



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

Trabajo fin de carrera

Evaluación del consumo de combustible y emisiones de una moto a 4 tiempos, al sustituir el carburador de campana, por un carburador de diafragma.

Realizado por

Anthony Joel Almachi Salguero

Director del Proyecto.

PhD. Edilberto Antonio Llanes-Cedeño

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERÍA - AUTOMOTRIZ

31 de marzo del 2023

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Almachi Salguero Anthony Joel, con cédula de identidad 1726976093, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



.....
Anthony Joel Almachi Salguero C.I.

1726976093

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



.....
PhD. Edilberto Antonio Llanes-Cedeño

LOS PROFESORES INFORMANTES:

PhD. Diana Belén Peralta Zurita

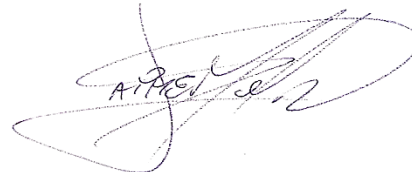
Ing. Jaime Vinicio Molina Osejos, M.Sc.

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.



.....

PhD. Diana Belén Peralta Zurita



.....

Ing. Jaime Vinicio Molina Osejos, M.Sc.

Dedicatoria

El siguiente trabajo se lo dedico a mi padre, a mi madre y a mis queridos hermanos por estar siempre en todo momento ellos son lo más importantes en mi vida, la gran enseñanza y ejemplo que recibí de ellos en mi formación como persona. Es ese gran apoyo emocional que he recibido de ellos en situaciones de felicidad y en malos momentos, es por ese entusiasmo que me han brindado y por esa motivación, me ha permitido cumplir cada una de mis metas y próximas a cumplir como un profesional, es por ellos que todos mis logros serán únicamente para ellos.

Agradecimiento

Agradezco a mi familia y a Dios por brindarme el estudio que es lo que más me ha encantado, les doy las gracias de corazón por estar conmigo en todo lugar y momento, es por ese apoyo que me han dedicado me han permitido seguir adelante a lo largo de mi vida y hasta culminar mi carrera.

Quiero agradecer a mis compañeros y docentes, especialmente al Dr. Edilberto Llanes, por la gran enseñanza que recibí de él y por darme la oportunidad de formarme como un ingeniero de prestigio, durante mi desarrollo de tesis.

Resumen

La mayoría de los motoristas que cuentan con motocicletas a 4 tiempos, optan por la sustitución de su sistema de alimentación a carburador por un sistema a inyección, sin embargo, dicha mejora repercute en daños a sus componentes electrónicos dado que se encuentran la intemperie o una mala adaptación en el vehículo generando pérdidas económicas, provocando que a muchos usuarios no opten por esta modificación, por lo que ha incentivado a muchos fabricantes de motocicletas a mejorar al carburador por ser más baratos y de sencillo mantenimiento, también, el diversificar el tipo de aceleración en el carburador de campana y de diafragma. En la presente investigación se analizó la mejora del sistema de alimentación de una motocicleta de la marca UM a 4 tiempos de cilindraje 180 a carburador de campana, tras la sustitución por un carburador de diafragma, bajo la necesidad evaluar el consumo de combustible en una ruta predeterminada, la medición de gases de escape mediante un analizador de gases en pruebas estáticas y su comparativa con Reglamento INEN 136, en pruebas estáticas en ralentí y finalmente la simulación del flujo de aire por la tobera de los carburadores a máxima capacidad de aceleración del motor y del carburador, en condiciones medioambientales de Quito-Ecuador y para la demostración del efecto Venturi, para el diseño y la simulación se optó por el uso de softwares CAD y CFD. Los resultados indican que la propuesta de cambio de carburador es beneficiosa la disminución de Hidrocarburos (HC) que el de carburador de campana, aunque en consumo de combustible solo alcanzo los 34km/l y en la simulación de flujo de aire un aumento de velocidad de 38 m/s.

Palabras clave: Efecto Venturi, gases de escape, Reglamento INEN 136, cilindraje, carburadores, mezcla aire-combustible.

