro.



Figura 2.20. Filtros de combustible jetronic.

Bosch 2011.

- **Filtro de combustible Diesel**

Este tipo de filtro están diseñados para trabajar a un régimen de alta presión por lo cual son diseñados estructuralmente más grandes y resistentes. (Figura 2.21). “Los filtros Diesel se utilizan tanto para eliminación de impurezas como para separación del agua existente en el combustible Diesel. Los filtros Bosch cumplen estas dos funciones con la más alta eficiencia y calidad.” (Bosch, 2011, p.7).

Beneficios

1. Integración entre separación de agua, calentamiento y enfriamiento del combustible en un único módulo.
2. Material filtrante especial con alta capacidad de acumulación y separación de partículas más pequeñas.

3. Separación fiable del agua y del combustible para prevenir daños causados por corrosión.
4. Mantiene la estabilidad de filtración incluso con las altísimas presiones de inyección.



Figura 2.21. Filtros de combustible diesel.

Bosch 2011.

2.3.8.3.5. Tipos de filtro de combustible según su material y acople

Dependiendo a la presión y al diseño del vehículo el filtro poseerá diferentes características en su material de construcción y forma de acoplarse al sistema. (Figuras 2.22, 2.23, 2.24).



Figura 2.22. Filtros de combustible plástico.

Bosch 2011.



Figura 2.23. Filtros de combustible de aluminio.
Bosch 2011.



Figura 2.24. Filtros de combustible de aluminio.
Bosch 2011.

2.3.8.3.6. Tipos de elemento filtrante

La forma del elemento filtrante permite una mejor retención de sedimentos solidos además de una mejor línea de flujo dentro del sistema evitando posibles cavitaciones. (Figura 2.25).



Figura 2.25. Elementos filtrantes del tipo estrella y espiral.
Bosch 2011.

2.3.8.3.7. Materiales

Los materiales que se deben usar para la elaboración del elemento filtrante deben ser capaces de retener en su mayoría el nivel de sedimento solido que lleva el flujo de combustible. (Figura 2.26). “Los materiales que brindan una excelente filtración son del tipo Celulosa, Fibra Sintética, Resina (impregnada para conservar las propiedades del elemento filtrante).” (Bosch, 2011, p.7).

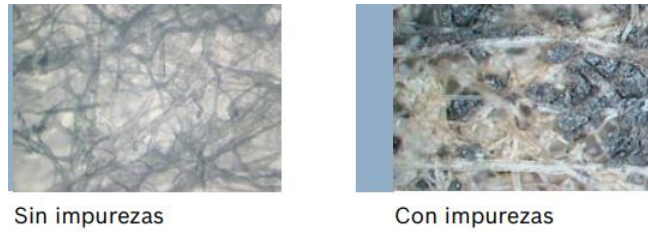


Figura 2.26. Elemento filtrante con y sin impurezas.
Bosch 2011.

2.3.8.3.8. Eliminación de impurezas

Dependiendo de la impureza e indistintamente del origen de la misma, sin un buen elemento filtrante estos podrían ocasionar daños al sistema de alimentación y posteriormente al motor. (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Eliminación de Impurezas.

Tipo de impurezas	Impurezas	Origen	Daños
Partículas pesadas	Materiales minerales (arena)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Polvo en la atmósfera ▶ Suciedad en el depósito ▶ Tubos de conducción 	Desgaste
	Óxido	Oxidación del tanque de combustible	
	Abrasión mecánica	Desgaste propio del sistema	
Partículas livianas	Fibras	Ambiente	Obstrucción de los orificios pequeños
	Partículas plásticas	Fragmentos de piezas del sistema	
Micropartículas		Mangueras de suministro de combustible	Obstrucción del filtro (ellos son depositados en los componentes del sistema de inyección)

(Bosch, 2011)

2.3.8.3.9. Consecuencias

Un mal sistema de filtrado permitiría el paso de impurezas al sistema de alimentación afectando principalmente a los inyectores que son los encargados de dosificar el combustible dentro de la cámara de compresión. (Figura 2.27).



Figura 2.27. Daños ocasionados por una mala filtración.

Bosch 2011.

2.3.8.3.10. Eficiencia de filtración según el material del elemento filtrante

El elemento filtrante como ya se había mencionado es el encargado de la retención de impurezas en el sistema al que se haya adecuado, pero esto dependerá también del material del cual este fabricado ya que eso nos garantizara distintos niveles de eficiencia. (Figura 2.28). Según Tormos. (2011) nos dice:

Una muestra del grado de retención de partículas contaminantes de diferentes tipos de papel filtrante después de un solo paso por el filtro, es evidente la diferencia de eficiencia que poseen estos elementos filtrantes al momento de retener partículas de un determinado tamaño, tanto así que el papel filtrante A tiene una eficiencia aproximada del 30 % para retener partículas de alrededor de 10 μm y para partículas superiores a las 30 μm posee una eficiencia aproximada del 99%. (p.18)

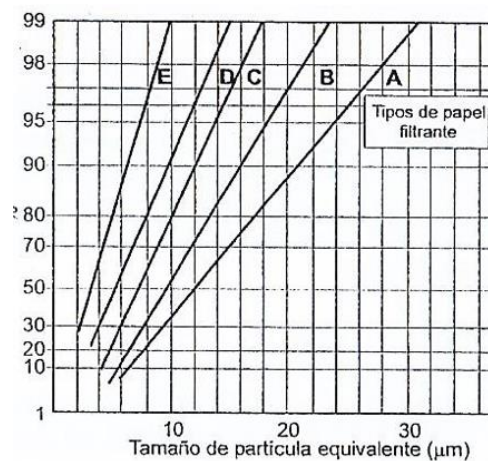


Figura 2.28. Grado de retención con la utilización de diversos tipos de papeles filtrantes después de un solo paso con el filtro.

Bosch 2011.

2.4. Combustible

El combustible es un material de origen mineral o vegetal capaz de arder en contacto con el aire, oxígeno o una mezcla gaseosa que contenga oxígeno, produciendo una cantidad de calor utilizable, es material capaz de desprender energía por fisión o fusión nuclear; el combustible más conocido desde la antigüedad es la madera; los combustibles minerales como el petróleo se originan de la transformación lenta de la materia orgánica en el interior de la tierra, entre los combustibles líquidos más importantes se encuentran el gasoil, el petróleo, la gasolina y el alcohol y los combustibles gaseosos más extendidos son el gas ciudad, los gases licuados del petróleo y el gas natural. (GeoPlaneta E. , Tomo 3, 1984).

2.5. Viscosidad

Es una característica importante de los aceites minerales debido a que refleja la facilidad con la que estos pueden fluir y ser bombeados; por lo que en la industria del petróleo se usan numerosos aparatos y métodos para medir el grado de viscosidad; dichos métodos comparan el tiempo que tarda el líquido en salir por un orificio con el correspondiente al agua u otro líquido de referencia. Un inconveniente es la variación de viscosidad de los aceites según la temperatura, principalmente cuando se trata de lubricantes que no deben solidificarse por efecto del frío. (GeoPlaneta E. , 1984).

La viscosidad de los líquidos y de los gases se debe al frotamiento interior producido durante el derrame de este cuerpo; industrialmente la viscosidad se manifiesta por el grado de dificultad para el deslizamiento de las moléculas o planos moleculares paralelos. Aparentemente se relaciona con la untuosidad debido a que se dan a la vez y la viscosidad actúa como protector o regulador de la untuosidad. (GeoPlaneta E. , 1984).

El índice de viscosidad es un número empírico determinado por comparación con aceites de referencia; para lubricantes que no se expresan ni se fluidifican demasiado es 100; los aceites para motores que han sido refinados mediante extracción con solvente poseen un índice superior a 100, y el de los aceites industriales de base nafténica es del orden de 40. (GeoPlaneta E. , 1984).

2.5.1. Tipos de viscosidad

Existen tres tipos de viscosidades:

2.5.1.1. Viscosidad Dieléctrica

Es un fenómeno en virtud del cual las variaciones de la polarización de un dieléctrico siguen a las del campo que las produce con un retraso que depende de la rapidez de dichas variaciones, existe también la viscosidad eléctrica que es una resistencia que opone los gases al paso de la chispa eléctrica independientemente de la densidad y viscosidad mecánica del gas. (GeoPlaneta E. , 1984).

2.5.1.2. Viscosidad Magnética

Es un fenómeno en virtud del cual las variaciones de la imantación de una sustancia ferromagnéticas suceden a la del campo que las producen. (GeoPlaneta E. , 1984).

2.5.1.3. Viscosidad Absoluta

Es la fuerza necesaria para desplazar la unidad de superficie plana de líquido, con una velocidad unidad, con respecto otras superficies planas del mismo líquido. (GeoPlaneta E. , 1984).

2.6. Gas-oíl

Es un producto líquido derivado del petróleo crudo por fraccionamiento y destilación; se conoce como Diesel, aceite solar o gasóleo.

2.7. Gasolina

Es el producto más ligero obtenido por la destilación fraccionada del petróleo o de los aceites hidrocarburos sintéticos usados como combustible; existen diferentes tipos entre ellos: la gasolina estabilizada cuya tensión de vapor se ha rebajado por desgasificación de la fracción más volátil o mediante desbutanización; la gasolina rectificada es un producto muy volátil se obtiene a partir del gas que se desprende en los pozos petroleros y que se mezcla con la gasolina para aumentar la potencia del arranque. (GeoPlaneta E. , Tomo 6, 1984).

La gasolina utilizada como combustible para motor de automóvil de la que existen diferentes calidades diferenciadas por su octanaje; debido al incremento de expansión del automóvil, esta gasolina es actualmente el más importante de los productos de la industria de refinamiento. (GeoPlaneta E. , Tomo 6, 1984).En el Ecuador se comercializa gasolina super y extra.

La gasolina como combustible consiste en una mezcla de bases obtenidas por procedimientos diferentes, tales como: destilación directa del petróleo crudo, transformación de un producto más pesado por pirólisis, a partir del gas de refinería por polimerización o

alquilación; la proporción de estos componentes varía según el crudo tratado y el índice de octano que se desea obtener, la gasolina se depura por desulfuración para eliminar el azufre y sus compuestos y si es necesario, se eleva su tensión de vapor añadiendo butano y aditivos, luego de estas operaciones la gasolina queda dispuesta para ser distribuida. (GeoPlaneta E. , Tomo 6, 1984).

Para ser comercializada la gasolina debe reunir características estrictamente reglamentadas: la gasolina ordinaria debe de ser color amarillo pálido, mientras que las super carburante está teñido de rojo o de azul, para su fácil identificación; su densidad a 20 °C ha de ser inferior a 0,75 y la súper a 0,76, su tensión de vapor no debe rebasar 0,65 kg/cm³ esto definirá la volatilidad de la gasolina y cuándo es suficiente facilite la arranque en frío, aunque no debe ser demasiado elevada, ya que en tal caso podría provocar el fenómeno conocido con el nombre de bolsa de vapores por lo tanto el contenido de butano y otros productos volátiles debe ser cuidadosamente dosificado. (GeoPlaneta E. , Tomo 6, 1984).

La potencia calorífica es un valor fijado para el Super carburante en 7600 kcal/l, el índice de octano caracteriza la cualidad más importante de una gasolina, su valor antidetonante, o resistencia al “picado” del motor; el índice elevado de los modernos carburantes obtenidos por Cracking o reforming catalítico, ha permitido aumentar la relación o grado de compresión de los motores de serie hasta valores de 8,9 e incluso 10; la gasolina corriente tiene un índice de 80 a 90, la súper de 90 a 100. (GeoPlaneta E. , Tomo 6, 1984).

Existe también la gasolina de avión o gasolina espacial éstas tienen una volatilidad mucho más fuertes que la de automóviles, debe poseer un índice de octano mucho más elevado: las normas indican que hay tres calidades de gasolina de avión: la gasolina sintética obtenida por hidrógeno catalítico del carbón bajo presión o por el procedimiento Fischer-Tropsch a partir de la hulla, gas de la ciudad; su elevado coste de su fabricación y la abundancia de reservas de petróleo ha limitado considerablemente su empleo, no obstante el incesante aumento del índice de octano de las gasolinas necesita cada vez más de hidrocarburos especiales, que son raramente encontrados en el crudo (GeoPlaneta E. , Tomo 6, 1984).

En las instalaciones de la Refinería Esmeraldas se produce gasolina extra y gasolina súper cumpliendo la norma de calidad NTE INEN 935:2015 con excepción del octanaje debido a la Resolución No 15 386 Modificatoria 1 (2015-11-23) en la cual se indica que el

octanaje se reduce de 87 RON a 85 RON en la gasolina extra y 92 RON a 90 RON para la gasolina súper.(Aguirre Ibarra & Baca Burgos, 2017)

$$densidad = \frac{masa}{volumen}$$

Ec. [2.2]

Tiene una densidad de 680 g/L (un 20% menos que el gasoil, que tiene 850 g/L). Un litro de gasolina tiene una energía de 34,78 mega julios, aproximadamente un 10% menos que el gasoil, que posee una energía de 38,65 mega julios por litro de carburante. Sin embargo, en términos de masa, la gasolina tiene 3,5% más de energía(EcuRed, 2020)

Tabla 2.2. Temperatura y viscosidad gasolina.

Fluido	Temperatura	Viscosidad
Gasolina	20	2.9 x 10 ⁻⁴

(Sears, 2020)

2.8. Fluidos

Fluido es una sustancia que se puede deformar continuamente al someterse a esfuerzos cortantes; tiene la propiedad de fluir dependiendo de su viscosidad; se puede catalogar como fluidos a los líquidos y a los gases. Modon A. (2017) afirma que:

Un fluido se diferencia de un sólido por su comportamiento cuando éste se somete a una fuerza. La fuerza aplicada tangencialmente se denomina esfuerzo cortante. Cuando a un fluido se le aplica un esfuerzo cortante, el fluido exhibe una resistencia al movimiento, conforme continúa dicho el fluido tiende a deformarse. Posteriormente fluye y su velocidad aumenta conforme aumenta el esfuerzo crece. (p. 10)

El esfuerzo cortante es:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad \text{Ec.[2.3]}$$

La ley de viscosidad de Newton establece que “La fuerza por unidad de área es proporcional a la disminución de la velocidad (v) con la distancia (y).

$$\tau = -\mu \frac{dv}{dy} \quad \text{Ec.}[2.4]$$

Los fluidos se clasifican en: Newtonianos y no newtonianos.

2.8.1. Fluidos newtonianos

Los fluidos que cumplen la expresión anterior se denominan Newtonianos, ya que presentan una relación lineal entre el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación resultante. Martín I.; Salcedo R.; Font R. (2011) afirma que:

La viscosidad es una magnitud que expresa la deformación que sufre un fluido cuando se la aplican fuerzas externas, produciendo pérdidas energéticas por fricción o choques entre las distintas moléculas que forman el seno del mismo. Expresión denominada Ley de Newton de la viscosidad, ley sobre la que se asienta todo el transporte de la cantidad de movimiento. Debido a la viscosidad, se genera un escalonamiento o distinto movimiento relativo de las distintas “laminas” sobre las que se asienta el fluido (unas “rozan” con otras, y se arrastran). (p. 13)

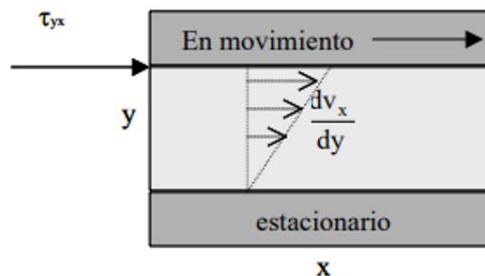


Figura 2.29. Perfil de velocidades creado en un fluido newtoniano
I. Martín 2011.

Los fluidos newtonianos tienen la característica de tomar la forma del contenedor que los contiene; además que no tiene propiedades elásticas; estos tienen un comportamiento normal, en los cuales existe poca viscosidad y esta no varía con fuerzas que son aplicadas sobre ella. Martín I.; Salcedo R.; Font R. (2011) afirma que:

Así, se denominan fluidos newtonianos a aquellos en los que la viscosidad es inherente a la naturaleza fisicoquímica de los mismos, y por tanto independiente del esfuerzo cortante aplicado. De esta forma, la viscosidad es una constante en la ley de Newton de la viscosidad. La viscosidad de los fluidos newtonianos variará en función de su presión y temperatura, siendo sus unidades en el SI de Pa·s, aunque es frecuente utilizar la unidad del

sistema CGS, el poise. Son newtonianos la mayoría de los líquidos con estructura química simple y la totalidad de los gases. (p. 13)

Los fluidos se mueven de una forma muy ordenada, ya que va por líneas paralelas; es decir que laminares. Domingo A. (2011) afirma que:

Estas fuerzas de rozamiento presentan en general distintos comportamientos dependiendo de la rapidez con que varía la velocidad en la dirección perpendicular a la superficie, rapidez representada por $\partial v/\partial n$. Una situación muy frecuente se tiene cuando esta relación es de proporcionalidad, denominándose fluidos newtonianos a los fluidos que satisfacen esta condición. (p. 47)

2.8.2. Fluidos no newtonianos

La principal característica de los fluidos no newtonianos o también llamada anómalos es que no tiene una viscosidad definida, ya que varía dependiendo de la temperatura y la tensión cortante. Es decir que no cumplen con la Ley de Newton de la viscosidad y por ende se le aplica otra fórmula. Martin I.; Salcedo R.; Font R. (2011) afirma que:

$$\tau_{xy} = \eta \frac{dv_x}{dy} \quad \text{Ec. [2.5]}$$

Donde η se denomina viscosidad aparente, de iguales unidades a la viscosidad, pero no solo varía con la temperatura, sino que también depende del esfuerzo cortante. Cuando la viscosidad aparente disminuye con el esfuerzo cortante se denominan fluidos pseudoplásticos, y cuando su viscosidad aparente aumenta, dilatantes. (p. 14)

su viscosidad aparente aumenta, dilatantes. (p. 14)

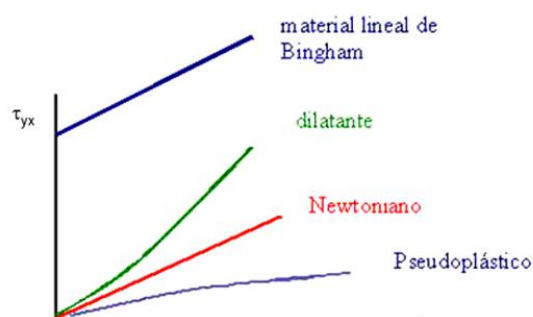


Figura 2.30. Comportamiento de fluidos no newtonianos.

Martin, I.; Salcedo, R.; Font, R 2011.

Una propiedad de los fluidos no newtonianos es que se comporta como líquido cuando se encuentra en reposo, y con propiedades reológicas. Domingo A. (2011) afirma que:

Las curvas de corriente de los líquidos no newtonianos son muy diversas y en el caso general no lineales. Dependiendo del comportamiento de estos líquidos en el diagrama reológico se tienen distintos comportamientos no newtonianos:

Fluidos pseudoplásticos: En éstos, al aumentar la velocidad de variación de la velocidad la fuerza cortante viscosa aumenta menos que con los newtonianos. Un ejemplo de materiales pseudoplásticos son muchos lodos no newtonianos o fundidos de polímeros.

Fluidos dilatantes: Los fluidos dilatantes tienen el comportamiento contrario al de los fluidos pseudoplásticos. Muchas pinturas son fluidos dilatantes

Las curvas de corriente de los fluidos pseudoplásticos y dilatantes se describen muy bien en régimen laminar mediante la expresión

$$\tau = k(dv/dn)^n \quad \text{Ec.}[2.6]$$

Donde κ y n son magnitudes constantes para un líquido dado. κ es una medida del grado de consistencia del líquido (teniéndose mayor κ a mayor viscosidad) mientras que n representa el grado de comportamiento no newtoniano. Los fluidos newtonianos corresponden al caso particular $\kappa = \mu$ y $n = 1$, los fluidos pseudoplásticos al caso $n < 1$ y los dilatantes a $n > 1$. (p. 50 y 51)

Así mismo, tienen consideración de fluidos no-newtonianos aquellos cuya viscosidad aparente varía a medida que perdura el esfuerzo cortante en el tiempo, aunque este esfuerzo sea constante. Aquellos fluidos cuya viscosidad aparente aumenta con el tiempo son reopécticos. Por el contrario, aquellos cuya viscosidad aparente disminuye se denominan tixotrópicos.

2.9. Dinámica del fluido

Es la cantidad de masa de líquido que pasa a través de una tubería en un determinado tiempo

$$F = m/t \quad \text{Ec.}[2.7]$$

Donde:

f =Flujo (kg/s)

m =Masa del líquido (Kg)

t=Tiempo (s)

El número de Reynolds va relacionado con la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión de un flujo en una expresión adimensional. Este número puede considerar que tipo de flujo es. La fórmula para encontrar es:

$$Re = V_s D / V \quad \text{Ec. [2.8]}$$

Donde:

V_s = Velocidad característica del fluido

D = Diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido o longitud del sistema

V = Viscosidad cinemática del fluido. Domingo A. (2011) afirma que:

Dependiendo de la importancia relativa entre las fuerzas viscosas y las fuerzas de inercia, el régimen de movimiento de un fluido puede ser de dos tipos:

2.9.1. Régimen laminar o de Poiseuille:

El régimen del flujo es laminar cuando el flujo tiene un movimiento ordenado, en el que las partículas del fluido se mueven en líneas paralelas, sin que se produzca mezcla de materia entre las distintas capas. (p. 46).

Este flujo es ordenado, suave; se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse; siguiendo una trayectoria suave; este tipo de flujo se da en velocidades bajas o viscosidades altas. Martin I.; Salcedo R.; Font R. (2011) afirma que:

Un fluido se dice que circula en régimen laminar cuando al moverse por una conducción se cumple la ley de Newton de la viscosidad. En el caso de una conducción cilíndrica (sección circular), el resultado de incluir la ley de Newton de la viscosidad en un sistema que incluya la ecuación del movimiento y la ecuación de continuidad da que el fluido tiene un perfil parabólico de velocidades, siendo cero en la pared de la conducción y máxima en el centro, e igual al doble de la velocidad media. En este caso, el fluido en movimiento tiene las “láminas” bien definidas, cada una viajando a su velocidad rozando a las de al lado, sin mezclarse unas con otras. El flujo laminar se cumple siempre que el módulo de Reynolds sea inferior a 2100. (p. 15)

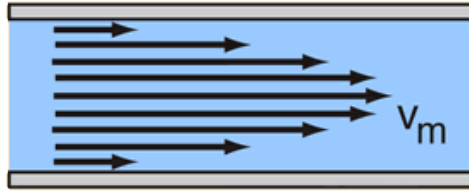


Figura 2.31. Perfil de velocidades en régimen de circulación laminar.