Abstract

Most of the motorcyclists who have 4-stroke motorcycles, opt for the replacement of their carburetor power supply system by an injection system, however, such an improvement affects damage to their electronic components since they are the weather or a bad adaptation in the vehicle generating economic losses, causing many users not to opt for this modification, so it has encouraged many motorcycle manufacturers to improve the carburetor by being cheaper and easy to maintain, also, diversifying the type of acceleration in the bell and diaphragm carburetor. In the present investigation the improvement of the power supply system of a motorcycle of the UM brand to 4 strokes of displacement 180 to bell carburettor was analyzed, after the replacement by a diaphragm carburettor, under the need to evaluate the fuel consumption in a predetermined route, the measurement of exhaust gases by a gas analyzer in static tests and its comparison with Regulation INEN 136, in static tests at idle and finally the simulation of the air flow by the nozzle of the carburettors at maximum acceleration capacity of the engine and the carburetor, in environmental conditions of Quito-Ecuador and for the demonstration of the Venturi effect, the use of CAD and CFD software was chosen for the design and simulation. The results indicate that the carburetor change proposal is beneficial the decrease of Hydrocarbons (HC) than the bell carburetor, although in fuel consumption only reached 34km/l and in the airflow simulation a speed increase of 38 m/s.

Key words: Venturi effect, exhaust gases, INEN 136 Regulation, cylinder capacity, carburetors, air-fuel mixture.

Índice de contenido

Portada	1
Declaración Juramentada	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimiento.....	4
Resumen.....	5
Abstract.....	6
Índice de contenido.....	7
Índice de tablas	13
Índice de figuras.....	14
Índice de Ecuaciones.....	16
Introducción	17
Justificación	18
Hipótesis.....	19
Objetivo General	20
Objetivos específicos.....	20
Estado del Arte.....	21
La Motocicleta a 4 tiempos.....	21
Componentes de la de Motocicleta 4 tiempos.....	22

<i>La Culata</i>	22
<i>El Cilindro</i>	23
<i>El pistón y biela</i>	24
<i>El cigüeñal</i>	24
<i>Las válvulas</i>	25
Motor de Combustión - Interna de la Motocicleta	26
<i>Motor de cuatro tiempos</i>	27
El Carburador de la Motocicleta	28
<i>Carburador de Campana</i>	30
<i>Carburador de Diafragma</i>	32
<i>Carburación en motocicletas 4 tiempos</i>	33
Condiciones Geográficas en Quito.....	35
Parámetros de la Velocidad del Flujo de aire de un Motor de Combustión Interna a Carburador	36
<i>Eficiencia Volumétrica de un Motor de Combustión Interna</i>	36
<i>Flujo del Aire de Motor de Combustión Interna</i>	37
Pruebas en Vehículos Motorizados	37
<i>Prueba en Ruta</i>	37
<i>Prueba en Ruta para Mediciones de Consumo de Combustible</i>	38
<i>Consumo de combustible de un vehículo</i>	38

<i>Prueba Estática para la Medición de Gases de escape</i>	39
Emisiones de gases de escape emitidos por Motocicletas a 4 Tiempos.....	40
<i>Gases Contaminantes y no contaminantes</i>	41
<i>Dióxido de Carbono - CO₂</i>	41
<i>Oxígeno - O₂</i>	41
Normativa de emisiones contaminantes para motocicletas en el Ecuador.....	41
Diseño y Simulación	43
<i>Principios Básicos del CAE</i>	43
<i>Modelo en tres dimensiones (3D)</i>	43
<i>Dinámica de Fluidos Computacional CFD</i>	44
<i>Proceso de Simulación CFD</i>	45
<i>La geometría (dominio informático o computacional)</i>	45
<i>El modelamiento matemático</i>	45
<i>Mallado</i>	46
<i>Las condiciones de contorno</i>	46
<i>Simulación</i>	47
Método	48
Metodología	48
<i>Diseño de la investigación</i>	48
<i>El Alcance de la investigación</i>	49

Diagrama de Procesos	49
Vehículo y Equipo de Medición seleccionado.....	50
<i>Motocicleta para pruebas</i>	50
<i>Tanque de gasolina</i>	52
Tablero Digital de Motocicleta.	52
Probeta	53
Carburadores Seleccionados	54
<i>Carburador de Campana de la Marca DENI PZ30</i>	54
<i>Funcionamiento en Ralentí del Carburador de Campana DENI PZ30</i>	55
<i>Tipo de Aceleración del Carburador de Campana DENI PZ30</i>	55
<i>Carburador de Diafragma Marca VINI AC 28</i>	56
<i>Accionamiento en Ralentí del Carburador de Diafragma de la Marca VINI AC 28</i>	57
<i>Tipo de Aceleración del Carburador de Diafragma Marca VINI AC 28</i>	57
Análisis y Discusión de Resultados	59
Diseño del Modelo CAD del Carburador Campana	59
<i>Ensamble CAD de los componentes del carburador DENI PZ30</i>	60
Diseño CAD del Carburador de Diafragma	61
<i>Ensamble CAD de los Componentes del Carburador VINI-AC28</i>	63
Condiciones Iniciales para la Simulación del Flujo del Aire en CFD	64
Parámetros de Simulación en CFD	67

Simulación CFD.....	68
<i>Mallado en ambos carburadores</i>	<i>68</i>
<i>Simulación de Flujo de Aire en el Carburador de Campana DENI PZ30</i>	<i>69</i>
<i>Simulación de Flujo de Aire en el Carburador de Diafragma VINI AC28</i>	<i>70</i>
Medición del Consumo de Combustible en Prueba Ruta.....	72
<i>Ruta Seleccionada.....</i>	<i>72</i>
<i>Procedimiento en Prueba Ruta.....</i>	<i>73</i>
<i>Consumo de Combustible en Prueba Ruta.....</i>	<i>74</i>
<i>Resultados de la Prueba Dinámica en ruta con el Carburador de Campana.....</i>	<i>75</i>
<i>Resultados de la Prueba Dinámica en ruta con el Carburador de Diafragma.....</i>	<i>76</i>
Equipo de Medición de Gases de escape de la Marca CACELEP	77
<i>Procedimiento en Prueba Estática para Motocicleta.....</i>	<i>78</i>
Medición de Gases en Prueba Estática en Ralentí en Ambos Carburadores	79
<i>Medición de Gases Contaminantes con el Carburador de Campana en Prueba Ralentí</i>	<i>80</i>
<i>Medición de Gases con el Carburador de Diafragma en Prueba Ralentí.....</i>	<i>81</i>
Comparativa de Resultados de Consumo y Medición de gases en Ambos Carburadores	82
Conclusiones	85
Recomendaciones	87

Bibliografía 88

Anexos 95

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Calibración estándar en carburadores mecánicos.....</i>	34
Tabla 2 <i>Niveles máximos de contaminación para motocicletas en prueba estática en Marcha mínima o prueba en Ralentí.....</i>	42
Tabla 3 <i>Niveles de contaminación máximos en motocicletas de dos ruedas en ciclo de prueba dinámica.....</i>	42
Tabla 4 <i>Niveles máximos de contaminación en prueba dinámica.....</i>	42
Tabla 5 <i>Valor y Calidad del Mallado.....</i>	46
Tabla 6 <i>Características de la motocicleta.....</i>	51
Tabla 7 <i>Especificaciones del Carburador DENI PZ30.....</i>	54
Tabla 8 <i>Especificaciones del Carburador VINI AC28.....</i>	57
Tabla 9 <i>Parámetros del motor UM XTREET 180.....</i>	65
Tabla 10 <i>Condiciones de Altitud y Atmosféricas en Quito-Ecuador.....</i>	65
Tabla 11 <i>Consumo de combustible con el carburador de campana.....</i>	76
Tabla 12 <i>Consumo de combustible con el carburador de diafragma.....</i>	77
Tabla 13 <i>Análisis de gases contaminantes con el carburador de campana en ralentí a 1500 rpm.....</i>	80
Tabla 15 <i>Análisis de gases contaminantes con el carburador de diafragma a 1500 rpm.....</i>	82

Índice de figuras

Figura 1 <i>La motocicleta moderna</i>	21
Figura 2 <i>Motor de motocicleta a 4 tiempos</i>	22
Figura 3 <i>Culata</i>	23
Figura 4 <i>Cilindro de la motocicleta</i>	23
Figura 5 <i>El pistón y la biela</i>	24
Figura 6 <i>El cigüeñal</i>	25
Figura 7 <i>Las Válvulas de motocicleta</i>	26
Figura 8 <i>Ciclo de funcionamiento del motor 4 tiempos</i>	28
Figura 9 <i>Efecto Venturi</i>	29
Figura 10 <i>Efecto Venturi del carburador de cortina</i>	30
Figura 11 <i>Componentes del Carburador de Campana</i>	31
Figura 12 <i>Partes del carburador de Diafragma</i>	33
Figura 13 <i>Tornillos de carburación</i>	35
Figura 14 <i>Prueba estática</i>	40
Figura 15 <i>Motocicleta UM XTREET 180cc</i>	51
Figura 16 <i>El Tanque de gasolina de la motocicleta UM XTREET</i>	52
Figura 17 <i>Tablero digital de la motocicleta UM XTREET</i>	53
Figura 18 <i>Probeta de 1000ml</i>	53
Figura 19 <i>Carburador de cortina marca DENI PZ30</i>	56
Figura 20 <i>Carburador de diafragma marca VINI AC 28</i>	58
Figura 21 <i>Componentes del carburador de campana</i>	59
Figura 22 <i>Modelos 3D de los componentes del carburador DENI PZ30</i>	60