Olmo 2007.

2.9.2. Régimen turbulento o de Venturi:

Domingo A. (2011) dice que: “El régimen de movimiento de un fluido es turbulento cuando el fluido presenta un movimiento desordenado con mezcla intensiva entre las distintas capas”. (p. 46)

La principal característica del flujo turbulento es que el movimiento del fluido es en forma caótica ya que las partículas se mueven de forma desordenada y esto ocasiona pequeños remolinos de forma constante. Martin I.; Salcedo R.; Font R. (2011) afirma que:

Si el Reynolds es superior a 4000, la ley de Newton de la viscosidad deja de cumplirse en todo momento, siendo imposible de resolver de forma analítica el perfil de velocidades. Al incrementarse tanto la velocidad, el movimiento de un fluido que se da en forma caótica, en que las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos, como por ejemplo el agua en un canal de gran pendiente. Puede considerarse que el perfil de velocidades es prácticamente plano, es decir, las velocidades puntuales son semejantes entre sí y prácticamente iguales a la media. Existe un régimen de transición entre Reynolds 2100 y 4000, en los que la circulación de forma cíclica pasa de laminar a turbulento. El trabajar en este intervalo hay que evitarlo. (p. 16)

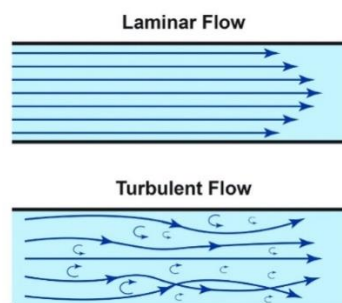


Figura 2.32. Flujo laminar vs Flujo turbulento.

Cychosz 2018.

Dependiendo del tipo de flujo, laminar o turbulento, las fuerzas de rozamiento que aparecen serán de distintos tipos. En el caso de régimen laminar, las fuerzas que se ejercen entre las distintas capas del fluido son tangentes a la dirección del movimiento. Por el contrario, cuando se está en régimen turbulento aparece una segunda contribución a la fuerza de rozamiento debida a la mezcla entre las distintas capas.

2.10. Ecuación de continuidad

Cuando un fluido fluye por un conducto de diámetro variable, su velocidad cambia debido a que la sección transversal varía de una sección del conducto a otra. En todo fluido incompresible, con flujo estacionario (en régimen laminar), la velocidad de un punto cualquiera de un conducto es inversamente proporcional a la superficie, en ese punto, de la sección transversal de la misma.

La ecuación de continuidad no es más que un caso particular del principio de conservación de la masa. Se basa en que el caudal (Q) del fluido ha de permanecer constante a lo largo de toda la conducción. (Briseño, G; s.f; p.3).

Dado que el caudal es el producto de la superficie de una sección del conducto por la velocidad con que fluye el fluido, tendremos que en dos puntos de una misma tubería se debe cumplir que:

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow S_1 * V_1 = S_2 * V_2 \quad \text{Ec. [2.9]}$$

Qes la ecuación de continuidad y donde:

- S es la superficie de las secciones transversales de los puntos 1 y 2 del conducto.
- v es la velocidad del flujo en los puntos 1 y 2 de la tubería.

Se puede concluir que, puesto que el caudal debe mantenerse constante a lo largo de todo el conducto, cuando la sección disminuye, la velocidad del flujo aumenta en la misma proporción y viceversa. La sección se reduce de A_1 a A_2 . Teniendo en cuenta la ecuación anterior:

$$V_2 = V_1 * \frac{A_1}{A_2} \quad \text{Ec. [2.10]}$$

Es decir, la velocidad en el estrechamiento aumenta de forma proporcional a lo que se reduce la sección.

La ecuación de continuidad o conservación de masa es una herramienta de mucha utilidad para lograr realizar el análisis de fluidos que fluyen por medio de tubos o ductos los cuales tienen un diámetro variable. (Briseño, G; s.f; p.3).

2.10.1. Aplicación

En la actualidad la ecuación de la continuidad es muy utilizada para poder realizar diferentes análisis de boquillas, de tuberías, de la altura de álabes de turbinas y compresores. Es importante también saber que la ecuación de continuidad parte de las bases ideales siguientes:

- El fluido es incompresible
- La temperatura del fluido no cambia
- El flujo es continuo, es decir su velocidad y presión no dependen del tiempo.
- El flujo es laminar, no turbulento.
- No existe rotación dentro de la masa del fluido, es un flujo que no rota.
- No existen pérdidas por rozamiento en el fluido, es decir no hay viscosidad.

2.11. Teorema de Bernoulli

“En un líquido ideal cuyo flujo es estacionario, la suma de las energías cinética, potencial y de presión que tiene el líquido en un punto, es igual a la suma de estas energías en otro punto cualquiera”

La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:

- Cinética: es la energía debida a la velocidad que posee el fluido.
- Potencial gravitacional: es la energía debido a la altitud que un fluido posee.

Energía de flujo es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee. Modon (2017) afirma que:

La ecuación de Bernoulli para fluido ideal y flujo permanente a lo largo de una línea de corriente

$$\frac{dP}{\rho} + g dz + \frac{1}{2}d(v^2) = 0 \quad \text{Ec.[2.11]}$$

La ecuación de Bernoulli establece la conservación de la energía mecánica entre cualquier par de puntos de una línea de corriente.

$$\int_1^2 \frac{dP}{\rho} + \int_1^2 dz + \int_1^2 \frac{1}{2} d(v^2) = 0 \rightarrow \frac{P_1 - P_2}{\rho} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \text{Ec. [2.12]}$$

Por lo tanto concluimos que a lo largo de una línea de corriente la suma de energías debidas a la presión, a la altura, y a la velocidad, en cierto punto 1 deber ser igual a la suma de las mismas en cierto punto 2, o que se conserva la energía, y el fluido es ideal incomprensible (o comprensible) el balance debe ser nulo (si no tiene en cuenta en fricción) A la suma $P/\rho + z + v^2/2g = \text{cte} = H$, se le llama altura de carga hidrodinámica total y se mide en energía por unidad de peso, por ejemplo kgfm/kgf o m

Las aplicaciones pueden ser en las chimeneas son altas para aprovechar que la velocidad del viento es más constante y elevada a mayores alturas. Cuanto más rápidamente sopla el viento sobre la boca de una chimenea, más baja es la presión y mayor es la diferencia de presión entre la base y la boca de la chimenea, en consecuencia, los gases de combustión se extraen mejor.

La ecuación de Bernoulli y la ecuación de continuidad también nos dicen que, si reducimos el área transversal de una tubería para que aumente la velocidad del fluido que pasa por ella, se reducirá la presión. En un carburador de automóvil, la presión del aire que pasa a través del cuerpo del carburador, disminuye cuando pasa por un estrangulamiento. Al disminuir la presión, la gasolina fluye, se vaporiza y se mezcla con la corriente de aire.

La tasa de flujo de fluido desde un tanque está dada por la ecuación de Bernoulli. En oxigenoterapia, la mayor parte de sistemas de suministro de débito alto utilizan dispositivos de tipo Venturi, el cual está basado en el principio de Bernoulli. (p. 65,66)

CAPITULO III

3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1. Planteamiento

Se plantea el diseño y construcción de un banco de pruebas para filtros de combustible basado en la normativa internacional de calibración ISO-IEC 17025, el cual podrá proporcionar valores cuantitativos con respecto a la presión, caudal y velocidad del fluido y por medio de un interfaz enviará los datos tomados a una hoja de cálculo. Mediante eso se plantean las siguientes alternativas:

- Alternativas de diseño.
- Alternativas de flujo.
- Alternativas de adaptabilidad.
- Alternativas de software.
- Alternativas de interfaz de accionamiento del equipo.
- Alternativas de ensayo.

3.2. Selección de diseño

3.2.1. Alternativas de diseño

Esta alternativa está enfocada en determinar la mejor estructura del equipo el cual nos garantizara no solo una buena ergonomía sino el mejor desempeño del mismo, además de proporcionar muestras de fluido para su respectivo estudio.

3.2.1.1. Alternativa 1

3.2.1.1.1. Estructura básica

La estructura estará fabricada con madera y el diseño será del tipo caja el cual poseerá medidores de presión del tipo manómetro, mangueras de presión, depósitos de combustible, una fuente de alimentación con una batería de 12 V, bomba de combustible, acoples de un solo tipo para los filtros de combustible, los datos serán calculados en un programa básico en una hoja de Excel.

3.2.1.2. Alternativa 2

3.2.1.2.1. Estructura completa

La estructura estará fabricada con planchas de aluminio y el diseño será del tipo panel de control el cual poseerá sensores de medición de flujo como dosificadores que nos indicaran la presión de combustible, caudalímetro, mangueras de presión de 80 PSI, el cual será apoyado con un software que permitirá el ingreso de datos preliminares para un mejor cálculo de la dinámica del fluido que pasa a través del filtro, programa para el manejo, guardado e impresión de resultados otorgados por el equipo, un regulador de voltaje para que el equipo funcione directamente con 110 V y a su vez no comprometa los componentes del equipo, acoples universales para la adaptación de diferentes tipos de filtros de combustibles, válvulas de paso para la recolección de muestras del fluido, bomba eléctrica que combustible, tanques.

3.2.2. Variables

3.2.2.1. Material

Los materiales son un conjunto de elementos que puede transformarse o utilizarse para realizar un trabajo determinado.

3.2.2.2. Costo

El costo es el valor monetario de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad económica destinada a la producción de un bien, servicio o actividad.

3.2.2.3. Límite S_y

La resistencia a fluencia es el límite al que el material puede ser sometido a un esfuerzo sin generarle un daño, al superar dicho límite el material entra en otro estado en este caso una deformación.

3.2.2.4. Límite S_u

La resistencia a la rotura es límite al cual el material puede ser deformado al ser sometido a un esfuerzo, al superar dicho límite el material tiende a generar una fractura irreversible.

3.2.2.5. Modelo

Es la representación de una idea la cual se encargará de cumplir un objetivo.

3.2.2.6. Mantenimiento

Son las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.

3.2.3. Tabla de ponderación de alternativas de diseño

A continuación, se detalla una tabla comparativa entre las alternativas y las variables que conforman las mismas, para delimitar que alternativa de diseño es la que brindara un mejor funcionamiento en el banco de pruebas, para lo cual se realizara una calificación del 1-3 para determinar el estado de utilidad de cada variable y una ponderación del 1-100% para determinar la importancia que tiene en el desarrollo del proyecto, donde:

Tabla 3.1. Tabla de ponderación de alternativas de diseño

1= Malo 2= Regular 3= Bueno

VARIABLES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	PODERACION
Material	1	3	30 %
Costo	3	1	30 %
Limite Sy	1	3	10%
Limite Su	1	3	10 %
Modelo	2	2	5 %
Mantenimiento	2	3	15 %
TOTAL	10	15	100 %

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

3.2.4. Justificación de la selección

A continuación, se detallará la justificación de la calificación de cada variable colocada en la alternativa 2, la cual fue elegida para la implementación del desarrollo del equipo.

3.2.4.1. Material

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que los componentes para su construcción en su mayoría son digitales lo cual permitirá una recolección de datos más precisa, los materiales son de larga duración y resistentes al trabajo al que serán empleados.

3.2.4.2. Costo

Esta variable recibe una calificación de 1, el cual es considerado como malo debido a que los materiales a conseguir ponderan un precio elevado alrededor de \$ 500 lo cual es compensado por la calidad y eficiencia de los mismos.

3.2.4.3. Limite Sy

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que el material que se usará en el diseño del banco de pruebas será de aluminio el cual posee un 0,2% de elasticidad en el material permitiendo así una mejor resistencia al esfuerzo que será ejercido el equipo.

3.2.4.4. Limite Su

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que el material que se usará en el diseño del banco de pruebas será de aluminio al ser un metal posee una ductilidad mayor la cual permite que esta tenga un límite a la rotura mayor al de la alternativa 1, permitiendo que en el peor de los casos el equipo tienda a deformarse mas no a romperse protegiendo así la integridad de los demás componentes.

3.2.4.5. Modelo

Esta variable recibe una calificación de 2, el cual es considerado como regular debido a que el modelo que tendrá el equipo no influenciará en el desempeño del mismo ya que de igual manera satisfacer las necesidades requeridas, en este caso la mayor aportación que brindaría sería en su ergonomía para una mejor comprensión de los resultados.

3.2.4.6. Mantenimiento

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que el equipo al estar conformado gran parte por dispositivos electrónicos no requiere mantenimientos preventivos, en su mayoría el único cuidado que se tomara en cuenta es la limpieza del equipo que puede ser realizada 1 vez cada 3 meses lo cual no representara un gran esfuerzo.

3.2.5. Ventajas obtenidas al seleccionar la alternativa 2

- Mayor comprensión de los resultados.
- Proporciona mayor durabilidad (el aluminio es estable al aire) y resistencia a la corrosión.

- Al ser aluminio el material posee una ligereza ($2,70 \text{ g/cm}^3$) lo cual lo hace más fácil de transportar.

3.3. Selección de dinámica del fluido

3.3.1. Alternativas de dinámica del fluido

El equipo tendrá la capacidad determinar el flujo a través de la cantidad de masa de fluido que pasará a través de las cañerías en un determinado tiempo, además del número de Reynolds que ira relacionado con la densidad, viscosidad y velocidad del fluido ya que mediante esos datos se considerará la dinámica del fluido que pasa a través del filtro.

3.3.1.1. Alternativa 1

3.3.1.1.1 Distribución de mangueras en forma lineal

Permite una recolección de datos referente a la dinámica del fluido con mayor precisión y lo más real posible desde que es impulsada por la bomba de combustible hacia el filtro ya que no posee ninguna interferencia.

3.3.1.2. Alternativa 2

3.3.1.2.1. Distribución de mangueras en forma quebrada/ondulada

La forma en que este distribuida las mangueras afectara en cierto modo a la dinámica del fluido como en este caso el flujo el cual depende de la velocidad del fluido dividido para el tiempo, al tener una forma quebrada u ondulada la sección de recorrido aumentara la cual inferirá directamente en el tiempo lo cual cambiara el valor del flujo por muy mínimo que sea.

3.3.2. Variables

3.3.2.1. Utilidad

Capacidad que tiene una cosa de servir o de ser aprovechada para un fin determinado.

3.3.2.2. Precisión

Es la capacidad de dar un resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones o de dar el resultado deseado con exactitud.

3.3.2.3. Aplicación

Empleo de una cosa o puesta en práctica de los procedimientos adecuados para conseguir un fin.

3.3.3. Tabla de ponderación de alternativas de dinámica del fluido

A continuación, se detalla una tabla comparativa entre las alternativas y las variables que conforman las mismas, para delimitar que alternativa de dinámica del fluido es la que brindara un mejor desempeño en el estudio del mismo, para lo cual se realizara una calificación del 1-3 para determinar el estado de utilidad de cada variable y una ponderación del 1-100% para determinar la importancia que tiene en el desarrollo del proyecto, donde:

Tabla 3.2 Tabla de ponderación de alternativas de dinámica del fluido

1= Malo 2= Regular 3= Bueno

VARIABLES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	PODERACION
Utilidad	2	3	60%
Precisión	3	2	30 %
Aplicación	1	3	10 %
TOTAL	6	8	100 %

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

3.3.4. Justificación de la selección

A continuación, se detallará la justificación de la calificación de cada variable colocada en la alternativa 2, la cual fue elegida para la implementación del desarrollo del equipo.

3.3.4.1. Utilidad

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que la colocación de mangueras del tipo rotura/ondulado recrear en lo más posible a la distribución real que poseen los vehículos en su sistema de alimentación.

3.3.4.2. Precisión

Esta variable recibe una calificación de 2, el cual es considerado como regular debido a que los datos cuantitativos serán influenciados por la distribución de mangueras con el fin de recrear una medición lo más real posible y no según las especificaciones teóricas que debería dar al aplicar una distribución lineal.

3.3.2.3. Aplicación

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que su aplicación es la más convencional dentro del desarrollo de sistemas de combustible y esto es debido a la forma y diseño de los vehículos.

3.3.5 Ventajas obtenidas al seleccionar la alternativa 2

- Cálculo de la dinámica del fluido en un sistema de distribución lo más real posible.
- Aplicación de todas las fórmulas de la dinámica del fluido.

3.4. Selección de adaptabilidad

3.4.1. Alternativas de adaptabilidad

El equipo poseerá una adaptabilidad adecuada para trabajar con cualquier tipo de filtro de combustible además de funcionar indistintamente con corriente de 110 V dependiendo el entorno laboral al cual sea sometido.

3.4.1.1. Alternativa 1

3.4.1.1.1. Acoples universales

El equipo dispondrá de un acople universal que permitirá la adaptabilidad de diferentes tipos de filtros indistintamente la marca que sean lo cual permitirán que la eficiencia del equipo sea mejor al momento de analizar un filtro.

3.4.1.2. Alternativa 2

3.4.1.2.1. Acople simple

El equipo dispondrá de un acople simple que permitirá la adaptabilidad de un solo tipo de filtro indistintamente la marca que sea, el equipo tendrá la capacidad de satisfacer las necesidades requeridas en el análisis del filtro de combustible.

3.4.2. Variables

3.4.2.1. Material

Los materiales son un conjunto de elementos que puede transformarse o utilizarse para realizar un trabajo determinado.

3.4.2.2. Costo

El costo es el valor monetario de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad económica destinada a la producción de un bien, servicio o actividad.

3.4.2.3. Utilidad

Capacidad que tiene una cosa de servir o de ser aprovechada para un fin determinado.

3.4.3. Tabla de ponderación de alternativas de adaptabilidad

A continuación, se detalla una tabla comparativa entre las alternativas y las variables que conforman las mismas, para delimitar que alternativa de adaptabilidad es la que brindara un mejor desempeño en el análisis del filtro de combustible, para lo cual se realizara una calificación del 1-3 para determinar el estado de utilidad de cada variable y una ponderación del 1-100% para determinar la importancia que tiene en el desarrollo del proyecto, donde:

Tabla 3.3 Tabla de ponderación de alternativas de adaptabilidad

1= Malo 2= Regular 3= Bueno

VARIABLES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	PODERACION
Material	3	2	20 %
Costo	1	3	20 %
Utilidad	3	1	60 %
TOTAL	7	6	100 %

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

3.4.4. Justificación de la selección

A continuación, se detallará la justificación de la calificación de cada variable colocada en la alternativa 1, la cual fue elegida para la implementación del desarrollo del equipo.

3.4.4.1. Material

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que el acople universal es de aluminio lo cual garantizará una mayor resistencia al esfuerzo que será sometido el mismo.

3.4.4.2. Costo

Esta variable recibe una calificación de 1, el cual es considerado como malo debido a que el acople ya mencionado es muy costoso el cual se compensa por su utilidad.

3.4.4.3. Utilidad

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que brinda la oportunidad de adaptar cualquier tipo de filtro de cualquier carga independientemente del diámetro de la boca de entrada y salida del filtro de combustible.

3.4.5. Ventajas obtenidas al seleccionar la alternativa 1

- Capacidad de adaptarse a cualquier tipo de filtro.
- Material con mayor resistencia a la rotura.
- Mejor impermeabilización de sellado.

3.5. Selección de software

3.5.1. Alternativas de software

El software tendrá la función de permitir el ingreso de datos específicos como densidad del fluido, diámetros y secciones de las cañerías en caso de ser cambiadas para garantizar mejores resultados de cálculo, posteriormente al estar en funcionamiento el equipo, el software tomara las señales emitidas por los lectores de presión y caudal las cuales serán transmitidas a una hoja de cálculo la cual mediante fórmulas preestablecidas determinarán la dinámica del fluido que pasa a través del filtro, una vez terminado el proceso el software permitirá la opción de guardar o imprimir una hoja con los resultados obtenidos.

3.5.1.1. Alternativa 1

3.5.1.1.1. Wólfram matemática 8

Este software posee versatilidad para el desarrollo de cálculos en forma simbólica o numérica lo cual nos permitirá un mejor análisis de la dinámica del fluido que pasa a través del filtro, el programa tiene la característica de configurar la toma de datos estableciendo algunos ya predeterminados y otros que serán tomados a través de la lectura de los dispositivos de medición.

3.5.1.2. Alternativa 2

3.5.1.2.1. Hoja de cálculo Excel

Este programa es de fácil uso y se complementa con su variedad de herramientas que nos permiten generar fórmulas para realizar los cálculos de dinámica del fluido que nosotros deseemos, además de darnos libertad para generar las variables que nosotros creamos necesarias y lo más importante que el costo del mismo es inexistente ya que al ser un

programa predeterminado en nuestros ordenadores no debemos pagar ningún valor, simplemente se agregaran los valores predeterminados y mediante una interfaz de programación permitirá recepcar los datos que obtengan los sensores y por medio de una calculadora generara una media la cual será utilizada para los posteriores cálculos referentes a los mismos.

3.5.2. Variables

3.5.2.1. Complejidad

El nivel de dificultad que representara el uso o manejo del programa.

3.5.2.2. Precisión

Es la capacidad de dar un resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones o de dar el resultado deseado con exactitud.

3.5.2.3. Utilidad

Capacidad que tiene una cosa de servir o de ser aprovechada para un fin determinado.

3.5.3. Tabla de ponderación de alternativas de software

A continuación, se detalla una tabla comparativa entre las alternativas y las variables que conforman las mismas, para delimitar que alternativa de software es la que brindara un mejor desempeño en la recepción de datos, cálculo de la dinámica del fluido y la entrega de resultados, para lo cual se realizara una calificación del 1-3 para determinar el estado de utilidad de cada variable y una ponderación del 1-100% para determinar la importancia que tiene en el desarrollo del proyecto, donde:

Tabla 3.4. Tabla de ponderación de alternativas de software

1= Malo 2= Regular 3= Bueno

VARIABLES	ATLERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	PODERACION
Complejidad	2	3	30 %
Precisión	2	2	40 %
Utilidad	2	3	30 %
TOTAL	6	8	100 %

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

3.5.4. Justificación de la selección

A continuación, se detallará la justificación de la calificación de cada variable colocada en la alternativa 2, la cual fue elegida para la implementación del desarrollo del equipo.

3.5.4.1. Complejidad

Esta variable recibe una calificación de 2, el cual es considerado como regular debido a que el software posee una maniobrabilidad de uso moderada y da las opciones de seleccionar formulas preestablecidas o ingresar nuevas fórmulas referentes a la dinámica del fluido que facilitaran el proceso del cálculo.