Figura 23	<i>Ensamble del Carburador de Cortina.....</i>	61
Figura 24	<i>Componentes del Carburador de Diafragma.....</i>	62
Figura 25	<i>Modelos 3D de los componentes del carburador VINI-AC28</i>	63
Figura 26	<i>Modelo 3D del carburador de diafragma</i>	64
Figura 27	<i>Distancia de la campana de aceleración</i>	67
Figura 28	<i>Modelo 3D de la tobera del carburador de diafragma.....</i>	68
Figura 29	<i>Mallado del carburador de campana y de diafragma</i>	69
Figura 30	<i>Simulación del Carburador de cortina</i>	70
Figura 31	<i>Simulación del carburador de diafragma</i>	71
Figura 32	<i>Líneas de flujo de carburador de diafragma.....</i>	71
Figura 33	<i>Recorrido de la prueba en carretera.....</i>	73
Figura 34	<i>Medición de la cantidad de combustible</i>	75
Figura 35	<i>Analizador de gases CACELEP 3201</i>	78
Figura 36	<i>Proceso para la medición de gases de escape de la motocicleta.....</i>	79
Figura 37	<i>Carburador de campana sujeto al motor de la motocicleta de la UM XTREET</i>	80
Figura 38	<i>Montaje del carburador de diafragma al motor</i>	81
Figura 39	<i>Gráfica del consumo de combustible en función de los km/l</i>	83
Figura 40	<i>Gráfica de medición de gases</i>	84

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 <i>Eficiencia Volumétrica de un motor de Combustión Interna</i>	36
Ecuación 2 <i>Flujo del aire de un motor de Combustión Interna</i>	37
Ecuación 3 <i>Consumo de combustible en km/l</i>	39

Introducción

El propósito de la investigación es la evaluación del consumo de combustible y análisis de los gases emitidos por los motores de motocicletas, específicamente en motores de un cilindro con un ciclo de funcionamiento a 4 tiempos, y con ello contribuir con nuevo material de apoyo a futuras investigaciones en este campo poco explorado en la ciudad de Quito-Ecuador.

La investigación se centra en el sistema de alimentación de una motocicleta UM XTREET 180 CC a carburador de campana por efecto Venturi, cuya función es suministrar la cantidad correcta de (aire y combustible) al motor, de este modo, se busca evaluar el consumo de combustible y emisiones de la moto, por medio de la incorporación de un carburador de diafragma de funcionamiento por Vacío Constante.

La Validación de resultados se dio en dos circunstancias; una en pruebas en ruta y la otra en pruebas estáticas por medio de un analizador de gases, para la medición de los porcentajes de gases de escape de la motocicleta.

La mayoría de motocicletas a 4 tiempos utilizan carburadores de efecto Venturi; donde la aspiración de aire aumenta por un estrechamiento del conducto a diferencia de presiones, y por otro lado el carburador que funciona por un Vacío constante; formado por un vacío en el interior del motor (Armas, 2013).

El control de emisiones se rige por la normativa de revisión técnica vehicular del Ecuador. El Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 136), donde se establecen los niveles máximos de CO, CO₂, O₂ y HC de la motocicleta en prueba estática en ralentí, para la aprobación de su libre circulación.

Justificación

El campo automotor siempre está en constante cambio, muchos de ellos se relacionan con la dependencia del menor consumo de combustible y emisiones contaminantes en sus motores, en el caso de las motocicletas a 4 tiempos, los motoristas optan por modificar su sistema de alimentación a carburador por un sistema electrónico, sin embargo, la adaptación de los componentes electrónicos son propensos a un deterioro más prematuro al situarse a la intemperie (Medrano, 2012).

La mejora más común al sistema de alimentación a una motocicleta es por medio de la sustitución de su carburador a un sistema a inyección, aunque, en este caso tiende a aprovechar mejor el combustible, pero su consumo aumenta pueden llegar a ser incompatibles debido al limitado espacio en el vehículo es requerido para las modificaciones De suma importancia son los errores que tiene el especialista en motores de motocicletas, al desconocer, que el sistema de alimentación a gasolina es de vital, para maximizar y garantizar una buena mezcla estequiometria, pero que debe estar regido por la normativa de emisiones de gases de escape, también el de minimizar el consumo de gasolina se le garantice una mayor eficiencia, y confort a las personas (Robalino, 2017).

El carburador considerado como el sistema más antiguo, pero más fiable, debido al sencillo mantenimiento de sus componentes mecánicos, también, por su funcionamiento por efecto Venturi que permite el incremento de la velocidad del combustible con el aire ingrese directamente a la cámara de combustión y por acción de la chispa de la bujía se genere el proceso de combustión (Guevara De La Cruz, 2018).