3.5.4.2. Precisión

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que el software me da la facilidad de generar una hoja de cálculo que por medio de programación se puede vincular a una hora receptora de datos generada por los sensores del equipo permitiendo así una mayor precisión a la hora de tomar datos.

3.5.4.3. Utilidad

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que el software nos permitirá configurarlo según nuestras necesidades además de poseer un glosario de información netamente aplicada a la dinámica del fluido la cual será previamente ingresada en la hoja de cálculo lo que permitirá un mejor desempeño en el desarrollo del mismo.

3.5.5. Ventajas obtenidas al seleccionar la alternativa 2

- Representación gráfica de esfuerzos que genera el fluido en su recorrido.
- Posee un apartado de programación.
- Posee un motor de cálculo matemático.
- Posee un glosario aplicado a la dinámica del fluido.

3.6. Selección Interfaz de Accionamiento del Equipo

3.6.1. Alternativas de Interfaz de Accionamiento

Esta alternativa está enfocada en determinar la mejor opción de una interfaz que permita el accionamiento de los componentes del equipo los cuales a su vez se encargaran de transformar las señales física en señales eléctricas para su posterior envío a un software

receptor de datos, el cual generara los cálculos necesarios para determinar la dinámica del fluido a la cual es sometida el filtro de combustible y a si determinar la vida útil de dicho elemento.

3.6.2. Alternativa 1

3.6.2.1. Accionamiento por un Microcontrolador

La estructura de accionamiento del equipo será por medio de un interruptor el cual activara un sensor el cual es el encargado de tomar las señales de medición y posteriormente se enviarán a un transductor el cual regulara la señal y la enviara a un microcontrolador para que esta sea verificada en un HMI.

3.6.3. Alternativa 2

3.6.3.1. Accionamiento por un Arduino Mega

La estructura de accionamiento será por medio de un Arduino Mega la cual es una placa de desarrollo de hardware para construir dispositivos digitales y dispositivos interactivos que puedan detectar y controlar objetos del mundo real como en este caso los instrumentos de medición los cuales nos proporcionaran los datos necesarios y posteriormente enviarlos al software receptor para el cálculo de la dinámica del fluido a la cual es sometido el filtro de combustible.

3.6.4. Variables

3.6.4.1. Material

Los materiales son un conjunto de elementos que puede transformarse o utilizarse para realizar un trabajo determinado.

3.6.4.2. Costo

El costo es el valor monetario de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad económica destinada a la producción de un bien, servicio o actividad.

3.6.4.3. Precisión

La precisión es la capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones o de dar el resultado deseado con exactitud.

3.6.4.4. Mantenimiento

Son las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.

3.6.4.5. Tabla de ponderación de alternativas de interfaz de accionamiento

A continuación, se detalla una tabla comparativa entre las alternativas y las variables que conforman las mismas, para delimitar que alternativa de interfaz de accionamiento es la que brindara un mejor funcionamiento en el banco de pruebas, para lo cual se realizara una calificación del 1-3 para determinar el estado de utilidad de cada variable y una ponderación del 1-100% para determinar la importancia que tiene en el desarrollo del proyecto, donde:

Tabla 3.5. Tabla de ponderación de alternativas de interfaz de accionamiento

1= Malo 2= Regular 3= Bueno

VARIABLES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	PODERACION
Material	3	2	30 %
Costo	1	3	40 %
Precisión	3	2	20 %
Mantenimiento	1	3	10 %
TOTAL	8	10	100 %

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

3.6.5. Justificación de la selección

A continuación, se detallará la justificación de la calificación de cada variable colocada en la alternativa 2, la cual fue elegida para la implementación del desarrollo del equipo.

3.6.5.1. Material

Esta variable recibe una calificación de 2, el cual es considerado como regular debido a que los componentes para su construcción en su mayoría son digitales lo cual permitirá una recolección de datos más precisa, los materiales son de larga duración y resistentes al trabajo al que serán empleados.

3.6.5.2. Costo

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que los materiales a conseguir ponderan un precio accesible además de brindar calidad y eficiencia de los mismos.

3.6.5.3. Precisión

Esta variable recibe una calificación de 2, el cual es considerado como regular debido a que el modelo de interfaz que tendrá el equipo no influenciará en el desempeño del mismo ya que de igual manera satisfacer a las necesidades requeridas, en este caso la mayor aportación que brindaría sería en su ergonomía para una mejor comprensión de los resultados.

3.6.5.4. Mantenimiento

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que el equipo al estar conformado gran parte por dispositivos electrónicos no requiere mantenimientos preventivos, en su mayoría el único cuidado que se tomara en cuenta es la limpieza del equipo que puede ser realizada 1 vez cada 3 meses lo cual no representara un gran esfuerzo.

3.6.5.5. Ventajas obtenidas al seleccionar la alternativa 2

- Comprensión de los resultados.
- Ahorro en los materiales para la construcción de la interfaz.
- Mayor accesibilidad para poder cambiar la placa de la interfaz tanto económica como mecánicamente en caso de que esta falle.

3.7. Selección de ensayo

3.7.1. Alternativas de ensayo

Para determinar la eficiencia de cada uno de los filtros de combustible escogidos, se debe determinar cuál ensayo de análisis gravimétrico es el más adecuado para determinar la cantidad de ceniza en combustible líquido que pasa a través del filtro teniendo como base la norma ISO 19438 antes mencionada, además de obtener resultados validados por un laboratorio certificado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE).

3.7.1.1. Alternativa 1

3.7.1.1.1. Método por precipitación

Técnica analítica clásica que se basa en la precipitación de un compuesto de composición química conocida tal que su peso permita calcular mediante relaciones, generalmente estequiométricas, la cantidad original de analito en una muestra.

3.7.1.2. Alternativa 2

3.7.1.2.1. Método por ASTM D-482

El método será directo el cual se basa en determinar la cantidad de cenizas que contiene un derivado del petróleo, el conocer el contenido de cenizas permite suministrar información para saber si el producto utilizado es apto para la aplicación dada o puede indicar impurezas indeseables o contaminantes dando en masa la ceniza hallada en el mismo.

3.7.1.3. Alternativa 3

3.7.1.3.1. Método por electrodeposición

Este método se basa en la deposición, sobre un electrodo, de un compuesto (de relación conocida) con el analito que se requiere cuantificar. La cuantificación se realiza mediante la diferencia de peso que se produce en los electrodos antes y después de realizar una reacción redox en la solución problema, que se moldea ocasionando la precipitación del analito o de un compuesto formado por el mismo.

3.7.2. Variables

3.7.2.1. Material

Los materiales son un conjunto de elementos que puede transformarse o utilizarse para realizar un trabajo determinado.

3.7.2.2. Costo

El costo es el valor monetario de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad económica destinada a la producción de un bien, servicio o actividad.

3.7.2.3. Precisión

Es la capacidad de dar un resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones o de dar el resultado deseado con exactitud.

3.7.3. Tabla de ponderación de alternativas de ensayo

A continuación, se detalla una tabla comparativa entre las alternativas y las variables que conforman las mismas, para delimitar que alternativa de ensayo es la que brindara un mejor desempeño en el análisis de las muestras del fluido, para lo cual se realizara una calificación del 1-3 para determinar el estado de utilidad de cada variable y una ponderación del 1-100% para determinar la importancia que tiene en el desarrollo del proyecto, donde:

Tabla 3.6. Tabla de ponderación de alternativas de ensayo

1= Malo 2= Regular 3= Bueno

VARIABLES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	PODERACION
Material	1	3	3	30 %
Costo	1	3	2	30 %
Precisión	3	3	2	40 %
TOTAL	5	9	7	100 %

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

3.7.4. Justificación de la selección

A continuación, se detallará la justificación de la calificación de cada variable colocada en la alternativa 2, la cual fue elegida para la implementación del desarrollo del equipo.

3.7.4.1. Material

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que estos materiales al ser vitales para la toma de muestras constan de:

- Botellas ámbar.
- Fluido de pruebas 12103-1, A3 médium test dust.
- Etiquetas

Por tal razón, estos materiales al ser pocos, satisfacer las necesidades requeridas y poseer una moderada accesibilidad de compra reciben dicha calificación.

3.7.4.2. Costo

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que los materiales a conseguir ponderan un precio total alrededor de \$ 175 lo cual está dentro del margen de gastos para el desarrollo del equipo.

3.7.4.3. Precisión

Esta variable recibe una calificación de 3, el cual es considerado como bueno debido a que el método escogido es el ASTM D-482 el cual se basa en determinar la cantidad de cenizas que contiene un derivado del petróleo, el conocer el contenido de cenizas permite suministrar información para saber si el producto utilizado es apto para la aplicación dada o puede indicar impurezas indeseables o contaminantes dando en masa la ceniza hallada en el mismo, por tal razón recibe dicha calificación.

3.7.5. Ventajas obtenidas al seleccionar la alternativa 2

- Los materiales para la implementación de esta alternativa son mínimos.
- Los materiales son accesibles.
- Esta alternativa posee una precisión del 98.7% con un margen de error de $\pm 0.41\%$ el cual nos permitirá determinar la eficiencia de filtrado en los filtros de combustible.

3.8. Normativas de fabricación aplicadas al banco de pruebas

El banco de pruebas será denominado como un dispositivo de apoyo para el análisis flujo métrico en los filtros de combustibles, el cual ayudará a determinar la eficiencia en los mismos por lo cual esta se registrará a la normativa de fabricación internacional ISO/TS 16949 CALIDAD EN INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.

3.8.1. Campo de aplicación

Esta norma es aplicable a los lugares de la organización donde se fabrican los productos especificados por los clientes, para la producción y/o el servicio posventa, incluidas las funciones de apoyo. Puede ser aplicada en toda la cadena de suministro del sector del automóvil.

El objetivo de esta especificación técnica ISO/TS 16949 es desarrollar un SGC que establezca:

- Mejora continua
- Enfoque en la prevención de defectos
- Reducción de los residuos en la cadena de suministro

3.9. Normativas de selección de materiales

La norma ISO divide los grupos de materiales según el aplicado al cual estos serán sometidos. Cada tipo cuenta con propiedades únicas de acuerdo a la maquinabilidad y las

preparaciones que plantean distintas exigencias sobre la herramienta. En el diseño y construcción de este banco de pruebas se implementará solamente elementos que cumplan con normativas internacionales de fabricación, debido a que el equipo a fabricarse debe cumplir con la normativa ISO 9001 de calidad. Los materiales a utilizarse se mencionan a continuación.

i. Planchas de aluminio (ISO N / No Ferroso)

- Material de viruta larga.
- Control de la viruta relativamente fácil, si está aleado.
- El aluminio (Al) es pastoso y requiere filos agudos.
- Fuerza de corte específica: 350–1350 N/mm².
- La fuerza de corte y la potencia requerida para mecanizar materiales ISO N permanecen dentro de un margen limitado.

ii. Contenedor de polietileno tereftalato (PET) (NB 1061:2000)

- Capacidad de protección y aislamiento térmico.
- Resistente a la corrosión.
- Resistencia química y térmica.
- Elemento impermeable.
- Resistente a la humedad.
- Elemento reciclable.

iii. Manguera 3/8de presión revestida (ISO 17484-1)

- Estructura flexible.
- Resistencia de presión hasta 120 PSI.

iv. Bomba de combustible Bosch (ISO 9000)

- Tensión de 12 (V).
- Amperaje de 4-5 (A).
- Presión de 3-4 (Bar).
- Micro filtro interno

v. Sensor de presión (ISO 9000/17025)

- Rango de presión de 1-400 (Bar).
- Exactitud $\leq \pm 0.5\%$ F.S.
- Temperatura de operación de -20°C - 80°C.
- Conexión eléctrica DIN 43650 tipo de salida micro mini o de línea.

- Señal de salida de 4-20(mA) o 0-10 (V).
- Nivel de protección IP65.
- Conexión de presión ¼” NPT, PT.

vi. Sensor de caudal volumétrico (ISO 6817)

- Sensor de efecto hall.
- Precisión del 3% de 1 a 60 lts por min.
- Voltaje de funcionamiento de 5-24 (V).
- Capacidad de carga de ≤ 10 mA (DC 5V).
- Temperatura de funcionamiento $\leq 80^{\circ}\text{C}$.
- Humedad de funcionamiento de 35-90% RH.
- Presión del agua ≤ 2.0 MPa.

vii. Electro válvula (ISO 9001)

- Presión de trabajo de 0-7 kg/cm/0-99.5 PSI.
- Voltaje de 110 VAC 50/60 HZ.
- Estado inicial NC.
- Conexión de ¼” NPT.
- Paso de flujo de 2.5 mm (CV=0.23).
- Medio de trabajo en aire, agua, aceite, gasolina, gas.
- Sello en viton de alta temperatura.

viii. Gy-906 Mlx90614 sensor de temperatura infrarroja Arduino (ISO 9000)

- 10 K para resistencias para el I2C interfaz.
- $-40. + 125^{\circ}\text{C}$ para la temperatura del sensor.
- $-70. + 380^{\circ}\text{C}$ para temperatura del objeto.
- Resolución de medición $0,02^{\circ}\text{C}$.

ix. Depósitos ámbar (ISO 7348)

- Deposito aséptico, inerte, impermeable.
- Resistente a altas temperaturas.
- Mayor opacidad y protección de la luz.

x. Fluido de pruebas A3 médium test dust (ISO 12103-1)

- Punto de congelación: $59,4^{\circ}\text{C}$ min.
- Punto de inflamación: $93,3^{\circ}\text{C}$ min.
- Número base o acido: 0,2 mg KOH g.

- Precipitación: 0.
- Viscosidad 1): 13,2 mm²/s a 40°C min.
- Viscosidad: 500 mm²/s a 40°C min.
- Silicio 69.0-77.0%.
- Aluminio 8.0-14.0%.
- Planchar 4.0-7.0%.
- Sodio 1.0-4.0%.
- Calcio 2.5-5.5%.
- Magnesio 1.0-2.0%.
- Titanio 0.0-1.0%.
- Potasio 2.0-5.0%.

xi. Filtro de combustible (ISO TS 16949)

- Papel micro filtrante.
- Presión de trabajo de 3-6 (Bar).
- Material dúctil.

xii. Arduino mega (ISO / IEC 14543-3-11)

- Microcontrolador ATmega2560.
- Voltaje de operación de 5(V).
- Voltaje de entrada recomendado de 7-12 V.
- Voltajes de entrada mínimo y máximo de 6-20 V.
- Pines de E/S digital de 54 (de los cuales 15 son salida PWM)
- Pines de entrada analógica de 16.
- Corriente CC por cada pin E/S de 20 mA.

CAPITULO IV

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

El equipo electromecánico conocido de ahora en adelante como banco de pruebas de filtros de combustible fue desarrollado con tecnología arduino capaz de simular una parte del sistema de inyección de combustible del vehículo, el banco de pruebas permite adquirir señales de presión y caudal las cuales son receptadas en una tabla de cálculo Excel la cual realiza los cálculos de dinámica del fluido a la cual es sometido el filtro, también posee un controlador de actuadores electromecánicos necesarios para el control de flujo de líquido carburante, además de disponer de un tablero de control y mando separado del sistema carburante el cual se encontrara en una caja interna separada del sistema mismo.

4.1. Diseño

4.1.1. Plano de diseño

Con el fin de cumplir los objetivos y satisfacer las necesidades del proyecto se decidió utilizar la herramienta de diseño asistido por computadora CAD, la cual nos permite tener una mejor perspectiva del banco de pruebas a construirse gracias a su visualización en 3D además de otorgarnos los planos técnicos para su producción en SolidWorks, el banco de pruebas para filtros de combustibles está diseñado según la normativa NTE INEN-ISO 19438 para así obtener los resultados que se desean.

En el anexo 8.4 se observa el plano de diseño del banco de pruebas donde se puede apreciar la vista principal, frontal, superior y trasera. Con el programa de modelamiento SolidWorks se pudo visualizar la estructura del banco de pruebas terminada en su totalidad como se puede apreciar en la figura 4.1, 4.2 y 4.3.

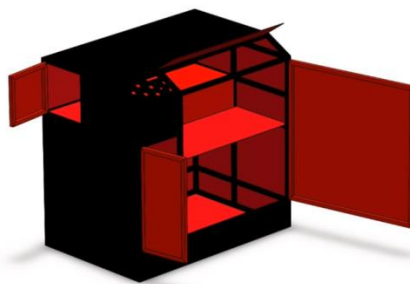


Figura. 4.1. Estructura en SolidWorks del banco de pruebas.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

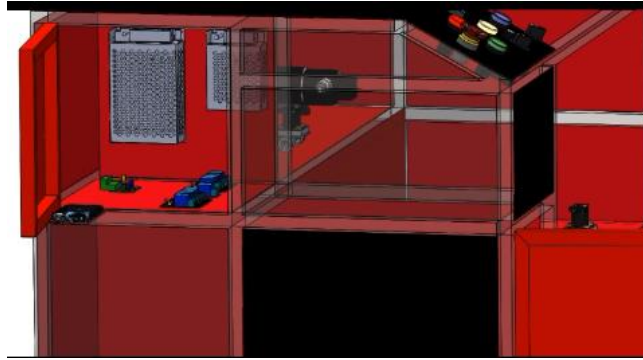


Figura. 4.2. Estructura en SolidWorks del panel electrónico arduino.
Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.



Figura. 4.3. Estructura en SolidWorks del panel de control del banco de pruebas.
Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

4.1.2. Esquema electrónico

Se procede a desarrollar el esquema electrónico con la ayuda de la herramienta de diseño Proteus en la cual se podrá representar de una mejor manera el sistema de control Arduino Mega la cual será la encargada de activar los sensores de medición para captar las señales eléctricas y enviarlas a un receptor en este caso una tabla de cálculo Excel, además de activar y regular los actuadores por medio de un panel de control para controlar el flujo del carburante en el sistema. Como se aprecia desde la imagen 4.4 hasta la 4.9.

CONTROLADOR

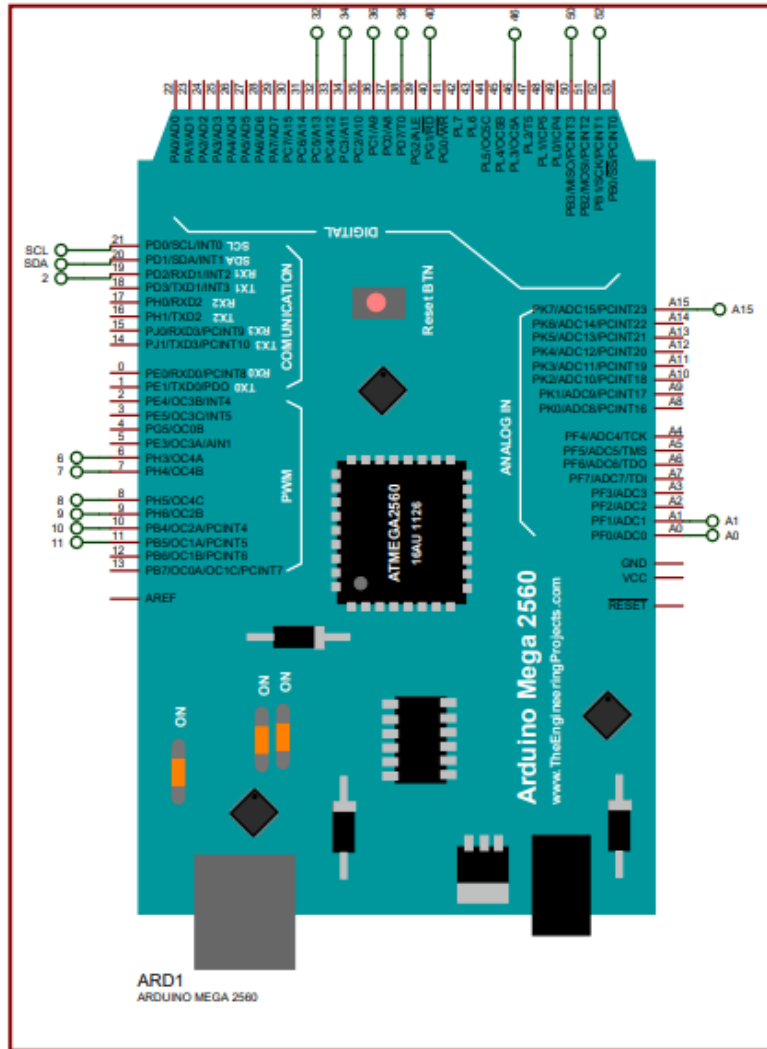


Figura. 4.4. Esquema del controlador Arduino del banco de pruebas.
Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

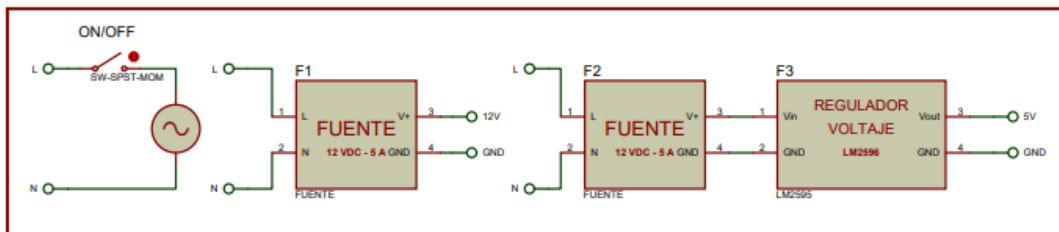


Figura. 4.5. Esquema del sistema de alimentación del banco de pruebas.
Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

PANEL DE CONTROL

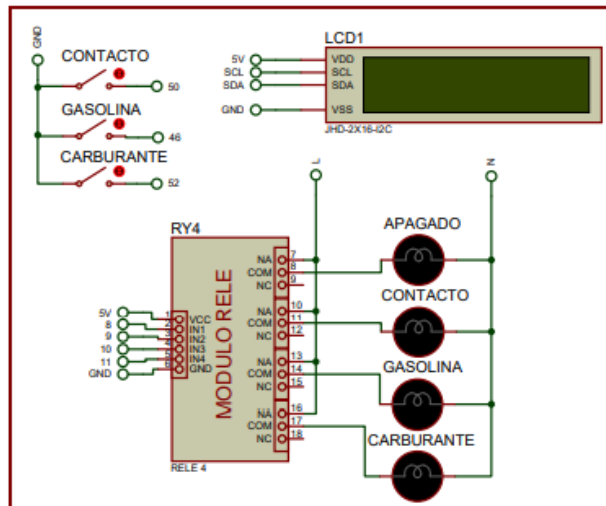


Figura. 4.6. Esquema del panel de control del banco de pruebas.
Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

SENSORES

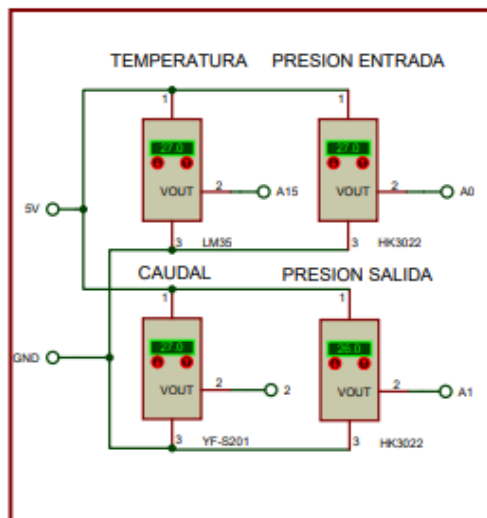


Figura. 4.7. Esquema de sensores del banco de pruebas.
Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

CONTROL DE ELECTROVALVULAS

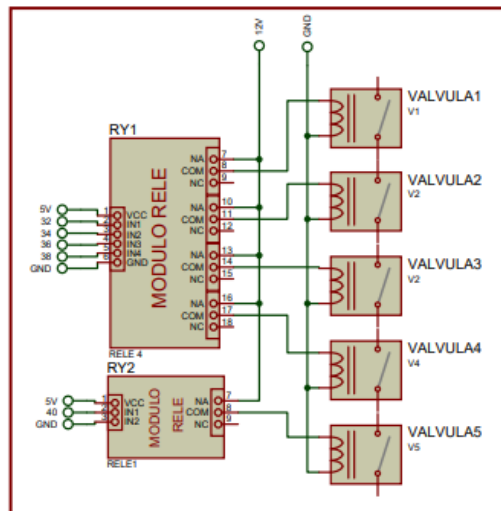


Figura. 4.8. Esquema de control de electroválvulas del banco de pruebas.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

CONTROL DE MOTORES

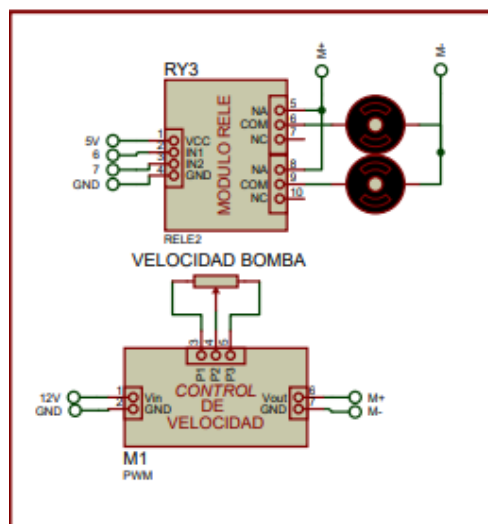


Figura. 4.9. Esquema de control de motores del banco de pruebas.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

4.1.3. Esquema hidráulico

Mediante la utilización de la herramienta FluidSim se pudo representar el esquema hidráulico el cual nos facilita la simulación de los componentes internos del sistema los cuales son los encargados de generar las lecturas de medición y controlar el flujo del carburante en el sistema. Como se puede apreciar en la imagen 4.10.

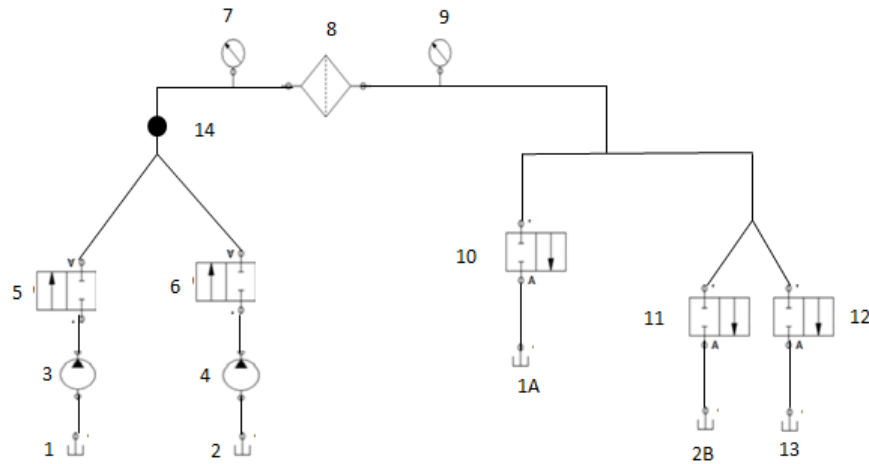


Figura. 4.10. Esquema hidráulico del banco de pruebas.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

Dónde:

1. Deposito gasolina.
2. Deposito fluido de prueba.
3. Electro bomba gasolina.
4. Electro bomba fluido de prueba.
5. Electroválvula salida de gasolina.
6. Electroválvula salida de fluido de prueba.
7. Sensor de presión antes del filtro.
8. Filtro de combustible.
9. Sensor de presión después del filtro.
10. Electroválvula retorno de gasolina.
11. Electroválvula retorno de fluido de prueba.
12. Electroválvula salida de toma de muestra fluido de prueba.
13. Deposito toma de muestra.
14. 2B, retorno de fluido de prueba (regresa al tanque 2).
15. 1A, retorno de gasolina (regresa al tanque 1).
16. Sensor de flujo (Caudalímetro).

4.2. Construcción

4.2.1. Estructura del equipo

Una vez seleccionado nuestro diseño procedemos con la construcción de la misma, se comienza la elaboración de la estructura del banco de pruebas en tubo cuadrado de ½” con el cual se forma un cuerpo como el que se indicó en el plano anteriormente y se utiliza suelda del tipo E6011 para una mejor sujeción del cuerpo como se puede apreciar en la figura 4.11.



Figura. 4.11. Construcción de estructura del banco de pruebas.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

Como se aprecia en la figura 4.12, se procede a colocar una cubierta de tol negro y brillante paneleado en todos los espacios de la estructura, la cual permite en caso de un derrame de gasolina o carburante no comprometa la integridad del mismo.



Figura. 4.12. Cubierta de la estructura del banco de pruebas.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

Una vez cubierta la estructura completamente se procede con los acabados de pintura para lo cual se eligió los tonos rojo y negro para una mejor apariencia. Como se aprecia en la figura 4.13.



Figura. 4.13. Acabado de pintura de la estructura del banco de pruebas.
Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

Una vez terminada la estructura del banco de pruebas se procede a instalar los componentes correspondientes para su correcto funcionamiento como se puede apreciar a continuación.



Figura. 4.14. Instalación de soporte porta filtros.
Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.



Figura. 4.15. Instalación de panel de control banco de pruebas.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

4.2.2. Estructura hidráulica

Una vez realizada la instalación de los componentes de control se procede al armado del sistema hidráulico el cual es el elemento principal del banco de pruebas ya que es el encargado de simular el sistema de alimentación del vehículo y con el cual nos permitirá realizar las pruebas necesarias para tomar las muestras que posteriormente se analizarán en un laboratorio. El sistema estará conformado por 3 tanques, 2 bombas de combustible automotriz de 3 bares, cañería revestida de 3/8, sensor de flujo YFS201, 2 sensores de presión, 1 regulador de presión, 5 electroválvulas para controlar el flujo en el sistema y una llave de paso para la toma de muestras. Como se puede apreciar en las figuras 4.16, 4.17 y 4.18. El banco de pruebas cuenta con dos sistemas para trabajar con diferentes fluidos los cuales tienen las siguientes estructuras.

- SISTEMA DE GASOLINA – depósito Gasolina, Pila de gasolina – Electroválvula 1 – Sensor de Flujo – Sensor de Presión 1 – Filtro – Sensor de Presión 2 – Electroválvula de retorno depósito de gasolina- Regulador de presión mecánico 1.
- SISTEMA DE CARBURANTE- depósito Carburante, Pila de carburante – Electroválvula 2 – Sensor de Flujo – Sensor de Presión 1 – Filtro – Sensor de Presión 2

– BYPAS de Electroválvulas para: Retorno Carburante y llave de acción mecánica para extracción de pruebas de líquido carburante y electroválvula para depósito de drenado-regulador de presión mecánico 2.



Figura. 4.16. Sensor de flujo y electro válvulas.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.



Figura. 4.17. Sensor de presión.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.



Figura. 4.18. Ensamblaje del sistema hidráulico.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020

4.2.3. Estructura eléctrica y electrónica

La parte eléctrica y electrónica es la encargada de alimentar el sistema y activar los sensores correspondientemente, para que estos realicen su función que es transformar las señales físicas en eléctricas y por medio de un sistema arduino este controle y reenvíe esas señales de medición a una base de datos en Excel, además de controlar, activar y parar a los actuadores del sistema por medio del panel de control. Como se puede apreciar en la imagen 4.19. Para ello se utilizaron varios componentes los cuales se detallan a continuación.

4.2.4. Referencia eléctrica y electrónica

- Tablero de control independiente en AC Y DC implementado sobre un material dieléctrico o baja conductividad eléctrica (acrílico negro de 6 mm)
- Utilización de microcontrolador Arduino, módulos de control y activación de la misma tecnología, fuentes de alimentación.
- Utilización de cable flexible #16 AWG control de elementos electromecánicos, cable FTP para control de módulos de activación y señal de elementos de mando como pulsadores tipo selector de dos posiciones.
- Canaletas ranuradas y corrugadas para el tendido de cables de señal de control y activación. • Switch de encendido general del sistema.
- Módulos de activación Relés de 2 canales, 4 Canales direccionados para el sistema.
- Módulo de control PWM necesario para variar el voltaje de suministro para la bomba o pila.
- Módulo regulador de tensión de 12VDC A 5VDC 10 AMP, necesario para control de módulos Relé.
- Arduino Mega 2560 necesario para controlar, adquirir señales de caudal, presión, almacenar una lógica de programación y permitir tener una comunicación serial con un ordenador.
- Sensor de Presión -1 a 6 bares, necesario para medir la presión interna del sistema durante el trabajo de operación.
- Sensor de Caudal yf-201 necesario para adquirir señal de caudal dentro de un sistema cave recalcar que este sensor funciona con efecto hall y emite una señal de voltaje, este sensor es direccionado para ser utilizado en sistemas de agua.

- Sensor de Temperatura LM35 módulo que permite adquirir la señal de temperatura ambiente.



Figura. 4.19. Banco electrónico de control.
Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.



Figura. 4.20. Ensamblaje de parte eléctrica y electrónica del banco de pruebas.
Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

1. Referencia código de programación

- PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO: BANCO DESACTIVADO – luz indicadora color ROJO.

- PARO DE EMERGENCIA DESACTIVADO: BANCO ACTIVADO – luz indicadora color VERDE y en display LCD 16X2 muestra un mensaje “SELECCIONE MODO DE OPERACIÓN” y posterior muestra la temperatura ambiente, permitiendo así seleccionar proceso de prueba con GASOLINA o CARBURANTE.
- PROCESO DE PRUEBA – GASOLINA – inicia la activación de la PILA 2 con un tiempo editable por código en el que permite simular el proceso de limpieza de cañerías del último líquido de prueba utilizado, una vez terminado, el tiempo el cierre de las electroválvulas por acción de activación de la bobina, permite simular el proceso óptimo de recorrido descrito como diseño del sistema.
- PROCESO DE PRUEBA – CARBURANTE – inicia la activación de la PILA 2 con un tiempo editable por código en el que permite simular el proceso de limpieza de cañerías del último líquido de prueba utilizado, una vez terminado el tiempo, el cierre de las electroválvulas por acción de activación de la bobina, permite simular el proceso óptimo de recorrido descrito como diseño del sistema.
- El código de programación permite enviar los datos mediante una comunicación serial a un ordenador con Excel de manera automática , capaz de almacenar a manera de lista los valores adquiridos de Presión 1 , Caudal y Presión 2 únicamente cuando el banco de pruebas está en funcionamiento, de manera consecutiva si el cambio de prueba a sistema carburante , se actualiza la base de datos de manera automática , el software de adquisición no influye en el funcionamiento de programación sino es un software de supervisión de funcionamiento.

En el banco de pruebas para filtros de combustibles elaborado (figura 4.21) se puede realizar pruebas para estudiar la dinámica del fluido que afecta al filtro para determinar el desgaste del mismo al cumplir su vida útil en el vehículo dependiendo al kilometraje que este sea sometido, además de que se puede realizar un análisis comparativo con diferentes tipos de fluidos gracias a que el equipo consta de dos líneas de alimentación en la cual una nos permite tomar una muestra del fluido posterior a pasar por el elemento filtrante el cual puede ser enviado a un laboratorio a analizar para mayor detalle. El sistema es alimentado a 110 V y en su interior posee un transformador el cual permite regular la tensión de la misma para que los componentes internos y electrónicos puedan funcionar a 12V y 5V. El banco de pruebas trabajara a una presión de 3-4 Bares gracias a la bomba de combustible automotriz que esta posee y gracias al banco de control electrónico nos permite por medio de un potenciómetro controlar la señal de alimentación de la bomba de combustible y como

resultado a ello controlar la presión de la misma, afectando directamente al caudal flujo métrico del sistema. Además, el sistema tiene implementado electro válvulas que ayudan a controlar el paso del fluido, también evitan fugas y retornos (cavitación) en el sistema.



Figura. 4.21. Banco de pruebas para el análisis flujo métrico de filtros de combustible.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

CAPITULO V

5. ANALISIS Y RESULTADOS

5.1. Selección de filtros

Para la selección de filtros se realizó una encuesta con ayuda de la herramienta de formularios de google drive la cual se aplicó a un muestreo de 110 personas en la ciudad de Quito y mediante ello determinar cuáles son los 3 filtros en el mercado con mayor índice de consumo como se aprecia en la imagen 5.1.

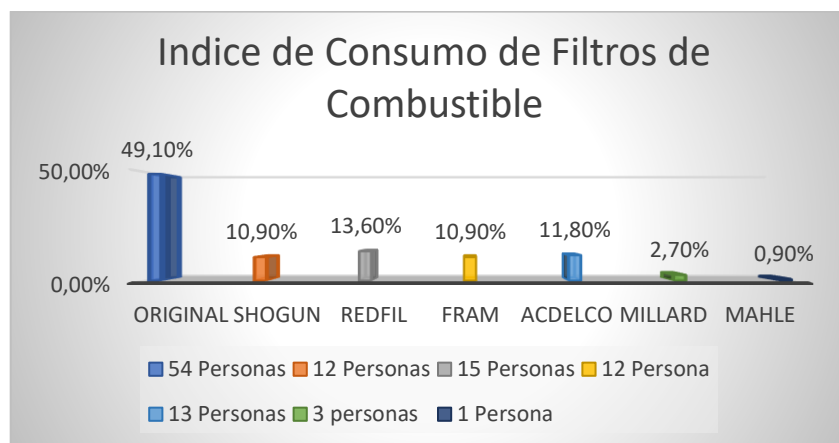


Figura. 5.1. Nivel de consumo de filtros de combustible de venta a nivel de Quito.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

Para analizarla calidad del papel filtrante por medio de su eficiencia de filtrado y su capacidad de retención de sedimentos sólidos, se lo realizara en el banco de pruebas donde se simulara una línea de alimentación de combustible, la cual nos permitirá no solo analizar la dinámica del fluido en el interior del filtro de combustible sino también nos permitirá determinar la durabilidad del mismo por medio de un análisis de variación de presión en el filtro, para ello se utilizaran filtros de distintas marcas en diferentes rangos de uso, 5000 km, 10000 km y 15000 km. Posterior a eso se hará recircular el fluido de pruebas 121032-1, A3 médium test dust por la línea de alimentación y obtener varias muestras posterior al paso del filtro para determinar la cantidad de sedimentos sólidos que retiene el filtro en sus diferentes etapas de uso para lo cual se seleccionó el ensayo de cenizas mediante la metodología ASTM.

5.2. Tomas de muestra

En la toma de muestras se utilizó solamente los filtros de 15000 km dentro de las tres marcas que se seleccionaron previamente para su análisis, debido a que estos al poseer un mayor periodo de uso, nos permiten tomar una muestra con mayor nivel de sedimento sólido. Se procede a realizar pruebas de intervalos de seis minutos por una hora como especifica la norma ISO 19438 esto con cada uno de los filtros escogidos realizando 7 intervalos y al termino de dicho lapso de tiempo se recoge una muestra de 120 ml por medio de la toma de muestras del banco de pruebas el cual serviría para el posterior análisis en el laboratorio, de esta manera se tomarán las muestras con cada uno de los filtros A, B y C. (Figuras 5.2).



Figura. 5.2. Muestras de filtros a 15000 km con fluido de pruebas 121032-1, A3 médium test dust.
Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

La muestra Z (Figura 5.3) corresponde al fluido de ensayo sin haber pasado por ningún filtro, el cual fue tomado directamente del envase, esta muestra servirá para que el laboratorio determine por medio de un ensayo de gravimetría la cantidad de ceniza existente en las muestras A, B Y C. La muestra X corresponde a la gasolina extra limpia y libre de aditivos la cual es necesaria para realizar el respectivo análisis comparativo con respecto a las muestras y el líquido de pruebas.



Figura. 5.3. Muestra X (Gasolina extra) y Z (Fluido de pruebas 121032-1, A3 médium test dust).
Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

Después de haber tomado las muestras necesarias se procede a enviar al laboratorio designado el cual es el Departamento de Petróleo, Energía y Contaminación (DPEC) que pertenece a la Universidad Central del Ecuador, el mismo que cuenta con una acreditación SAE para realizar el ensayo deseado y de esta manera obtener resultados certificados.

5.3. Resultados de laboratorio

Los resultados entregados se encuentran en unidades de micrómetros (μm) como se aprecia en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Resumen de partículas en muestra de 200 ml.

Tamaño	Partículas por ml
10 μm	5000-10000
20 μm	1000-5000
30 μm	500-1000

(PallCorporation, 2020)

5.4. Análisis e interpretación de resultados

5.4.1. Muestra Z

Los resultados otorgados por el DPEC correspondientes a la prueba de gravimetría realizada a la muestra Z, nos permitirán interpretar la cantidad de ceniza existente en el fluido de pruebas 12103-1, A3 el cual será usado para el análisis de los filtros a 15000 km.

Tabla 5.2.Datos informe DPEC (muestra Z)

Tipo de muestra	Gasolina
Determinación	CENIZAS
Unidades	% VOL
Metodo	ASTM D-482
Presión ambiental de trabajo	545,2 mm Hg
Temperatura de trabajo	18,6 °C
Resultado	0,0841 %

(DPEC, 2020)

El resultado de la muestra del fluido de pruebas 12103-1, A3 determinado con el nombre muestra gasolina por el DPEC nos entrega la siguiente información, por medio del ensayo de determinación de cenizas realizado en el laboratorio con las condiciones ambientales de presión 545,2 mm Hg y a una temperatura de trabajo de 18,6°C, tiene como resultado que el porcentaje de residuos sólidos es de 0,0841% encontrados en la muestra de 220 ml tomada del fluido.

5.4.2. Muestra X

Los resultados otorgados por el DPEC correspondientes a la prueba de gravimetría realizada a la muestra X, nos permitirán interpretar la cantidad de ceniza existente en el combustible extra el cual será usado para el análisis de los filtros a 15000 km.

Tabla 5.3.Datos informe DPEC (muestra X)

Tipo de muestra	Gasolina
Determinación	CENIZAS

Unidades	% VOL
Método	ASTM D-482
Presión ambiental de trabajo	545,2 mm Hg
Temperatura de trabajo	18,6 °C
Resultado	0,0641 %

(DPEC, 2020)

El DPEC nos entrega la siguiente información correspondiente a la muestra X de gasolina extra, por medio del ensayo de determinación de cenizas realizado en el laboratorio con las condiciones ambientales de presión 545,2 mm Hg y a una temperatura de trabajo de 18,6°C, tiene como resultado que el porcentaje de residuos sólidos es de 0,0641% encontrados en la muestra de 220 ml tomada del fluido.

5.4.3 Muestra A

El resultado de la muestra A donde dicha denominación de la muestra representa al filtro original Chevrolet sin uso es decir 0 Km se observa en la tabla de resultados otorgados por el DPEC.

Tabla 5.4.Datos informe DPEC (muestra A)

Tipo de muestra	Gasolina
Determinación	CENIZAS
Unidades	% VOL
Método	ASTM D-482
Presión ambiental de trabajo	545,2 mm Hg
Temperatura de trabajo	18,6 °C
Resultado	0,0001 %

(DPEC, 2020)

El porcentaje de sólidos que resultaron del ensayo de gravimetría realizado en laboratorio a la muestra A en base a la cantidad de 220 ml del fluido de ensayo fue de 0,0001% y llevada a cabo con las condiciones ambientales de presión 545,2 mm Hg a una

temperatura de 18,6°C. Se procede a realizar el cálculo de la eficiencia de filtrado al filtro nuevo para conocer su durabilidad real y mediante eso determinar el desgaste de los mismos a mayor uso.

$$E = \frac{Cu - Cd}{Cu} \times 100 \quad \text{Ec. [5.1]}$$

Dónde:

E: Eficiencia de filtrado

Cu: Es el porcentaje de partículas sólidas de la muestra Z = 0,0841%

Cd: Es el porcentaje de partículas sólidas de la muestra A = 0,0001%

$$E = \frac{0.0841 - 0.0001}{0.0841} \times 100$$

$$E = 99.88\%$$

Resultando el filtro Original A con una eficiencia de filtrado del 99,88%.

5.4.4. Muestra B

Para el resultado de la muestra B donde dicha denominación de la muestra representa al filtro genérico nacional marca shogun con tiempo de uso de 0 Km se observa en la tabla otorgada por el DPEC.

Tabla 5.5. Datos informe DPEC (muestra B)

Tipo de muestra	Gasolina
Determinación	CENIZAS
Unidades	% VOL
Método	ASTM D-482
Presión ambiental de trabajo	545,2 mm Hg
Temperatura de trabajo	18,6 °C
Resultado	0,0158 %

(DPEC, 2020)

El porcentaje de sólidos que resultaron del ensayo de gravimetría realizado en laboratorio a la muestra B en base a la cantidad de 220 ml del fluido de ensayo fue de 0,0158% y llevada a cabo con las condiciones ambientales de presión 545,2 mm Hg a una temperatura de 18,6°C, mediante esos datos se procede a general el cálculo de la eficiencia de filtrado para el filtro genérico nacional marca Shogun con tiempo de uso de 0 Km para determinar su eficiencia real.

$$E = \frac{Cu - Cd}{Cu} \times 100 \quad \text{Ec. [5.1]}$$

Dónde:

E: Eficiencia de filtrado

Cu: Es el porcentaje de partículas sólidas de la muestra Z = 0,0841%

Cd: Es el porcentaje de partículas sólidas de la muestra B = 0,0158%

$$E = \frac{0.0841 - 0.0158}{0.0841} \times 100$$

$$E = 81.21\%$$

Resultando el filtro genérico nacional marca shogun con una eficiencia de filtrado del 81,21%.