El sistema a inyección en una motocicleta a 4 tiempos puede llegar a emitir demasiados gases contaminantes producto de una pésima combustión debido a la descalibración del cuerpo de aceleración e inyector, por otro lado el carburador sigue siendo el más utilizado por su sencillo mantenimiento, tiene una gran variedad de repuestos por lo que lo hace económico, accesible y fácil de reparar por su accionamiento mecánico sin embargo se diferencian por el tipo de aceleración los más comunes son por una campana y válvula de aceleración lo que garantiza un correcto llenado del cilindro por el funcionamiento del efecto Venturi, aunque se lo considere en desuso sigue incluyéndose a la línea de producción de muchas marcas de vehículos (Medrano, 2012).

Por tal motivo se pretende realizar una evaluación en una motocicleta a 4 tiempos al sustituir su carburador de campana, por un carburador de diafragma, esto con el fin de evaluar que el carburador puede mejorar el llenado del cilindro con la cantidad adecuada de aire junto con la gasolina por el efecto Venturi al sustituir el tipo de aceleración y validar su cambio en pruebas de simulación de flujo de aire, consumo de gasolina en ruta en carretera, y análisis de gases de escape contaminantes en pruebas en ralentí.

Hipótesis

¿Cuál será el consumo y emisiones de un motor de motocicleta mono cilindro a 4 tiempos al sustituir el carburador de campana, por un carburador de diafragma?

Objetivo General

Evaluar las variaciones del índice de consumo de combustible y gases contaminantes con distintos carburadores en un motor de motocicleta UM de cilindraje 180 mono cilíndrico a 4 tiempos mediante simulación, prueba ruta y prueba estática para la validación de tecnologías.

Objetivos específicos.

Establecer un modelo CAD que permita la simulación de flujo del carburador de diafragma y de campana, mediante el software CFD, para la demostración de su funcionamiento Venturi y análisis a máxima capacidad.

Medir el consumo de combustible en una ruta predeterminada en carretera asfaltada, con ambos sentidos de conducción y la medición de gases contaminantes (CO, HC, CO₂, y O₂) mediante un analizador de gases en prueba estática, para su comparativa con ambas tecnologías del carburador y la normativa del Reglamento Técnico Ecuatoriano 136 (RTE INEN 136).

Evaluar los valores obtenidos del índice de consumo de combustible y gases contaminantes de ambas tecnologías de carburador, mediante la aplicación de la estadística, para la evaluación de la eficiencia en el cambio del carburador.

Estado del Arte

La Motocicleta a 4 tiempos

La motocicleta reconocida por ser un vehículo de dos o hasta un máximo con tres ruedas que es impulsado por un motor de combustión interna. En la figura 1 se puede apreciar a una motocicleta moderna que cuenta con un chasis, las barras y el motor de giro rápido conforman su estructura fundamental. La dirección de la motocicleta está comandada por la rueda delantera siendo la directriz y rueda trasera la motriz encargada de proporcionar la fuerza necesaria para impulsar al vehículo (Lopez, 2009).

Figura 1

La motocicleta moderna



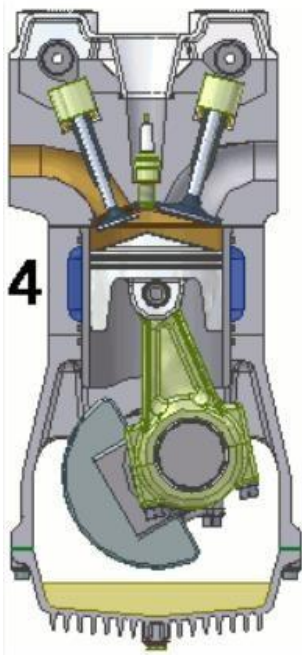
Nota. La figura 1 se muestra a una motocicleta siendo conducida por una vía asfaltada, controlando el equilibrio. Tomado de (Cvmotos, 2020).

La alta demanda de motores de cuatro tiempos a carburador tiende a ser menos contaminantes que los vehículos tipo turismo o automóviles, además del no limitar el aprovechamiento del combustible en la cámara de combustión del moto, también es reconocido como un motor de giro rápido que completa su ciclo de funcionamiento en tan solo dos giros del motor esto garantiza que se combustione de forma rápida la gasolina generando menos residuos

de carbono sean emitidos a la atmosfera. En la figura 2 se puede apreciar los componentes internos del motor (Pérez Díez, 2018).

Figura 2

Motor de motocicleta a 4 tiempos



Nota. En la figura 2 se puede apreciar a un motor de un solo cilindro de cuatro tiempos. Tomado de (Xtreet, 2016)

Componentes de la de Motocicleta 4 tiempos

La Culata

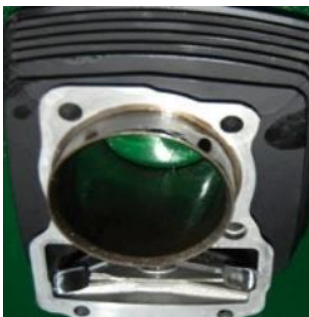
La culata se ubica encima de la cámara de combustión, en la misma se alojan los elementos como: las válvulas de admisión y escape, los balancines, la bujía entre otros. La sujeción de este elemento se realiza mediante pernos de alta resistencia que evitan su deformación (Rosero Cervantes, 2017).

Figura 3*Culata*

Nota. En la figura 3 se logra observar a la culata de un motor de motocicleta a 4 tiempos, en donde se alojan las válvulas de admisión, los balancines entre otros. Tomado de (Munimotos, 2022).

El Cilindro

El cilindro fabricado de acero o hierro es capaz de soportar las elevadas temperaturas del motor, adicional de, permitir el desplazamiento lineal del pistón por su interior, en la figura 4 se puede apreciar al cilindro, también, de las aletas encargadas de disipar el calor del motor y el enfriamiento del mismo (Rosero Cervantes, 2017).

Figura 4*Cilindro de la motocicleta*

Nota. Tomado de (Munimotos, 2022). Recuperado de <https://mundimotos.com/blogs/news/que-funcion-tiene-el-cilindro-de-la-moto>

El pistón y biela

El pistón es considerado una parte móvil en el interior de la cámara de combustión se llega a constituir de 3 ranuras donde se ubica el anillo de compresión y el anillo conocido como rascador de aceite, en la parte inferior de los anillos se ubica el bulón donde se une el pistón con la biela se encargan de transmitir la presión que tienen los gases de combustión y admisión, los cuales actúan en el pistón al cigüeñal (Rosero Cervantes, 2017).

Figura 5

El pistón y la biela



Nota. En la figura 5 se indica al pistón y sujeción sus componentes. Tomado de (Cvmotos, 2020). Recuperado de <https://www.cvmotos.cl/tienda/culata-motor-150cc-lifan-2/>

El cigüeñal

El cigüeñal se trata de un eje con codos y contrapesos que forma parte del motor de la motocicleta, el mismo, se encarga de transformar el movimiento rectilíneo que tiene el pistón en giratorio, producto de la explosión o quema del combustible. Los problemas o fallas más comunes suelen presentarse son por falta de aceite, sobrecalentamiento que ocasionan la fatiga, y ruptura del cigüeñal (Rosero Cervantes, 2017).

Figura 6

El cigüeñal

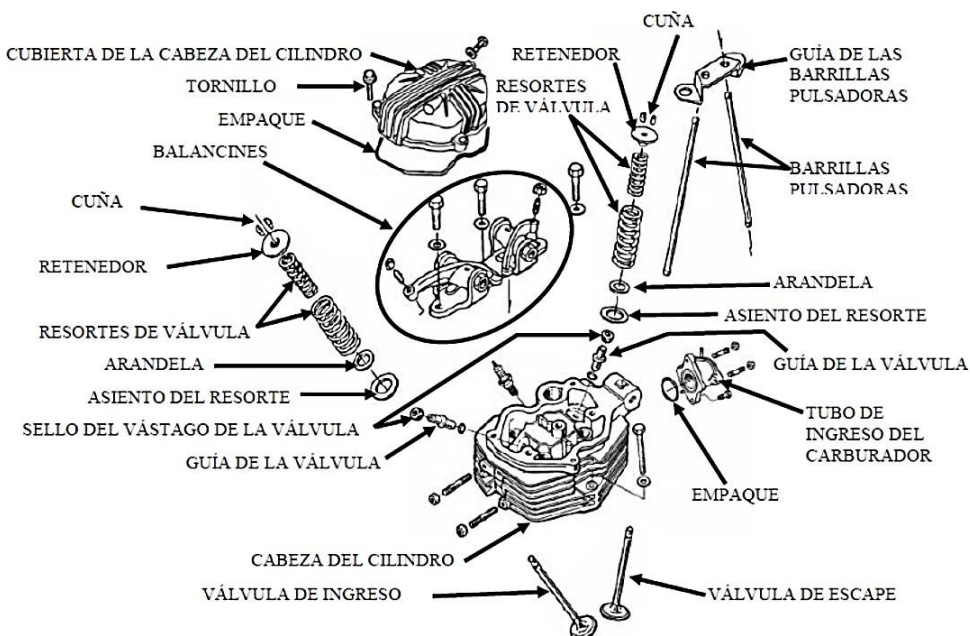


Nota. En la figura 6 se puede ver la sujeción entre el cigüeñal y la biela. Tomado de (Cvmotos, 2020). Recuperado de <https://www.cvmotos.cl/tienda/culata-motor-150cc-lifan-2/>