5.4.5. Muestra C

Para el resultado de la muestra C donde dicha denominación de la muestra representa al filtro genérico extranjero marca Redfil con tiempo de uso de 0 Km se observa en la tabla otorgada por el DPEC.

Tabla 5.6. Datos informe DPEC (muestra C)

Tipo de muestra	Gasolina
Determinación	CENIZAS
Unidades	% VOL
Método	ASTM D-482
Presión ambiental de trabajo	545,2 mm Hg
Temperatura de trabajo	18,6 °C

Resultado	0,0203 %
------------------	----------

(DPEC, 2020)

El porcentaje de sólidos que resultaron del ensayo de gravimetría realizado en laboratorio a la muestra C en base a la cantidad de 220 ml del fluido de ensayo fue de 0,0203% y llevada a cabo con las condiciones ambientales de presión 545,2 mm Hg a una temperatura de 18,6°C, mediante esos datos se procede a general el cálculo de la eficiencia de filtrado para el filtro genérico extranjero marca Redfil con tiempo de uso de 0 Km para determinar su eficiencia real.

$$E = \frac{Cu - Cd}{Cu} \times 100 \quad \text{Ec. [5.1]}$$

Dónde:

E: Eficiencia de filtrado

Cu: Es el porcentaje de partículas sólidas de la muestra Z = 0,0841%

Cd: Es el porcentaje de partículas sólidas de la muestra C = 0,0203%

$$E = \frac{0.0841 - 0.0203}{0.0841} \times 100$$

$$E = 75,86\%$$

Resultando el filtro genérico extranjero marca shogun con una eficiencia de filtrado del 75,86%.

5.5. Comparativa de eficiencia de filtrado-nuevos

Mediante una comparativa a los diferentes filtros a los 0 kilómetros de uso se determinó que el filtro original posee una mejor eficiencia de filtrado con respecto a los filtros genéricos tanto nacional como extranjero como se puede apreciar en la figura 5.4.

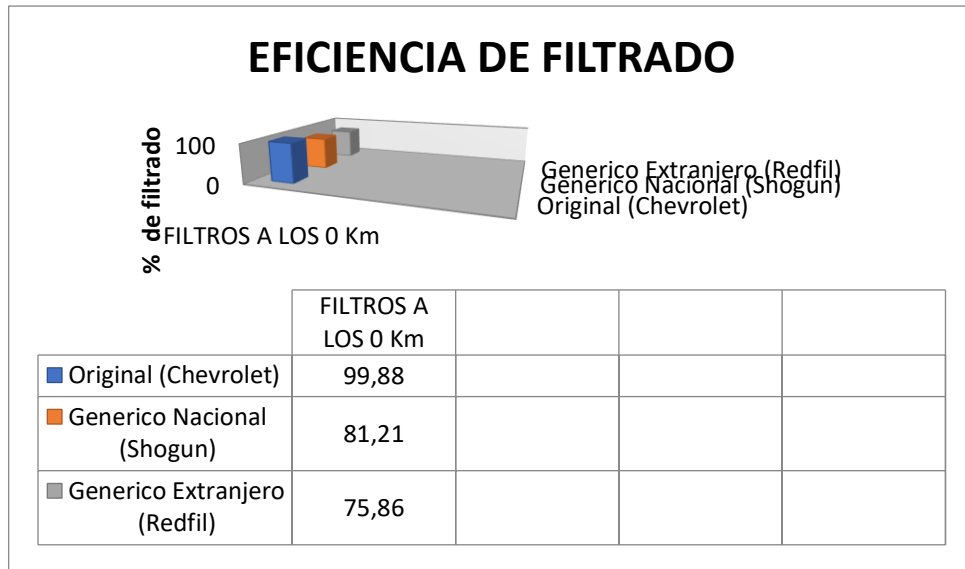


Figura. 5.4. Comparativa de la eficiencia de filtrado entre filtros original, nacional y extranjero a los 0 Km.
Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

Es claro que con los resultados obtenidos después del análisis en laboratorio el filtro con mayor eficiencia de filtrado es el original A con un 99,88% mientras que la marca genérica B y C obtuvieron 81,21% y 75,86 % respectivamente. Mediante la gráfica de eficiencia vs tamaño de la partícula en filtros de combustible, se observa que el filtro original A es el que más se acerca a cumplir valores ideales con respecto a la eficiencia de filtrado en dispositivos filtrantes según la normativa INEN-ISO 19438 2003.

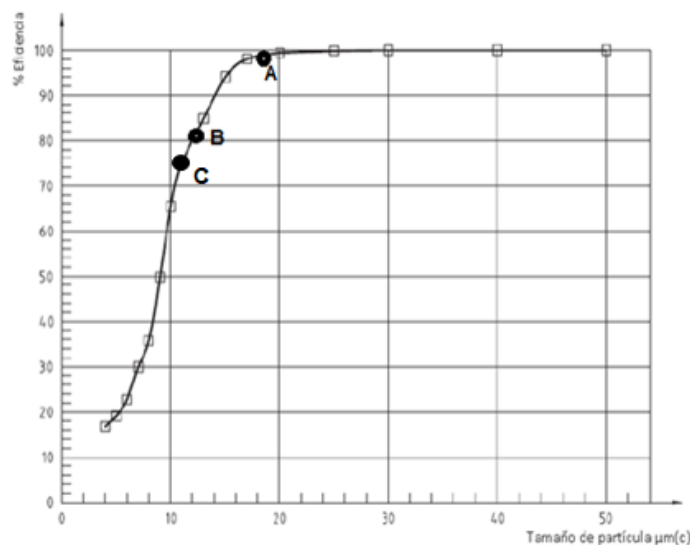


Figura. 5.5. Grafica eficiencia (%) vs tamaño de partícula (µm).
INEN-ISO 19438 2003

5.5.1. Durabilidad

Para determinar la durabilidad de los filtros de combustible se debe tomar en cuenta que como cualquier elemento que genera una resistencia al paso de un fluido, estos obtendrán un deterioro progresivo además de ser sometidos a diferentes variables con paso del tiempo, los cuales se engloban directamente a la dinámica de fluidos, tomando en cuenta también que cada fabricante de vehículos define el kilometraje o horas de uso para realizar el cambio del filtro de combustible también factores como ubicación geográfica, calidad del combustible entre otros, es así que en el manual del propietario está definido el kilometraje al que se tiene que sustituir el filtro de combustible en cada país. En este caso se utilizó el vehículo Grand Vitara de 4 cilindros en línea de 1.6 Cc el cual será el encargado de proporcionar los filtros después de que cumplan un tiempo de uso en este caso a los 5000 km, 10000 km y 15000 km. Los filtros obtenidos se colocarán en el banco de pruebas donde se analizarán dichas variables y se verificará si existe una diferencia de presión al paso del fluido antes y después del filtro de combustible, este proceso se repetirá en todos los grupos de filtros obtenidos.

Los filtros a usarse en esta prueba se clasificarán en originales, nacionales y extranjeros cada uno conformado por un grupo de tres filtros con su respectivo rango de uso.

5.5.2. Prueba con filtro a los 5000 km de uso

Se procede a colocar los filtros de combustible con un rango de uso de 5000 km en el banco de pruebas, se enciende el mismo y se selecciona el modo de prueba a utilizarse, en este caso se seleccionó el modo de prueba combustible en el banco de pruebas el cual ara recircular la gasolina por el interior del filtro por medio de cañerías de presión, simulando así el sistema de alimentación y por medio de sensores de presión colocados antes y después del filtro nos ayudara a determinar si existe una variación de presión en el mismo.

Tabla 5.7. Valores de presión filtro a los 5000 km de uso.

FILTRO	MARCA	KM USO	PRESION ENTRADA	PRESION SALIDA
ORIGINAL	CHEVROLET	5000 Km	3.29 Bar	3.29 Bar
NACIONAL	SHOGUN	5000 Km	3.29 Bar	3.29 Bar
EXTRANJERO	REDFIL	5000 Km	3.29 Bar	3.29 Bar

(Heredia, E; Ríos, W; Ribadeneira, D, 2020)

Los filtros originales, genérico nacional y genérico extranjero a los 5 mil kilómetros de uso presentaron la misma presión de 3.29 Bar antes y después del filtro; esto al momento de medirlas en el banco de pruebas. Por lo cual su capacidad filtrante no ha sido deteriorada y se mantiene.

5.5.3. Prueba con filtro a los 10000 km de uso

Se procede a repetir el mismo proceso, esta vez con los filtros con un periodo de uso de 10000 km.

Tabla 5.8. Valores de presión filtro a los 10000 km de uso.

FILTRO	MARCA	KM USO	PRESION ENTRADA	PRESION SALIDA
ORIGINAL	CHEVROLET	10000 Km	3.29 Bar	3.29 Bar
NACIONAL	SHOGUN	10000 Km	3.29 Bar	3.29 Bar
EXTRANJERO	REDFIL	10000 Km	3.29 Bar	3.29 Bar

(Heredia, E; Ríos, W; Ribadeneira, D, 2020)

Los filtros originales, genérico nacional y genérico extranjero a los 10 mil kilómetros de uso presentaron la misma presión de 3.29 Bar antes y después del filtro; esto al momento de medirlas en el banco de pruebas. Por lo cual su capacidad filtrante no ha sido deteriorada y se mantiene.

5.5.4. Prueba con filtro a los 15000 km de uso

Se procede a repetir el mismo proceso, esta vez con los filtros con un periodo de uso de 15000 km.

Tabla 5.9. Valores de presión filtro a los 15000 km de uso.

FILTRO	MARCA	KM USO	PRESION ENTRADA	PRESION SALIDA
ORIGINAL	CHEVROLET	15000 Km	3.29 Bar	3.29 Bar
NACIONAL	SHOGUN	15000 Km	3.29 Bar	3.28 Bar
EXTRANJERO	REDFIL	15000 Km	3.29 Bar	3.27 Bar

(Heredia, E; Ríos, W; Ribadeneira, D, 2020)

El filtro original a los 15 mil kilómetros de uso no presento una variación de presión de 3.29 Bar antes y después del filtro; esto al momento de medirlas en el banco de pruebas, por lo cual su capacidad filtrante no ha sido deteriorada y se mantiene. En el caso de los filtros genérico nacional y genérico extranjero a los 15 mil km de uso presenta una variación de presión de 3.28 Bar y 3.27 Bar respectivamente, aunque la variación es mínima, se empieza a notar el deterioro del papel filtrante en su interior; esto al momento de medirlas en el banco de pruebas.

Para comprobar si la calidad de filtrado disminuye se optó por seleccionar los 3 filtros de la última categoría, es decir los filtros original, genérico nacional y genérico extranjero a los 15 mil kilómetros de uso, los cuales por medio del banco de pruebas nos permitirá hacer recircular el fluido de pruebas por su interior para así poder tomar una muestra de cada uno y enviarla al laboratorio designado el cual es el DPEC que pertenece a la Universidad Central del Ecuador, el mismo que cuenta con una acreditación SAE para realizar el ensayo deseado y de esta manera obtener resultados certificados para verificar la calidad de filtrado que entregaban cada uno de dichos filtros.

5.5.5. Resultados muestra Xa a los 15000 km de uso

Después de realizar el respectivo análisis por medio del ensayo de gravimetría método conteo de cenizas en el laboratorio se recibieron los resultados de la muestra (Xa 15000) filtro original/Chevrolet.

Tabla 5.10. Datos informe DPEC (Muestra Xa 15000 Km)

Tipo de muestra	Gasolina
Determinación	CENIZAS
Unidades	% VOL
Metodo	ASTM D-482
Presión ambiental de trabajo	545,2 mm Hg
Temperatura de trabajo	18,6 °C
Resultado	0,0080 %

(DPEC, 2020)

El resultado de la muestra Xa que representa la cantidad de fluido de pruebas tomada después de pasar por el filtro con 15.000 km de uso mostraron que el porcentaje de volumen de partículas sólidas fue de 0.0080% con esto se realizó el cálculo de la eficiencia de filtrado en base al fluido de pruebas (muestra Z) con la ecuación [5.1].

$$E = \frac{Cu - Cd}{Cu} \times 100 \quad \text{Ec. [5.1]}$$

Dónde:

E: Eficiencia de filtrado

Cu: Es el porcentaje de partículas sólidas de la muestra Z = 0,0841%

Cd: Es el porcentaje de partículas sólidas de la muestra Xa = 0,0080%

$$E = \frac{0.0841 - 0.0080}{0.0841} \times 100$$

$$E = 90.48\%$$

Resultando que el filtro original con los 15 mil kilómetros de uso muestra una eficiencia de filtrado del 90,48%.

5.5.6. Resultados muestra Xb a los 15000 km

A continuación, se puede observar el informe de la muestra (Xb 15.000 km) filtro genérico nacional/Shogun.

Tabla 5.11. Datos informe DPEC (Muestra Xb 15000 Km)

Tipo de muestra	Gasolina
Determinación	CENIZAS
Unidades	% VOL
Metodo	ASTM D-482
Presión ambiental de trabajo	545,2 mm Hg
Temperatura de trabajo	18,6 °C
Resultado	0,0201 %

(DPEC, 2020)

El resultado de la muestra Xb que representa la cantidad de fluido de pruebas tomada después de pasar por el filtro con 15.000 km de uso mostraron que el porcentaje de volumen de partículas sólidas fue de 0.0201% con esto se realizó el cálculo de la eficiencia de filtrado en base al fluido de pruebas (muestra Z) con la ecuación [5.1].

$$E = \frac{C_u - C_d}{C_u} \times 100 \quad \text{Ec. [5.1]}$$

Dónde:

E: Eficiencia de filtrado

Cu: Es el porcentaje de partículas sólidas de la muestra Z =0,0841%

Cd: Es el porcentaje de partículas sólidas de la muestra Xa = 0,0201%

$$E = \frac{0.0841 - 0.0201}{0.0841} \times 100$$

$$E = 76.10\%$$

Resultando que el filtro con los 15 mil kilómetros de uso muestra una eficiencia de filtrado del 76,1%.

5.5.7. Resultados muestra Xc a los 15000 km de uso

En la tabla 5.5 que se encuentra a continuación se observa los resultados de la muestra (Xc 15000) filtro genérico extranjero/Redfil.

Tabla 5.12. Datos informe DPEC (Muestra Xc 15000 Km)

Tipo de muestra	Gasolina
Determinación	CENIZAS
Unidades	% VOL
Metodo	ASTM D-482
Presión ambiental de trabajo	545,2 mm Hg
Temperatura de trabajo	18,6 °C
Resultado	0,0241 %

(DPEC, 2020)

El resultado de la muestra Xc que representa la cantidad de fluido de pruebas tomada después de pasar por el filtro con los 15 mil kilómetros de uso mostraron que el filtro entregaba un porcentaje de retención de partículas sólidas no muy eficiente en comparación con la muestra Z que representa al fluido de pruebas sin haber sido utilizado por ningún filtro solo recogido directamente del envase, demostrando que la calidad del filtrado es la que disminuye al llegar a los 15.000km de uso que estipulan para Ecuador los fabricantes de vehículos y repuestos. El porcentaje de volumen de partículas sólidas fue de 0,0241% con esto se realizó el cálculo de la eficiencia de filtrado en base al fluido de pruebas (muestra Z) con la ecuación [5.1].

$$E = \frac{Cu - Cd}{Cu} \times 100 \quad \text{Ec. [5.1]}$$

Dónde:

E: Eficiencia de filtrado

Cu: Es el porcentaje de partículas sólidas de la muestra Z = 0,0841%

Cd: Es el porcentaje de partículas sólidas de la muestra Xc = 0,0241%

$$E = \frac{0.0841 - 0.0241}{0.0841} \times 100$$

$$E = 71.34\%$$

Resultando que el filtro con los 15 mil kilómetros de uso muestra Xc filtro extranjero posee una eficiencia de filtrado del 71.34%.

5.6. Comparativa de eficiencia de filtrado en filtros de 15000 km

Después de haber realizado las pruebas en los diferentes filtros a los 15 mil kilómetros se determinó que el filtro original posee una mejor eficiencia de filtrado con respecto a los filtros genéricos tanto nacional como extranjero como se puede apreciar en la figura 5.6.

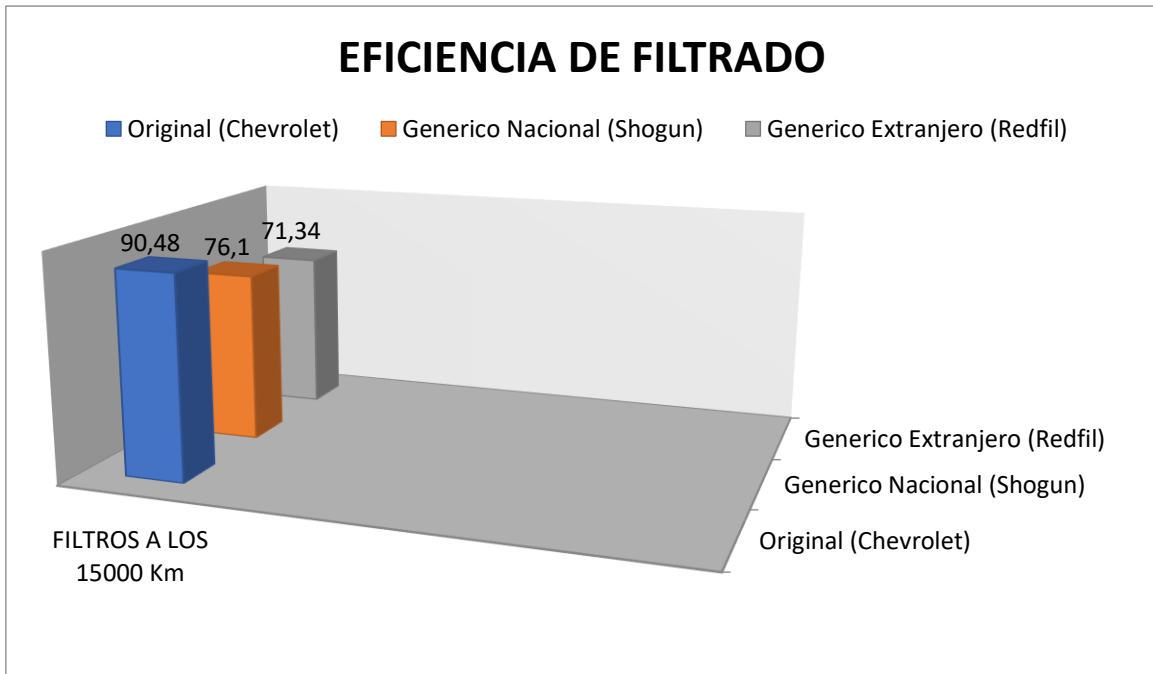


Figura. 5.6. Comparativa de la eficiencia de filtrado entre filtros original, nacional y extranjero a los 15 mil Km.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

5.6.1. Comportamiento del fluido en el interior de un filtro a los 15000 km

Para determinar el comportamiento del fluido y las variables que la componen en su paso por el interior del filtro, se ha determinado utilizar diferentes fórmulas que engloban a la dinámica del fluido, las cuales nos ayudaran a un mejor entendimiento del mismo. Para lo cual solo se utilizarán los filtros de 15000 km de uso y mediante el banco de pruebas el cual consta de una calculadora digital en Excel (Figura 5.7); será la encargada de ejecutar formulas predeterminadas con datos ya preestablecidos en el programa, como se detalla en la tabla 5.6.

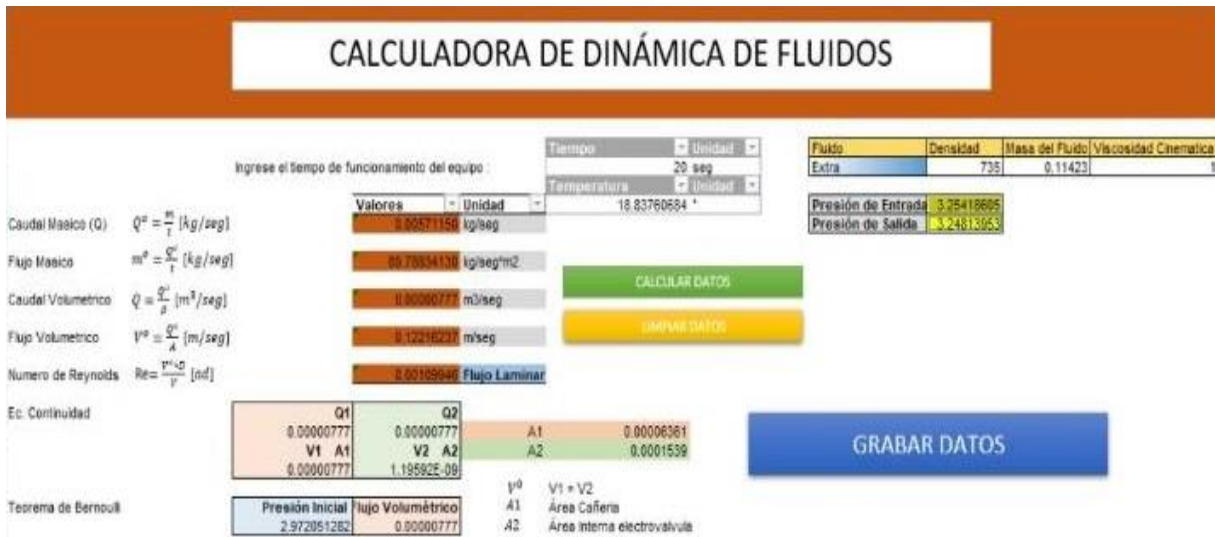


Figura. 5.7. Calculadora de variables cuantitativas del fluido.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020.

Tabla 5.13. Datos predeterminados en la calculadora de dinámica de fluidos del banco de pruebas

CARACTERISTICA	SUPER	EXTRA	FLUIDO DE PRUEBA	AGUA
PRESION SISTEMA	3 BAR	3 BAR	3 BAR	3 BAR
DIAMETRO CAÑERIA	0,009 metro	0,009 metro	0,009 metro	0,009 metro
CAUDAL VOLUMETRICO	4-6 Lt/min	4-6 Lt/min	4-6 Lt/min	4-6 Lt/min
AREA CAÑERIA	6,361X10-5 m2	6,361X10-5 m2	6,361X10-5 m2	6,361X10-5 m2
AREA INTERNA ELECTROVALVULA	1,539X10-4 m2	1,539X10-4 m2	1,539X10-4 m2	1,539X10-4 m2
DENSIDAD	703 kg/m3	735 kg/m3	869 kg/m3	997 kg/m3
MASA FLUIDO	0,11423 kg	0,11423 kg	0,09883 kg	0,01801 kg
VISCOCIDAD CINEMATICA	1 mm2/seg	1 mm2/seg	13,2 mm2/seg	1,004 mm2/seg

(Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B; 2021)

5.6.2. Cálculos para determinar el comportamiento y variables del fluido en el interior de un filtro original Chevrolet a los 15000 km de uso

El fluido base a utilizarse en estos cálculos es la gasolina (extra) ya que de esta manera determinaremos las condiciones reales a las que está trabajando un filtro de combustible.

1. Caudal másico (Q°)

$$Q^\circ = \frac{m}{t} \left[\frac{kg}{s} \right] \quad \text{Ec. [5.2]}$$

Dónde:

Q° = Caudal másico

m = Masa del fluido

t = tiempo funcionamiento del equipo desde que la bomba absorbe hasta que esta se para, tiempo estimado de funcionamiento por prueba 20 segundos.

$$Q^\circ = \frac{0,11423 \text{ [kg]}}{20 \text{ [seg]}}$$

$$Q^\circ = 5,7115 \times 10^{-3} \left[\frac{kg}{s} \right]$$

2. Flujo másico (m°)

$$m^\circ = \frac{Q^\circ}{A} \left[\frac{kg}{seg \cdot m^2} \right] \quad \text{Ec. [5.3]}$$

Dónde:

m° = Flujo másico

Q° = Caudal másico

A =Área de la cañería (sección circular)

$$m^\circ = \frac{5,7115 \times 10^{-3} \left[\frac{kg}{seg} \right]}{6,361 \times 10^{-5} \text{ [m}^2\text{]}}$$

$$m^{\circ} = 89,789 \left[\frac{kg}{seg * m^2} \right]$$

3. Caudal volumétrico (Q)

$$Q = \frac{Q^{\circ}}{\rho} \left[\frac{m^3}{seg} \right] \quad \text{Ec. [5.4]}$$

Dónde:

Q= Caudal volumétrico

Q[°]= Caudal másico

ρ = Densidad del fluido

$$Q = \frac{5,7115 \times 10^{-3} \left[\frac{kg}{seg} \right]}{735 \left[\frac{kg}{m^3} \right]}$$

$$Q = 7,770 \times 10^{-6} \left[\frac{m^3}{seg} \right]$$

4. Flujo volumétrico (V[°])/velocidad del fluido

$$V^{\circ} = \frac{Q}{A} \left[\frac{m}{seg} \right] \quad \text{Ec. [5.5]}$$

Dónde:

V[°]=Flujo volumétrico

Q= Caudal volumétrico

A=Área cañería

$$V^{\circ} = \frac{7,770 \times 10^{-6} \left[\frac{m^3}{seg} \right]}{6,361 \times 10^{-5} [m^2]}$$

$$V^{\circ} = 0,122 \left[\frac{m}{seg} \right]$$

5. Número de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{V^{\circ} * D}{\nu} \quad \text{Ec. [5.6]}$$

Dónde:

Re=Número de Reynolds

V°= Flujo volumétrico

D=Diámetro de la cañería

ν= Viscosidad cinemática del fluido (extra)

$$Re = \frac{0,122 * 0,009}{1}$$

$$RE = 0,001098$$

Dónde:

Si $Re < 2000$ = Flujo Laminar

Si $Re > 3000$ = Flujo Turbulento

Si $2000 < Re < 3000$ = Flujo inestable

Por lo tanto el tipo de flujo que circula en el filtro original Chevrolet a los 15000 km de uso es del tipo laminar debido a que se mantiene dentro del rango de 2000 Reynolds.

5.6.3. Cálculos para determinar el comportamiento y variables del fluido en el interior de un filtro genérico nacional Shogun a los 15000 km de uso

El fluido base a utilizarse para estos cálculos es la gasolina (extra) ya que de esta manera determinaremos las condiciones reales a las que está trabajando un filtro de combustible.

6. Caudal másico (Q°)

$$Q^{\circ} = \frac{m}{t} \left[\frac{kg}{s} \right] \quad \text{Ec. [5.2]}$$

Dónde:

Q° = Caudal másico

m = Masa del fluido

t = tiempo funcionamiento del equipo desde que la bomba absorbe hasta que esta se para, tiempo estimado de funcionamiento por prueba 20 segundos.

$$Q^\circ = \frac{0,11423 [kg]}{20 [seg]}$$

$$Q^\circ = 5,7115 \times 10^{-3} [kg/s]$$

7. Flujo másico (m°)

$$m^\circ = \frac{Q^\circ}{A} \left[\frac{kg}{seg * m^2} \right] \quad \text{Ec. [5.3]}$$

Dónde:

m° = Flujo másico

Q° = Caudal másico

A = Área de la cañería (sección circular)

$$m^\circ = \frac{5,7115 \times 10^{-3} \left[\frac{kg}{seg} \right]}{6,361 \times 10^{-5} [m^2]}$$

$$m^\circ = 89,789 \left[\frac{kg}{seg * m^2} \right]$$

8. Caudal volumétrico (Q)

$$Q = \frac{Q^\circ}{\rho} \left[\frac{m^3}{seg} \right] \quad \text{Ec. [5.4]}$$

Dónde:

Q= Caudal volumétrico

Q°= Caudal másico

ρ = Densidad del fluido

$$Q = \frac{5,7115 \times 10^{-3} \left[\frac{kg}{seg} \right]}{735 \left[\frac{kg}{m^3} \right]}$$

$$Q = 7,770 \times 10^{-6} \left[\frac{m^3}{seg} \right]$$

9. Flujo volumétrico (**V°**)/velocidad del fluido

$$V^\circ = \frac{Q}{A} \left[\frac{m}{seg} \right] \quad \text{Ec. [5.5]}$$

Dónde:

V°=Flujo volumétrico

Q= Caudal volumétrico

A= Área cañería

$$V^\circ = \frac{7,770 \times 10^{-6} \left[\frac{m^3}{seg} \right]}{6,361 \times 10^{-5} \left[m^2 \right]}$$

$$V^\circ = 0,122 \left[\frac{m}{seg} \right]$$

10. Número de Reynolds (**Re**)

$$Re = \frac{V^\circ * D}{\nu} \quad \text{Ec. [5.6]}$$

Dónde:

Re=Número de Reynolds

V° = Flujo volumétrico

D = Diámetro de la cañería

V = Viscosidad cinemática del fluido (extra)

$$Re = \frac{0,122 * 0,009}{1}$$

$$RE = 0,001098$$

Dónde:

Si $Re < 2000$ = Flujo Laminar

Si $Re > 3000$ = Flujo Turbulento

Si $2000 < Re < 3000$ = Flujo inestable

Por lo tanto, el tipo de flujo que circula por el filtro genérico nacional Shogun a los 15000 km de uso es del tipo laminar debido a que se mantiene dentro del rango de 2000 Reynolds.

5.6.4. Cálculos para determinar el comportamiento y variables del fluido en el interior de un filtro genérico extranjero Redfil a los 15000 km de uso

El fluido base a utilizarse para estos cálculos es la gasolina (extra) ya que de esta manera determinaremos las condiciones reales a las que está trabajando un filtro de combustible.

11. Caudal másico (Q°)

$$Q^\circ = \frac{m}{t} [kg/s] \quad \text{Ec. [5.2]}$$

Dónde:

Q° = Caudal másico

m = Masa del fluido

t = tiempo funcionamiento del equipo desde que la bomba absorbe hasta que esta se para, tiempo estimado de funcionamiento por prueba 20 segundos.

$$Q^\circ = \frac{0,11423 [kg]}{20 [seg]}$$

$$Q^\circ = 5,7115 \times 10^{-3} [kg/s]$$

12. Flujo másico (m°)

$$m^\circ = \frac{Q^\circ}{A} \left[\frac{kg}{seg * m^2} \right] \quad \text{Ec. [5.3]}$$

Dónde:

m° = Flujo másico

Q° = Caudal másico

A = Área de la cañería (sección circular)

$$m^\circ = \frac{5,7115 \times 10^{-3} \left[\frac{kg}{seg} \right]}{6,361 \times 10^{-5} [m^2]}$$

$$m^\circ = 89,789 \left[\frac{kg}{seg * m^2} \right]$$

13. Caudal volumétrico (Q)

$$Q = \frac{Q^\circ}{\rho} \left[\frac{m^3}{seg} \right] \quad \text{Ec. [5.4]}$$

Dónde:

Q = Caudal volumétrico

Q° = Caudal másico

ρ = Densidad del fluido

$$Q = \frac{5,7115 \times 10^{-3} \left[\frac{kg}{seg} \right]}{735 \left[\frac{kg}{m^3} \right]}$$

$$Q = 7,770 \times 10^{-6} \left[\frac{m^3}{seg} \right]$$

14. Flujo volumétrico (V°)/velocidad del fluido

$$V^\circ = \frac{Q}{A} \left[\frac{m}{seg} \right] \quad \text{Ec. [5.5]}$$

Dónde:

V° =Flujo volumétrico

Q = Caudal volumétrico

A = Área cañería

$$V^\circ = \frac{7,770 \times 10^{-6} \left[\frac{m^3}{seg} \right]}{6,361 \times 10^{-5} [m^2]}$$

$$V^\circ = 0,122 \left[\frac{m}{seg} \right]$$

15. Número de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{V^\circ * D}{\nu} \quad \text{Ec. [5.6]}$$

Dónde:

Re =Número de Reynolds

V° = Flujo volumétrico

D = Diámetro de la cañería

ν = Viscosidad cinemática del fluido (extra)

$$Re = \frac{0,122 * 0,009}{1}$$

$$Re = 0,001098$$

Dónde:

Si $Re < 2000$ = Flujo Laminar

Si $Re > 3000$ = Flujo Turbulento

Si $2000 < Re < 3000$ = Flujo inestable

Por lo tanto, el tipo de flujo que circula por el filtro genérico extranjero Redfil a los 15000 km de uso es del tipo laminar debido a que se mantiene dentro del rango de 2000 Reynolds.

Después de realizar los cálculos en los filtros original Chevrolet, genérico nacional Shogun y genérico extranjero Redfil a los 15000 km de uso y pasando por una prueba de circulación de fluido (extra) durante 20 segundos nos da como resultado un valor de Reynolds de 0.001098 en cada uno, demostrando así que no existe variación alguna en el tipo de flujo que circula por su interior, al encontrarse dentro del rango de los 2000 Reynolds el flujo es determinado laminar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Después de analizar los filtros de venta en el país y mediante un muestreo en la ciudad de Quito se logró determinar los filtros de mayor consumo en el mismo, de los cuales se determinó que el 49.10% de los consumidores prefieren un filtro original mientras que el 55.9 % prefiere filtros alternos siendo esta la mayoría, esto se debe al costo-beneficio que estos lo generan debido a su bajo precio, además de que sin importar el tipo de filtro que sea, tanto original como alterno ambos cumplen con la normativas INEN 129 de calidad para su ingreso y comercialización dentro del país como lo son, razón social del fabricante, número de lote, denominación del producto, marca, país, etc.; no obstante ninguno posee características técnicas que informen al consumidor las cualidades cuantitativas y cualitativas que estos poseen como lo son, durabilidad del papel filtrante, capacidad de retención de sedimentos sólidos, características dinámicas del fluido a los que son sometidos, etc.
- El banco de pruebas permitió el análisis flujo métrico del paso del combustible (extra) en los filtros ya que el mismo fue diseñado y construido bajo la normativa de funcionamiento ISO 19438, el cual por medio de sensores de flujo, presión, caudal y

temperatura y mediante una hoja de cálculo Excel incluida en el banco, se obtuvo cálculos referentes a la dinámica del fluido determinando así que el tipo de flujo que circula por una línea de combustible en un estado real es del tipo laminar y esta variara dependiendo del caudal y flujo métrico que esta genere a razón de la presión a la cual se esté manejando en este caso al ser una simulación de un vehículo se mantuvo una presión de 4-5 Bar que es lo que posee una bomba de combustible convencional, generando así un valor de Reynolds de 0,001098 determinando así que los filtros de combustible al estar trabajando en un estado real son sometidos a un flujo constante en estado laminar.

- Mediante la prueba de presión generada a los filtros original Chevrolet, genérico nacional Shogun y genérico extranjero Redfil dio como resultado que los filtros en un rango de uso de 5000 a 10000 km no presentan variación alguna independientemente del tipo de filtro y mantienen una presión de 3.29 Bar sin embargo en los filtros con tiempo de uso de 15000 km presentaron una variación mínima de 3.27 y 3.28 Bar solamente en los filtros genéricos mientras que en el filtro original se mantuvo una presión de 3,29 Bar determinando así que un filtro original posee mayor vida útil además que las pruebas de laboratorio aplicados a los filtros 15000 km lo reafirman con un resultado en la eficiencia de filtrado del 90,48% en el filtro original, 76,1% en el genérico Shogun y un 71,34% en el genérico Redfil.
- Posteriormente a las pruebas y análisis aplicados a los filtros original Chevrolet, genérico nacional Shogun y genérico extranjero Redfil se determinó que todos cumplen su función como dispositivo filtrante sin embargo por el material del papel filtrante este puede degradarse con mayor o menor facilidad y esto es apreciable al comparar el filtro original con los alternos los cuales a medida de las pruebas se degradaron y los resultados que ofrecían eran menores al de un filtro original sin embargo al no existir una normativa de calidad que englobe a las características técnicas a las que son sometidos los filtros no se puede determinar con mayor precisión si los filtros cumplen o no con dichas normativas tan solo se determinó que filtro otorga una vida útil más larga siendo este el filtro original Chevrolet que aunque su precio sea mayor, su beneficio es mayor a comparación de un genérico.

Recomendaciones

- Desarrollar una tabla de características técnicas bajo normativas ISO para todos y cada uno de los filtros que se comercializan en el país con ayuda de distribuidores y

empresas automotrices para mediante ello poder informar al cliente de los beneficios que puede otorgarle a su vehículo al momento de adquirir un dispositivo filtrante de combustible y que el entienda las consecuencias que también le pueden afectar al continuar con el uso de productos alternos y con base a este conocimiento generar compradores con conciencia técnica.

- El presente proyecto fue diseñado para simular una línea de combustible en un vehículo a combustión interna (gasolina) por lo cual su presión se mantiene en el margen del mismo (3-4 Bar) sin embargo el mismo puede ser modificando cambiando la bomba de presión por una de mayor capacidad y calibrando el regulador del mismo para controlar desde una mínima presión de funcionamiento hasta una máxima y así generar diferentes simulaciones del tipo de flujo que circula por el interior del filtro y plantear casos con flujos turbulentos e inestables para un mayor aprendizaje o dependiendo el fin de su uso.
- Para determinar un mejor control en la eficiencia de filtrado se recomienda generar una comparativa de consumo entre filtros de diferentes marcas aplicadas a las mismas condiciones de uso y con un régimen de uso de 5000 km hasta 30000 km para tener una mayor apreciación del degrado del filtro al transcurrir su vida útil y retirar una muestra del papel filtrante para determinar el nivel de micras que posee cada uno y el deterioro del mismo a su mayor rango de uso.
- Proponer una normativa de calidad ISO para filtros de combustible que englobe estándares de calidad como capacidad de retención de sedimentos sólidos, calidad de papel filtrante, eficiencia de filtrado y variables flujo métricas y mediante ello generar un control más adecuado al momento de la fabricación de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

- Domingo, A. 2011. Apuntes de mecánica de fluidos. Madrid, España, CreativeCommons.
- I. Martín, R. S. 2011. Mecánica de fluidos. California, TheCreativeCommons.
- Larousse, & M. Á. Bosch. 1984. Nueva Enciclopedia Larousse (2 ed., Vol. 5). Tomo 10. Barcelona, España, GeoPlaneta.
- Larousse, & M. Á. Bosch. 1984. Nueva Enciclopedia Larousse (2 ed., Vol. 5). Tomo 3. Barcelona, España, GeoPlaneta.
- Larousse, & M. Á. Bosch. 1984. Nueva Enciclopedia Larousse (2 ed., Vol. 5). Tomo 6. Barcelona, España, GeoPlaneta.

- Tormos, M. 2005. Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado. Barcelona España, Editorial Reverte.
- Mancheno, M. Arévalo, P. Romero, J. Malo, I. Matute, D. RAMOS, R. 2017. Análisis fisicoquímico de combustibles líquidos obtenidos en el proceso de pirolisis de caucho vulcanizado. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida, 26 (2): 106-118.
- Alvarado, E. (s.f.). PRESENTACIÓN DE LA NORMA ISO-IEC 17025 (NMX-EC-17025). GRUPO EMPRESARIAL ACCE, 2 (1): 26-29.
- Rocamora, A. Calero, M. 2016. El mercado de repuestos para automóviles en Ecuador 2016. ESTUDIOS DE MERCADO, 4 (1): 13-22.
- Distrito Metropolitano de Quito. S.f. TERMINOS DE REFERENCIA PARA CONTRATAR EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE TIPO GASOLINA EXTRA Y SUPER PARA EL PARQUE AUTOMOTOR DE LA EPMAPS. Empresa Metropolitana de Agua potable y Saneamiento. S.f. Págs. 4-6.
- Ariel, M. 2017. TEORÍA DE LA MECÁNICA DE LOS FLUIDOS APUNTES. Material de consulta y apoyo a la base bibliográfica indicada por la cátedra de Mecánica de los fluidos, Facultad de Ingeniería, UNCuyo. 2017. Págs. 10-90.
- Aguirre Ibarra, M., & Baca Burgos, L. 2017. ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA GASOLINA (Tesis de Pregrado). Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Quimba, E. 2017. ESTUDIO PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA Y VIDA ÚTIL DEL TRABAJO DE DIFERENTES MARCAS DE FILTROS DE COMBUSTIBLE GASOLINA EN LA RETENCIÓN DE SÓLIDOS (Tesis de Pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.
- Cedillo, A. & Jaramillo, D. 2014. ESTUDIO DE LA INSIDENCIA DEL USO DE FILTROS DE ACEITES ALTERNOS EN EL EVEJECIMIENTO PREMATURO DEL ACEITE DEL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA (Tesis de Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.
- Cárdenas, E. & Kaslin, J. 2006. CARACTERIZACION TECNOLOGICA DEL PARQUE AUTOMOTOR DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO Y PROPUESTA PARA LA REFORMA DE LA NORMATIVA ECUATORIANA DE EMISIONES EN FUENTES MOVILES TERRESTRES (Tesis de Pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.

- Como Funciona. S.f. Sistema de inyección de combustible, Partes y funcionamiento. Disponible en <https://como-funciona.co/una-inyeccion-de-combustible-sistema/>. Consultada el 26/02/2020.
- Mundo del motor. S.f.Sistema De Inyección, Evolución, Qué Es, Función, Partes, Tipos Y Beneficios. Disponible en <https://www.mundodelmotor.net/sistema-de-inyeccion/>. Consultada el 26/02/2020.
- Fierros Clásicos. S.f.EL FILTRO DE COMBUSTIBLE – PARA QUE SIRVE? SU IMPORTANCIA Y CUIDADO. Disponible en <https://fierrosclasicos.com/el-filtro-de-combustible-para-que-sirve-su-importancia-y-cuidado/>. Consultada el 26/02/2020.
- Actualidad Motor. S.f. Filtro de gasolina. Disponible en <https://www.actualidadmotor.com/filtro-de-gasolina/>. Consultada el 26/02/2020.
- AutoScout24. 2018.Filtro de gasolina. Disponible en <https://www.autoscout24.es/informacion/asesor/tecnologia-del-automovil/filtro-de-gasolina/>. Consultada el 28/02/2020.
- Bosch. 2020. Estructura del filtro de combustible. Disponible en https://es.bosch-automotive.com/media/parts/service_parts__auto_parts/filters__service_parts/filtros_gasolina.jpg?width=750&height=514. Consultada el 28/02/2020.
- DENSO EUROPE. 2018.Filtros de combustible. Disponible en <https://www.denso-am.es/productos/automotive-aftermarket/filtros/filtros-de-combustible-diesel/>. Consultada el 28/02/2020.
- Mobi. 2020.Filtro de combustible Tipos. Disponible en <http://www.automotriz.mobi/coches/car-maintenance/general-car-maintenance/124991.html>. Consultada el 28/02/2020.
- Autonocion. 2015.Inyección en Motores de Gasolina: todo lo que tienes que saber. Disponible en <https://www.autonocion.com/inyeccion-motores-gasolina/>. Consultada el 28/02/2020.
- Prueba de ruta. 2018. Componentes del sistema de inyección electrónica de combustible. Disponible en <https://www.pruebaderuta.com/componentes-del-sistema-de-inyeccion-electronica-de-combustible.php>. Consultada el 28/02/2020.
- ISOTOOLS EXCELLENCE. S.f.Sistemas de Gestión de Calidad. Disponible en <https://www.isotools.org/normas/calidad/iso-ts-16949>. Consultada el 02/03/2020.

- FILTRO FLUIDO. S.f.PFP: Productos de Filtración y Purificación. Disponible en <https://www.filtrofluido.com/recursos/normas-y-especificaciones-relacionadas-con-filtracion/>. Consultada el 02/03/2020.
- Del Mar, M. 2019. Densidad, que es, como se calcula y tipos. Disponible en <https://espaciociencia.com/densidad/>. Consultada el 23/04/2020.
- EcuRed. 2020. Gasolina. Disponible en <https://www.ecured.cu/Gasolina>. Consultada el 23/04/2020.
- Sears, Z. 2020. Viscosidad. Disponible en <http://didactica.fisica.uson.mx/tablas/viscosidad.htm>. Consultada el 23/04/2020.
- Méndez, L. 2014. Mecánica de fluidos I. Disponible en <https://www.studocu.com/es-mx/course/universidad-nacional-autonoma-de-mexico/mecanica-de-fluidos-i/1620027>. Consultada el 23/04/2020.
- Bosch. S.f. Filtros. Disponible en http://www.boschautopartes.com/media/la/aa_sites_la/products_and_services/automotive_parts/filters_3/download_3/HIRES_PDF_59959.pdf. Consultada el 23/04/2020.
- Fierros clasicos. 2015. EL FILTRO DE AIRE, PARA QUE SIRVE? Disponible en <https://fierrosclasicos.com/el-filtro-de-aire-para-que-sirve/>. Consultada el 23/04/2020.
- Bosch. 2008. Filtros Bosch. Protección eficiente para mejor desempeño del vehículo. Disponible en <http://www.chispa.com.py/archivos/equipamientos/bosch/Filtros.pdf>. Consultada el 23/04/2020.
- EUSTON. S.f. Ecuacion de Continuidad. Disponible en <https://www.euston96.com/ecuacion-de-continuidad/>. Consultada el 17/05/2020.
- Educativa. S.f. Ecuacion de Continuidad. Disponible en http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4918/html/22_eacuacin_decontinuidad.html. Consultada el 17/05/2020.