Las válvulas

Las válvulas se encargan de la entrada del carburante y la salida de los gases. La válvula de admisión controla la entrada del aire y combustible, por otra parte, la válvula que es considerada de escape tiene la única función de expulsar de todos las emisiones o gases generados por la combustión del combustible (Rosero Cervantes, 2017).

La calibración de las válvulas dependerá de la cilindrada de la motocicleta y el ciclo de funcionamiento. Para una motocicleta a 4 tiempos de cilindraje 180 su ajuste se lo realiza mediante un calibrador de láminas, en frío es de 0.07-0.12mm y con el motor caliente es de 0.10-0.15mm. En la figura 7 se pueden apreciar las válvulas de una motocicleta a 4 tiempos.

Figura 7*Las Válvulas de motocicleta*

Nota. En la figura 7 se puede apreciar el montaje de la válvula de escape y de admisión a la cabeza o culata del cilindro (Cvmotos, 2020).

Motor de Combustión - Interna de la Motocicleta

El motor de una motocicleta es capaz transformar en energía mecánica la combustión de cualquier combustible, mediante pequeñas explosiones dentro de la cámara de combustión, las cuales son controladas mediante la chispa de una o varias bujías. La combustión de la mezcla aire- gasolina, genera el movimiento al pistón, a su vez, la caja de cambios, permite el aumento de giro del motor y el desplazamiento del vehículo si es con cadena impulsora transmitirá su fuerza a la rueda posterior (Velásquez Galicia, 2013).

El motor que es por combustión interna generalmente utiliza una relación del aire y el combustible en 14.7 partes que son de aire y 1 parte que es del combustible, suficiente para darle movimiento al vehículo. En motocicletas con motores de giro rápido, refrigeradas por aire y a

carburador su calibración se la realiza en marcha mínima o ralentí a las 1200 a 1500 rpm. Al aumentar el régimen de giro es necesario elevar la mezcla (aire-combustible) y como consecuencia aumentan las combustiones por minuto. Lo que produce más gases nocivos, y un desgaste más rápido del motor.

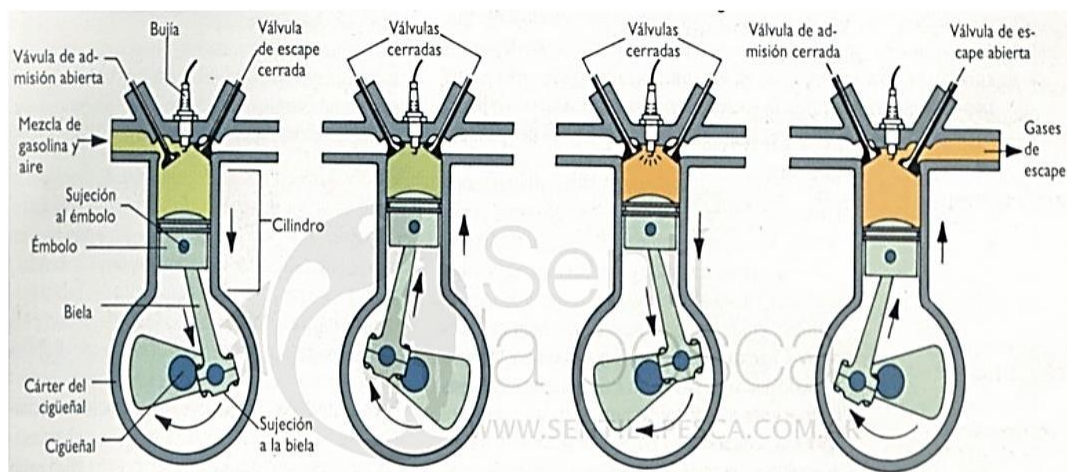
La mayor parte de contaminación se debe a la descalibración de su sistema de alimentación, dicha calibración suele hacerse en ralentí, para evitar la pérdida innecesaria de combustible, y sobre exceso, en motores a cuatro tiempos (Medrano, 2012).