ANEXOS



NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN-ISO 19438

Primera edición
2014-02

FILTROS DE COMBUSTIBLE DIESEL Y GASOLINA PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA – EFICIENCIA DE FILTRACIÓN MEDIANTE CONTEO DE PARTICULAS Y LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE CONTAMINANTES (ISO 19438:2003, IDT)

DIESEL FUEL AND PETROL FILTERS FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES — FILTRATION EFFICIENCY USING PARTICLE COUNTING AND CONTAMINANT RETENTION CAPACITY (ISO 19438:2003, IDT).

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 19438:2003.

DESCRIPTORES: Productos, filtración, vehículos, eficiencia, método, ensayos
ICS: 43.060.40

42
Páginas

Anexo. 8.1. Norma técnica internacional NTE INEN-ISO 19438
INEN-ISO 19438 2003

Prólogo nacional

Esta Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 19438 es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 19438:2003, "Diesel fuel and petrol filters for internal combustion engines — Filtration efficiency using particle counting and contaminant retention capacity", que incluye su Enmienda ISO 19438:2003/Amd 1:2004. El comité nacional responsable de esta Norma Técnica Ecuatoriana y de su traducción es el Comité Interno del INEN.

Para propósitos de esta Norma Técnica Ecuatoriana se han hecho los siguientes cambios editoriales:

- a) Las palabras "esta Norma Internacional" ha sido reemplazadas por "esta norma nacional".

Se enlista los documentos normativos internacionales que se referencian en la Norma Internacional ISO 10487:2004 y los documentos normativos nacionales correspondientes:

Documento Normativo Internacional	Documento Normativo Nacional
ISO 75-2:2003, <i>Plastics — Determination of temperature of deflection under load — Part 2: Plastics and ebonite</i>	No existe documento normativo nacional correspondiente.
ISO 1219-1:1991, <i>Fluid power systems and components — Graphic symbols and circuit diagrams — Part 1: Graphic symbols</i>	No existe documento normativo nacional correspondiente.
ISO 2942:1994, <i>Hydraulic fluid power — Filter elements — Verification of fabrication integrity and determination of the first bubble point</i>	No existe documento normativo nacional correspondiente.
ISO 3968:2001, <i>Hydraulic fluid power — Filters — Evaluation of differential pressure versus flow characteristics</i>	No existe documento normativo nacional correspondiente.
ISO 4021:1992, <i>Hydraulic fluid power — Particulate contamination analysis — Extraction of fluid samples from lines of an operating system</i>	No existe documento normativo nacional correspondiente.
ISO 11171:1999, <i>Hydraulic fluid power — Calibration of automatic particle counters for liquids</i>	No existe documento normativo nacional correspondiente.
ISO 4405:1991, <i>Hydraulic fluid power — Fluid contamination — Determination of particulate contamination by the gravimetric method</i>	No existe documento normativo nacional correspondiente.
ISO 11841-1, <i>Road vehicles and internal combustion engines — Filter vocabulary — Part 1: Definitions of filters and filter components</i>	No existe documento normativo nacional correspondiente.
ISO 11841-2, <i>Road vehicles and internal combustion engines — Filter vocabulary — Part 2: Definitions of characteristics of filters and their components</i>	No existe documento normativo nacional correspondiente.
ISO 11943:1999, <i>Hydraulic fluid power — On-line automatic particle-counting systems — Method of calibration and validation</i>	No existe documento normativo nacional correspondiente.

PRÓLOGO

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

Las Normas Internacionales se redactan de acuerdo con las reglas establecidas en la ISO / IEC, Parte 2.

La tarea principal de los comités técnicos es preparar Normas Internacionales. Los proyectos de Normas Internacionales adoptados por los comités técnicos son enviados a los organismos miembros para su votación. La publicación como Norma Internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos miembros con derecho a voto.

Se llama la atención a la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no se hace responsable por la identificación de ningún derecho de patente.

La Norma ISO 19438 fue preparada por el Comité Técnico ISO / TC 22, vehículos para carreteras, Subcomité SC 7, Equipos de inyección y filtros para su uso en vehículos de carretera.

Se pretende que la Norma ISO 19438 reemplace a la Norma ISO / TS 13353:2002 cuando este documento sea revisado después de tres años.

Esta versión corregida de la Norma ISO 19438:2003 incorpora las siguientes correcciones:

- en el informe de ensayo en el Anexo B, bajo los encabezamientos "Presentación de los resultados de ensayos de Eficiencia inicial de filtración - Tiempo transcurrido: 6,00 min ..." y "... Eficiencia de filtración inicial - Tiempo transcurrido: 15,00 min ...", el tamaño de partícula " $\geq 3 \mu\text{m}$ (c)" ha sido corregido a " $\geq 13 \mu\text{m}$ (c)";
- en la Figura D.4, la curva marcada a la izquierda de la leyenda como "LATOURE T2" se ha corregido para que lea "LATOURE T1";
- una explicación de que los valores enlistados en la tabla se descartan los valores extremos se han insertado en el título de Tabla D.2;
- la Norma ISO / TS 13353 ha sido agregado a la bibliografía;
- los errores tipográficos han sido corregidos.

INTRODUCCIÓN

Un ensayo interlaboratorios se realizó utilizando la Norma ISO 19438 por seis laboratorios en 2002. Los filtros típicos se evaluaron y los resultados de la eficiencia de filtración y la capacidad de retención analizadas para deducir repetitividad, la reproducibilidad y el coeficiente de variación del método. Se encontraron resultados de eficiencia de filtración inicial para correlacionar estrechamente a los obtenidos mediante el método especificado en la Norma ISO / TS 13353, con lo que el método es redundante dado en la Especificación Técnica.

Un resumen de los resultados está dado en el Anexo D.

FILTROS DE COMBUSTIBLE DIESEL Y GASOLINA PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA - EFICIENCIA DE FILTRACIÓN MEDIANTE CONTEO DE PARTÍCULAS Y LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE CONTAMINANTES

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma nacional especifica un ensayo de filtración de múltiples pasadas, con la inyección continua de contaminantes y utilizando el método de conteo de partículas en línea, para evaluar el rendimiento de los filtros de combustible diesel y gasolina para motores de combustión interna sometidos a un flujo constante de líquido de ensayos. El procedimiento de ensayo determina la capacidad contaminante de un filtro, las características de eliminación de partículas y la presión diferencial. Esta norma nacional es aplicable a los elementos de los filtros que tiene un caudal nominal de entre 50 l/h y 800 l/h, sin embargo, por acuerdo entre el fabricante del filtro y el cliente, y con alguna modificación, el procedimiento es permitido para su aplicación en filtros de combustible con mayores velocidades de flujo.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos de referencia son indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias con fecha sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier modificación).

ISO 1210-1:1991, *Fluid power systems and components — Graphic symbols and circuit diagrams — Part 1: Graphic symbols*

ISO 2942:1994, *Hydraulic fluid power — Filter elements — Verification of fabrication integrity and determination of the first bubble point*

ISO 3968:2001, *Hydraulic fluid power — Filters — Evaluation of differential pressure versus flow Characteristics* ISO 4021:1992, *Hydraulic fluid power — Particulate contamination analysis — Extraction of fluid samples from lines of an operating system*

ISO 11171:1999, *Hydraulic fluid power — Calibration of automatic particle counters for liquids*

ISO 4405:1991, *Hydraulic fluid power — Fluid contamination — Determination of particulate contamination by the gravimetric method*

ISO 11841-1, *Road vehicles and internal combustion engines — Filter vocabulary — Part 1: Definitions of filters and filter components*

ISO 11841-2, *Road vehicles and internal combustion engines — Filter vocabulary — Part 2: Definitions of characteristics of filters and their components*

ISO 11943:1999, *Hydraulic fluid power — On-line automatic particle-counting systems — Method of calibration and validation*

ISO 12103-1:1997, *Road vehicles — Test dust for filter evaluation — Part 1: Arizona test dust*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para efectos de este documento se utilizan, los términos y definiciones dados en las Normas ISO 11841-1 e ISO 11841-2 y las siguientes.

5.2 Materiales de ensayos

5.2.1 Ensayo del contaminante

5.2.1.1 Grado contaminante

El contaminante se efectuará de conformidad con las especificaciones de la norma ISO 12103-A3 prueba de polvo grado medio.

5.2.1.2 Preparación del contaminante

El ensayo debe ser con polvo pre-secado en cantidades no mayores de 200 g por lo menos 1 h a (105 ± 5) °C y enfriado a temperatura ambiente. Mantener en un desecador hasta que se requiera para su uso.

5.2.2 Líquido de Prueba

El líquido de ensayo debe tener una base de petróleo y ajustarse a las especificaciones indicadas en el Anexo A.

6 PRECISIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y CONDICIONES DE ENSAYOS

Los instrumentos de medición deberán ser capaces de medir los niveles de precisión dado en la Tabla 1. La última columna de la tabla indica los límites dentro de los que las condiciones del ensayo se mantendrán.

Tabla1 - Precisión del instrumento y condición de variación del ensayo

Condiciones del ensayo	Unidad	Precisión de la medición	Condición del ensayo que permiten variación
Flujo			
Ensayo de flujo	l/min	± 2 %	± 5 %
Ensayo muestreo	ml/min	± 1.5 %	± 3 %
Caudal de inyección	ml/min	± 2 %	± 5 %
Presión	Pa	± 5 %	-
Temperatura	°C	± 1 °C	2 ± °C
Volumen	l	± 5 %	± 10 %
Gravimétrico Base nivel anterior	mg/l	-	± 10 %
Conductividad	pS/m	± 10 %	Ver 8.3.4
viscosidad ^a	mm ² /s	± 5 %	-

^a La viscosidad del líquido de ensayo debe ser verificada a intervalos regulares para garantizar que el ensayo se realizará a una temperatura de líquido que corresponde a una viscosidad de $15 \pm 1 \text{ mm}^2 / \text{s}$.

7 BANCO DE ENSAYOS DE VALIDACIÓN

7.1 General

Estos procedimientos de validación ponen de manifiesto la eficacia del dispositivo de ensayos en el mantenimiento de arrastre contaminante o la prevención de la modificación del tamaño contaminante o ambos.

7.2 Validación de la dilución y sistema de conteo de partículas

De conformidad con la norma ISO 11943 para validar el sistema de dilución en línea y de conformidad con la norma ISO 11171 para validar el contador de partículas.

ANEXO A
(normativa)
ESPECIFICACIÓN DE FLUIDO EN EL ENSAYO DEL FILTRO

NOTA Fluidos de prueba apropiados son aceites hidráulicos de aviones MIL-H-5606 y AIR 3520.

A.1 Material base de Petróleo

El material base de petróleo tendrá las siguientes propiedades.

— Punto de congelación:	□ 59,4 °C (mín.)
— Punto de Inflamación:	93,3 °C (mín.)
— Número base o acido:	0,10 (máx.)
— Precipitación:	0

A.2 Aditivos

El fluido de ensayo debe contener los siguientes materiales aditivos.

— Coeficiente de viscosidad - temperatura:	10 % (máx.)
— Inhibidores de oxidación:	2 % (máx.)
— Agente tricresil de fosfato anti-desgaste:	0,5 % ± 0,1 %
—	

El contenido de fenol del agente tricresil de fosfato anti-desgaste no debe exceder del 0,05 %.

A.3 Propiedades

El líquido de prueba tendrá las siguientes propiedades.

— Viscosidad 1):	13,2 mm ² /s a 40 °C mín.
— Viscosidad:	500 mm ² /s a □ 40 °C mín.
— Punto de congelación:	□ □ 59,4 °C mín.
— Punto de Inflamación:	93,3 °C mín.
— Precipitación:	0
— Número base o acido:	0,2 mg KOH/g máx.

A.4 Color

El fluido de ensayo debe ser claro y transparente, para fines de identificación, deben contener un tinte rojo en una proporción no mayor que una parte de un medio de contraste por 10 000 partes de aceite.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN-ISO 19438	TÍTULO: FILTROS DE COMBUSTIBLE DIESEL Y GASOLINA PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA – EFICIENCIA DE FILTRACIÓN MEDIANTE CONTEO DE PARTICULAS Y LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE CONTAMINANTES (ISO 19438:2003, IDT)	Código: ICS 43.060.40
-------------------------------------	---	--------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: 2013-09-05 al 2013-09-18

Comité Interno INEN: **NORMAS SECTOR METALMECÁNICA**

Fecha de iniciación: 2013-09-26

Fecha de aprobación: 2013-09-26

Integrantes del Comité Interno:

NOMBRES:

Ing. Fausto Lara (Presidente)
Ing. Ulises Monar (Secretario Técnico)
Ing. Freddy Figueroa
Ing. Cesar Cabrera
Ing. Hermel Vargas
Ing. Diego Cushi
Ing. Margoth Casco
Arq. Francisco Ramírez
Arq. Milton Sánchez
Ing. Miguel Salazar

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN
DIRECCIÓN ZONAL GUAYAS
DIRECCIÓN ZONAL GUAYAS
DIRECCIÓN ZONAL AZUAY
DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN
DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN
DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN
DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN
DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN
DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites:

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 14046 de 2014-01-30

Safety Data Sheet



according to 29 CFR 1910.1200(g)

Arizona Test Dust (ATD)

Revision date: 04.02.2016

Page 1 of 8

1. Identification

Product identifier

Arizona Test Dust (ATD)

Further trade names

Arizona sand including Arizona Test Dust, Arizona Road Dust, Arizona Silica, AC Fine and AC Coarse Test Dusts, SAE Fine and Coarse Test Dusts, J726 Test Dusts, ISO 12103-1, A1 Ultrafine Test Dust, ISO 12103-1, A2 Fine Test Dust, ISO 12103-1, A3 Medium Test Dust and ISO 12103-1, A4 Coarse Test Dust, MIL STD 810F Blowing Dust, MIL STD 810G Blowing Dust.

Details of the supplier of the safety data sheet

Company name: Powder Technology Inc.
Street: 1300 Grey Fox Road
Place: USA-55112 Arden Hills, MN
Telephone: +1 952 894-8737
e-mail: sales@powdertechologyinc.com
Internet: <http://www.powdertechologyinc.com>

Emergency phone number: +1 952 894-8737

Further information

This safety data sheet was created by: ECI EnviroConsult Ingenieurbüro Dr. Lux e.K.

2. Hazard(s) identification

Classification of the chemical

Hazard categories:
Carcinogenicity: Carc. 1A
Hazard Statements:
May cause cancer by inhalation

Label elements

Signal word: Danger
Pictograms: health hazard



Hazard statements

May cause cancer by inhalation

Precautionary statements

Obtain special instructions before use.
Do not handle until all safety precautions have been read and understood.
Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection.
If exposed or concerned: Get medical advice/attention.
Store locked up.

Hazards not otherwise classified

No information available.

3. Composition/information on ingredients

Mixtures

Anexo. 8.2. Hoja de seguridad normativa 12103 A3
Normativa 12103 A3 2017

Safety Data Sheet



according to 29 CFR 1910.1200(g)

Arizona Test Dust (ATD)

Revision date: 04.02.2016

Page 2 of 8

Chemical characterization
powdered minerals

Hazardous components:

CAS No	Component	Quantity
14808-60-7	silica (fine dust)	60-77 %
1344-28-1	aluminium oxide	8-14 %
1305-78-8	calcium oxide (mineral)	2.5-5.5 %
12196-45-7	potassium oxide (mineral)	2-5 %
1313-59-3	sodium oxide (mineral)	1-4 %
1309-37-1	iron(III) oxide (hematite)	4-7 %
1309-48-4	magnesium oxide	1-2 %
13463-67-7	titanium dioxide	0-1 %

4. First-aid measures

Description of first aid measures

After inhalation

Provide fresh air. Medical care may be necessary. In case of irregular breathing or respiratory arrest provide artificial respiration. In case of accident or unwellness, seek medical advice immediately (show directions for use or safety data sheet if possible).

After contact with skin

Wash with plenty of water. In case of skin irritation, seek medical treatment.

After contact with eyes

Rinse immediately carefully and thoroughly with eye-bath or water. In case of eye irritation consult an ophthalmologist.

After ingestion

In case of accident or unwellness, seek medical advice immediately (show directions for use or safety data sheet if possible). Do NOT induce vomiting.

Most important symptoms and effects, both acute and delayed

May cause cancer by inhalation. A repeated, excessive dust exposure can cause pneumoconiosis. Irritating to eyes.

Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

Treat symptomatically.

5. Fire-fighting measures

Extinguishing media

Suitable extinguishing media

Co-ordinate fire-fighting measures to the fire surroundings.

Suitable extinguishing media: Foam. Dry extinguishing powder. Atomized water. Carbon dioxide (CO₂)

Unsuitable extinguishing media

High power water jet.

Specific hazards arising from the chemical

Non-flammable.

Special protective equipment and precautions for fire-fighters

Wear a self-contained breathing apparatus and chemical protective clothing. Full protection suit.

Additional information

Suppress gases/vapours/mists with water spray jet. Collect contaminated fire extinguishing water separately. Do not allow entering drains or surface water.

Safety Data Sheet



according to 29 CFR 1910.1200(g)

Arizona Test Dust (ATD)

Revision date: 04.02.2016

Page 3 of 8

8. Accidental release measures

Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

Provide adequate ventilation. Avoid generation of dust. Do not breathe dust. Avoid contact with skin, eyes and clothes. Use personal protection equipment. Remove all sources of ignition. Remove persons to safety.

Environmental precautions

No special environmental measures are necessary.

Methods and material for containment and cleaning up

Take up mechanically. Treat the recovered material as prescribed in the section on waste disposal. Ventilate affected area. Collect in closed containers for disposal.

Reference to other sections

Safe handling: see section 7
 Personal protection equipment: see section 8
 Disposal: see section 13

7. Handling and storage

Precautions for safe handling

Advice on safe handling

If handled uncovered, arrangements with local exhaust ventilation have to be used. Avoid generation of dust. Do not breathe dust. Wear personal protection equipment. Avoid contact with skin, eyes and clothes. Avoid: Generation/formation of dust

Advice on protection against fire and explosion

No special fire protection measures are necessary.

Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Requirements for storage rooms and vessels

Keep container tightly closed. Keep locked up. Store in a place accessible by authorized persons only. Provide adequate ventilation as well as local exhaust at critical locations.

Advice on storage compatibility

No special measures are necessary.

8. Exposure controls/personal protection

Control parameters

Exposure limits

CAS No.	Substance	ppm	mg/m ³	f/cc	Category	Origin
1305-78-8	Calcium oxide	-	5	-	TWA (8 h)	PEL
		-	2	-	TWA (8 h)	REL
1300-37-1	Iron oxide dust and fume (as Fe)	-	5	-	TWA (8 h)	REL
1300-37-1	Iron oxide fume	-	10	-	TWA (8 h)	PEL
1300-48-4	Magnesium oxide fume Total Particulate	-	15	-	TWA (8 h)	PEL
14808-80-7	Silica, crystalline (as respirable dust)	-	0.05	-	TWA (8 h)	REL
14808-80-7	Silica, crystalline quartz, total dust	-	(Z-3)	-	TWA (8 h)	PEL
13463-87-7	Titanium dioxide Total dust	-	15	-	TWA (8 h)	PEL
1344-28-1	alpha-Alumina Respirable fraction	-	5	-	TWA (8 h)	PEL

Exposure controls

Revision No: 1,07

USA - EN

Revision date: 04.02.2016

Safety Data Sheet



according to 29 CFR 1910.1200(g)

Arizona Test Dust (ATD)

Revision date: 04.02.2016

Page 4 of 8

Appropriate engineering controls

If handled uncovered, arrangements with local exhaust ventilation have to be used. Do not breathe dust. If local exhaust ventilation is not possible or not sufficient, the entire working area should be ventilated by technical means.

Protective and hygiene measures

Do not breathe dust. Avoid generation of dust. Draw up and observe skin protection programme. Wash hands and face before breaks and after work and take a shower if necessary. When using do not eat or drink.

Workspaces have to be equipped with eye shower and safety showers.

Eye/face protection

Wear eye/face protection.

Suitable eye protection: Dust protection goggles.

Hand protection

Hand protection: not required.

Skin protection

Wear suitable protective clothing.

Respiratory protection

In case of inadequate ventilation wear respiratory protection. Suitable respiratory protective equipment: particulates filter device (DIN EN 143). Filtering device (full mask or mouthpiece) with filter: FFP2 / N95; HEPA

8. Physico and chemical properties

Information on basic physico and chemical properties

Physical state:	solid	
Color:	yellow - red brown	
Odor:	odourless	
		Test method
pH-Value:		not determined
Changes in the physico state		
Melting point/freezing point:		not determined
Initial boiling point and boiling range:		not determined
Flammability		
Solid:		not applicable
Gas:		not applicable
Auto-ignition temperature		
Solid:		not applicable
Gas:		not applicable
Decomposition temperature:		not applicable
Oxidizing properties		
Not oxidizing.		
Density:		2,5-2,7 g/cm ³
Water solubility:		insoluble
Solubility in other solvents		
not determined		
Partition coefficient:		not determined
Vapour density:		not determined
Evaporation rate:		not determined

Revision No: 1,07

USA - EN

Revision date: 04.02.2016

Safety Data Sheet



according to 29 CFR 1910.1200(g)

Arizona Test Dust (ATD)

Revision date: 04.02.2016

Page 5 of 8

Other Information

Solid content: 100,00 %

10. Stability and reactivity

Reactivity

No hazardous reaction when handled and stored according to provisions.

Chemical stability

Stability: Stable

The product is stable under storage at normal ambient temperatures.

Possibility of hazardous reactions

Hazardous reactions: Will not occur

No known hazardous reactions.

Conditions to avoid

moisture, heat.

Incompatible materials

Oxidizing agents, halogenated hydrocarbons, Acid, Water.

Hazardous decomposition products

In case of fire may be liberated:

11. Toxicological information

Information on toxicological effects

Route(s) of Entry

Inhalation

Severe effects after repeated or prolonged exposure

Silicosis: The major concern is silicosis, caused by the inhalation and retention of respirable crystalline silica dust. Silicosis can exist in several forms, chronic (or ordinary), accelerated, or acute. Chronic or Ordinary Silicosis (often referred to as Simple Silicosis) is the most common form of silicosis, and can occur after many years of exposure to relatively low levels of airborne respirable crystalline silica dust. It is further defined as either simple or complicated silicosis. Simple silicosis is characterized by lung lesions (shown as radiographic opacities) less than 1 centimeter in diameter, primarily in the upper lung zones. Often, simple silicosis is not associated with symptoms, detectable changes in lung function or disability. Simple silicosis may be progressive and may develop into complicated silicosis or progressive massive fibrosis (PMF). Complicated silicosis or PMF is characterized by lung lesions (shown as radiographic opacities) greater than 1 centimeter in diameter. Although there may be no symptoms associated with complicated silicosis or PMF, the symptoms, if present, are shortness of breath, wheezing, cough and sputum production. Complicated silicosis or PMF may be associated with decreased lung function and may be disabling. Advanced complicated silicosis or PMF may lead to death. Advanced complicated silicosis or PMF can result in heart disease secondary to the lung disease (cor pulmonale). Accelerated Silicosis can occur with exposure to high concentrations of respirable crystalline silica over a relatively short period; the lung lesions can appear within five (5) years of initial exposure. Progression can be rapid. Accelerated silicosis is similar to chronic or ordinary silicosis, except that lung lesions appear earlier and progression is more rapid. Acute Silicosis can occur with exposures to very high concentrations of respirable crystalline silica over a very short time period, sometimes as short as a few months. The symptoms of acute silicosis include progressive shortness of breath, fever, cough and weight loss. Acute silicosis is fatal.

Carcinogenic/mutagenic/toxic effects for reproduction

Safety Data Sheet



according to 29 CFR 1910.1200(g)

Arizona Test Dust (ATD)

Revision date: 04.02.2016

Page 6 of 8

Contains: Crystalline silica, quartz. The IARC concluded that there is "sufficient evidence in humans for the carcinogenicity of crystalline silica in the form of quartz or cristobalite from occupational sources" and that "sufficient evidence in experimental animals for the carcinogenicity of quartz and cristobalite" exist. The Overall IARC was that "crystalline silica, which is inhaled in the form of quartz or cristobalite from occupational sources, carcinogenic to humans (Group 1)". The evaluation of the IARC stated that "carcinogenicity was not detected in all industrial circumstances. The carcinogenicity may depend on inherent characteristics of crystalline silica or external factors affecting its biological activity or distribution of polymorphs." For more information on the evaluation of the IARC see "IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans", Volume 68, and "Silica, Some Silicates." (1997). Contains: Crystalline silica, quartz. Repeated or prolonged inhalation of fine dusts may cause (disease of the lower lung) a severe scarring of the lungs, known as a stone dust lung disease, and alveolar. Silicosis is caused by the inhalation and accumulation of respirable crystalline silica. Silicosis may come in different forms, chronic (or ordinary), accelerated, or acute, occur. Chronic or ordinary silicosis (often referred to as simple silicosis) is the most common form of silicosis. They can occur in the air after several years of exposure to relatively low concentrations of respirable crystalline silica. It is further defined as either simple or complex silicosis. Simple silicosis is characterized by lung lesions (shown as radiographic opacities) less than 1 centimeter in diameter, characterized primarily in the upper lung zones. Often a simple silicosis is not associated with symptoms, detectable changes in lung function or disability. Simple silicosis may be progressive and evolve into a complicated silicosis or progressive massive fibrosis (PMF). Complicated silicosis or PMF is characterized by lung lesions (shown as radiographic opacities) greater than 1 cm in diameter in. With complicated silicosis or PMF may not reflect symptoms need to be connected. However, symptoms of this shortness of breath, wheezing, cough and sputum are. Complicated silicosis or PMF may be associated with decreased lung function and lead to physical disability. Advanced complicated silicosis or PMF may lead to death. Advanced complicated silicosis or PMF may as a result of lung disease heart disease (cor pulmonale) cause. Accelerated silicosis can by exposure to high concentrations of respirable crystalline silica, often over a relatively short period, may occur; the lung lesions can appear within five (5) years after the initial exposure. The disease can progress rapidly. Accelerated silicosis is similar to chronic or ordinary silicosis, except that lung lesions appear earlier and the progression runs faster.

Carcinogenicity (IARC): Silica, crystalline (inhaled in the form of quartz or cristobalite from occupational sources) (CAS 14808-60-7) is listed in group 1. Titanium dioxide (CAS 13463-67-7) is listed in group 2B.

Additional information on tests

This mixture is classified as hazardous according to regulation (EC) No. 1272/2008 [CLP]. Special hazards arising from the substance or mixture:

Further information

Inhalation: May irritate the mucous membranes. Inhalation of dust may cause shortness of breath, tightness of the chest, sore throat and cough. Contains crystalline silica; by inhalation of particles can cause serious lung damage including silicosis at prolonged exposure. Upon contact with very high concentrations of respirable crystalline silica over a very short period of time, sometimes just a few months, an acute silicosis may occur. Signs of acute silicosis are increasing shortness of breath, fever, cough and weight loss. Acute silicosis is life-threatening. **Skin contact:** Non-irritating. May cause mechanical irritation. **Eye contact:** The description of possible adverse health effects is based on experience with this product. According to the EU classification criteria, the product is to be regarded as being an eye irritant. However, can cause mechanical irritation of the eyes of this product. May cause on the eyeball and cause immediate or delayed irritation, inflammation of the cornea, redness and tears scratches. **Ingestion:** Ingestion can cause gastrointestinal irritation, nausea, vomiting and diarrhea.

12. Ecological information

Ecotoxicity

The product is not: Ecotoxic.

Persistence and degradability

Revision No: 1,07

USA - EN

Revision date: 04.02.2016

Safety Data Sheet



according to 29 CFR 1910.1200(g)

Arizona Test Dust (ATD)

Revision date: 04.02.2016

Page 8 of 8

Standard

State Regulations

Safe Drinking Water and Toxics Enforcement Act of 1988 (Proposition 65, State of California)

This product contains no chemicals known to the State of California to cause cancer, birth defects or other reproductive harm.

18. Other Information

Hazardous Materials Information Label (HMIS)

Health: 2
Flammability: 0
Physical Hazard: 0

NFPA Hazard Ratings

Health: 2
Flammability: 0
Reactivity: 0
Unique Hazard:

Revision date: 04.02.2016

Revision No: 1,07

Abbreviations and acronyms

ADR: Accord européen sur le transport des marchandises dangereuses par Route
(European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road)
IMDG: International Maritime Code for Dangerous Goods
IATA: International Air Transport Association
GHS: Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals
EINECS: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances
ELINCS: European List of Notified Chemical Substances
CAS: Chemical Abstracts Service
LC50: Lethal concentration, 50%
LD50: Lethal dose, 50%

Other data

The above information describes exclusively the safety requirements of the product and is based on our present-day knowledge. The information is intended to give you advice about the safe handling of the product named in this safety data sheet, for storage, processing, transport and disposal. The information cannot be transferred to other products. In the case of mixing the product with other products or in the case of processing, the information on this safety data sheet is not necessarily valid for the new made-up material.



(The data for the hazardous ingredients were taken respectively from the last version of the sub-contractor's safety data sheet.)



Guayaquil: Puerto Santa Ana, Etapa 1-A Edif. El Astillero 4to. Piso Of. 401
Telefonos: (04) 2075024 / 2075034 / (593)098951269 / 098951255
E-mail: gt_distribuidor@yahoo.es
Web: www.gt.distribuidor.com RUC:
 1303429607001

Factura: No. 2020-SD112

CLIENTE:	Daniel Ribsdeneira
TELEFONO:	099 257 8452
FECHA	19 DE OCTUBRE DEL 2020
CIUDAD	GUAYAQUIL

ITEMS	DESCRIPCION	MARCA/ PROCEDENCIA	PRESENTACION COMERCIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL	TIEMPO DE ENTREGA
1	ISO 12103-1, A3 MEDIUM TEST DUST	MERCK	2 PAQ x 400 ml	1	\$ 370,00	\$ 370,00	30 DIAS

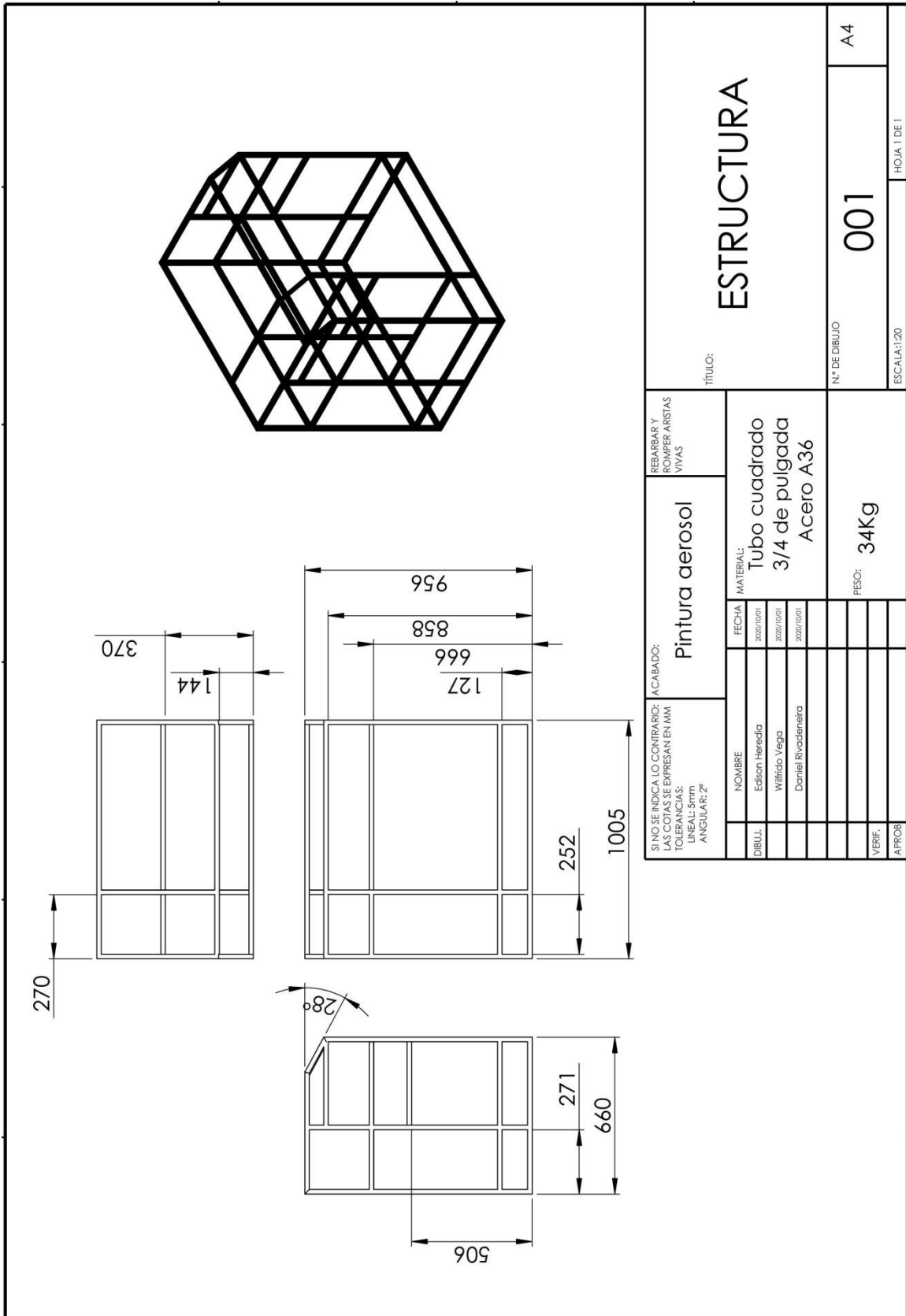
SUBTOTAL	\$ 370,00
IVA 12%	\$ 44,40
TOTAL	\$ 414,40

TERMINOS DE VENTA
FORMA DE PAGO: 60 % ADELANTADO Y 40% CONTRAENTREGA

GT
DISTRIBUIDOR
R.U.C.: 1303429607001


FIRMA AUTORIZADA

**Anexo. 8.3. Factura del fluido de ensayos ISO 12103-1, A3 MEDIUM TEST DUST
 GT Distribuidor 2020**



Anexo. 8.4. Plano de diseño del banco de pruebas con sus vistas respectivas.

Ribadeneira, D; Heredia, E; Ríos, B 2020



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS
 PETRÓLEO

Informe Nº 21-10-20-P-1
 Fecha 2020-10-21

Referencia: OT-21-10-20-P
 Atención: Sr. Wilfredo Ríos
 Empresa: PARTICULAR
 Dirección: Tunabamba Bajo
 Tipo de ensayos: Análisis Fisicoquímicos
 Tipo de muestra: GASOLINA
 Identificación de la muestra: A
 Descripción de la Muestra: Sin descripción específica
 Fecha de ingreso de la muestra: 2020-09-28
 Código de muestra: CE-21-10-20-P-1
 Fecha de realización de ensayos: 2020-10-03

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
CENIZAS*	%P	ASTM D-482	0,0001

Nota.- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE

Nota: Los resultados que constan en el presente informe sólo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.

Observaciones: Muestra altamente volátil.

Condiciones Ambientales.- Presión 545,2 mm Hg; Temperatura: 18,6 °C

Realizado por: VRT

Revisado por:

Ing. Fernanda Toasa L.
 RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por:

Ing. Ghem Carvajal C.
 DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolívar

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26
 QUITO - ECUADOR

E-mail: fg.sectorm@dpec@uce.edu.ec

Anexo. 8.5. Resultados de laboratorio muestra A.
 Facultad de Ingeniería Química UCE 2020.



**INFORME DE RESULTADOS
 PETRÓLEO**

Informe N° 21-10-20-P-2
 Fecha 2020-10-21

Referencia: OT-21-10-20-P
Atención: Sr. Wilfredo Ríos
Empresa: PARTICULAR
Dirección: Tunabamba Bajo
Tipo de ensayos: Análisis Fisicoquímicos
Tipo de muestra: GASOLINA
Identificación de la muestra: B
Descripción de la Muestra: Sin descripción específica
Fecha de ingreso de la muestra: 2020-09-28
Código de muestra: CE-21-10-20-P-2
Fecha de realización de ensayos: 2020-10-03

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
CENIZAS*	%P	ASTM D-482	0,0156

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAI

Nota: Los resultados que constan en el presente informe sólo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.

Observaciones: Muestra altamente volátil.

Condiciones Ambientales: Presión 545,2 mm Hg; Temperatura: 18,6 °C

Realizado por: VRT

Revisado por:

Ing. Fernanda Toasa E.
 RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por:

Ing. Ghem Carvajal C.
 DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26
 QUITO - ECUADOR

E-mail: fu.secretaria@dpec@uce.edu.ec

Página 2 de 3

Anexo. 8.6. Resultados de laboratorio muestra B.
 Facultad de Ingeniería Química UCE 2020.



**INFORME DE RESULTADOS
 PETRÓLEO**

Informe Nº 21-10-20-P-3
 Fecha 2020-10-21

Referencia: OT-21-10-20-P
 Atención: Sr. Wilfredo Pinos
 Empresa: PARTICULAR
 Dirección: Tunabamba Bajo
 Tipo de ensayos: Análisis Fisicoquímicos
 Tipo de muestra: GASOLINA
 Identificación de la muestra: C
 Descripción de la Muestra: Sin descripción específica
 Fecha de ingreso de la muestra: 2020-09-28
 Código de muestra: OE-21-10-20-P-3
 Fecha de realización de ensayos: 2020-10-03

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
CENIZAS*	%P	ASTM D-492	0,0203

Nota.- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE

Nota: Los resultados que constan en el presente informe sólo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.

Observaciones: Muestra altamente volátil.

Condiciones Ambientales.- Presión 545,2 mm Hg; Temperatura: 18,6 °C

Realizado por: VRT

Revisado por:

Aprobado por:


 Ing. Fernanda Toasa E.
 RESPONSABLE TÉCNICO


 Ing. Ghem Carvajal C.
 DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolívar

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 28
 QUITO - ECUADOR

E-mail: titulacion@dpec@uce.edu.ec

Anexo. 8.7. Resultados de laboratorio muestra C.
 Facultad de Ingeniería Química UCE 2020.



**INFORME DE RESULTADOS
 PETRÓLEO**

Informe Nº 21-10-20-P-5
 Fecha 2020-10-21

Referencia: OT-21-10-20-P
 Atención: Sr. Wilfredo Ríos
 Empresa: PARTICULAR
 Dirección: Tunabamba Bajo
 Tipo de ensayos: Análisis Fisicoquímicos
 Tipo de muestra: GASOLINA
 Identificación de la muestra: X
 Descripción de la Muestra: Sin descripción específica
 Fecha de ingreso de la muestra: 2020-09-28
 Código de muestra: OC 21-10-20-P-5
 Fecha de realización de ensayos: 2020-10-03

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
CENIZAS*	%P	ASTM D-482	0,0611

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE

Nota: Los resultados que constan en el presente informe sólo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.

Observaciones: Muestra altamente volátil.

Condiciones Ambientales: Presión 545,2 mm Hg; Temperatura: 18,6 °C

Realizado por: VMT

Revisado por:

Ing. Fernanda Toasa L.
 RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por:

Ing. Ghem Carvajal C.
 DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bulvia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26
 QUITO - ECUADOR

E-mail: la.asistenta@dpec@uce.edu.ec

Anexo. 8.8. Resultados de laboratorio muestra X.
 Facultad de Ingeniería Química UCE 2020.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS
 PETRÓLEO

Informe N° 21-10-20-P-6
 Fecha 2020-10-21

Referencia: OT-21-10-20-P
 Atención: Sr. Wilfredo Ríos
 Empresa: PARTICULAR
 Dirección: Turubamba Bajo
 Tipo de ensayos: Análisis Fisicoquímicos
 Tipo de muestra: GASOLINA
 Identificación de la muestra: Xa
 Descripción de la Muestra: Sin descripción específica
 Fecha de ingreso de la muestra: 2020-09-25
 Código de muestra: OC 21-10-20-P-6
 Fecha de realización de ensayos: 2020-10-03

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
CENIZAS*	%P	ASTM D-482	0,000

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE

Nota: Los resultados que constan en el presente informe sólo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.

Observaciones: Muestra altamente volátil.

Condiciones Ambientales: - Presión 545,2 mm Hg; Temperatura: 18,6 °C

Revisado por: VMT

Revisado por:

Aprobado por:

Ing. Fernanda Toasa E.
 RESPONSABLE TÉCNICO

Ing. Ghem Carvajal C.
 DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ríos s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26
 QUITO - ECUADOR

E-mail: dg.secretaria@dpec@uce.edu.ec

Anexo. 8.9. Resultados de laboratorio muestra Xa.
 Facultad de Ingeniería Química UCE 2020.



**INFORME DE RESULTADOS
 PETRÓLEO**

Informe N° 21-10-20-P-7
 Fecha 2020-10-21

Referencia: OT-21-10-20-P
 Atención: Sr. Wilfredo Rivas
 Empresa: PARTICULAR
 Dirección: Tunabamba Bajo
 Tipo de ensayos: Análisis Físicoquímicos
 Tipo de muestra: GASOLINA
 Identificación de la muestra: Xb
 Descripción de la Muestra: Sin descripción específica
 Fecha de ingreso de la muestra: 2020-09-28
 Código de muestra: OC-21-10-20-P-7
 Fecha de realización de ensayos: 2020-10-03

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
CENIZAS*	%P	ASTM D-482	0,0201

Nota.- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

Nota: Los resultados que constan en el presente informe sólo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.

Observaciones: Muestra altamente volátil.

Condiciones Ambientales.- Presión 545,2 mm Hg; Temperatura: 18,6 °C

Realizado por: VRT

Revisado por:

Aprobado por:


 Ing. Fernanda Toasa L.
 RESPONSABLE TÉCNICO


 Ing. Ghem Carvajal C.
 DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolívar

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 28
 QUITO - ECUADOR

E-mail: dg.secretaria.dpec@uce.edu.ec

Anexo. 8.10. Resultados de laboratorio muestra Xb.
 Facultad de Ingeniería Química UCE 2020.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS
PETRÓLEO

Informe Nº 21-10-20-P-8
Fecha 2020-10-21

Referencia: OT-21-10-20-P
Atención: Sr. Wilfrido Rios
Empresa: PARTICULAR
Dirección: Turubamba Bajo
Tipo de ensayos: Análisis Fisicoquímicos
Tipo de muestra: GASOLINA
Identificación de la muestra: Xc
Descripción de la Muestra: Sin descripción específica
Fecha de ingreso de la muestra: 2020-09-28
Código de muestra: OC 21-10-20-P-8
Fecha de realización de ensayos: 2020-10-03

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
CENIZAS*	%P	ASTM D-482	0,0241

Nota.- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE

Nota: Los resultados que constan en el presente informe sólo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.

Observaciones: Muestra altamente volátil.

Condiciones Ambientales.- Presión 545,2 mm Hg; Temperatura: 18,6 °C

Realizado por: VNT

Revisado por:

Ing. Fernanda Toasa E.
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por:

Ing. Ghern Carvajal C.
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26
QUITO - ECUADOR

E-mail: lasecretaria@dpec@uce.edu.ec

Anexo. 8.11. Resultados de laboratorio muestra Xc.
Facultad de Ingeniería Química UCE 2020.



**INFORME DE RESULTADOS
 PETRÓLEO**

Informe Nº 21-10-20-P-4
 Fecha 2020-10-21

Referencia: OT-21-10-20-P
 Atención: Dr. Wilfredo Pinos
 Empresa: PARTICULAR
 Dirección: Tunubamba Bajo
 Tipo de ensayos: Análisis Fisicoquímicos
 Tipo de muestra: GASOLINA
 Identificación de la muestra: Z
 Descripción de la Muestra: Sin descripción específica
 Fecha de ingreso de la muestra: 2020-09-28
 Código de muestra: OC 21-10-20-P-4
 Fecha de realización de ensayos: 2020-10-03

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
CENIZAS*	%P	ASTM D-482	0,0841

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

Nota: Los resultados que constan en el presente informe sólo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.

Observaciones: Muestra altamente volátil.

Condiciones Ambientales: - Presión 545,2 mm Hg; Temperatura: 18,6 °C

Elaborado por: VRT

Revisado por:

Aprobado por:


 Ing. Fernanda Toasa
 RESPONSABLE TÉCNICO




 Ing. Ghem Carvajal C.
 DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 28
 QUITO - ECUADOR

E-mail: la.secretaria@dpec@uce.edu.ec

Anexo. 8.12. Resultados de laboratorio muestra Z.
 Facultad de Ingeniería Química UCE 2020.