Motor de cuatro tiempos

Los motores de las motocicletas que son a un ciclo de funcionamiento que es a cuatro tiempos, se compone de cuatro etapas de ciclo de trabajo: admisión, compresión, explosión y escape, en figura 8 se indica el ciclo completo, su ciclo completo es en dos vueltas del cigüeñal, es decir, el ciclo de combustión se lo realiza en una sola rotación del cigüeñal y para que se origine la combustión es necesario la mezcla (aire comprimido y gasolina), suministrada por un sistema de alimentación (Domínguez Soriano y Ruiz, 2012).

Figura 8

Ciclo de funcionamiento del motor 4 tiempos



ADMISIÓN

Pistón baja y entra combustible por la válvula de admisión
El cigüeñal da $\frac{1}{2}$ revolución

COMPRESIÓN

Pistón sube y el combustible y el aire se comprimen.
Las válvulas están cerradas
El cigüeñal da $\frac{1}{2}$ revolución

EXPLOSIÓN

La mezcla del combustible y de aire explota. Como las válvulas están cerradas el pistón baja. Potencia
El cigüeñal da $\frac{1}{2}$ revolución

ESCAPE

Pistón sube y expulsa los gases quemados por la válvula de escape
El cigüeñal da $\frac{1}{2}$ revolución

EN UN MOTOR DE 4 T SE PRODUCE UNA EXPLOSIÓN (FASE POTENTE) CADA 2 REVOLUCIONES

Nota. En la figura 8 se indica el ciclo de función o trabajo completo de un motor a 4 tiempos.

Tomado de (Álvarez, 2014).

El Carburador de la Motocicleta

El carburador es un componente mecánico que se puede encargar de suministrar la mezcla del (aire con el combustible) al interior del motor de la motocicleta, todo carburador posee un tubo o tobera que permite dar el paso al aire exterior al interior del motor. El Venturi formado por abertura mayor diámetro que el diámetro de salida a la tobera y una zona media de menor sección, entonces, su funcionamiento inicia cuando el pistón desciende en su etapa de admisión, provocando una succión de aire que es aspirado dentro motor y en conjunto con el carburador el aire succionado fluye por el tubo Venturi, aumentando de velocidad y disminuyendo la presión en el área de menor diámetro, lo que genera la aspiración del carburante, mezclándose con el

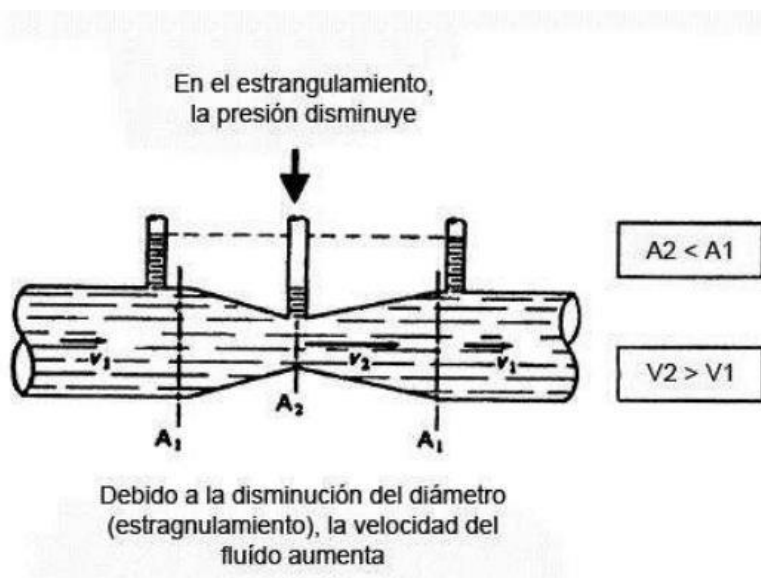
aire. Todos estos efectos o cambios son estudiados por el teorema de Bernoulli los cuales no fueron incorporados al proyecto debido a que no se realizará una interpretación de datos en cada sección del Venturi (Arévalo Santamaría, 2012).

El análisis de ecuaciones del teorema que es de Bernoulli no son parte de la presente de la tesis, sin embargo, se señalan 2 ideas principales:

- El flujo del aire aumenta de velocidad al pasar por un difusor del tubo Venturi, en un carburador esto garantiza una dosificación del carburante.
- En área o zona de menor diámetro genera la disminución de la presión, en la figura 9, se puede apreciar el aumento de un fluido por el efecto Venturi en la tobera.

Figura 9

Efecto Venturi



Nota. En la figura 9 se puede apreciar la depresión creada por el estrangulamiento del tubo Venturi permite la succión y pulverización de un líquido. Fuente (Arévalo Santamaría, 2012).

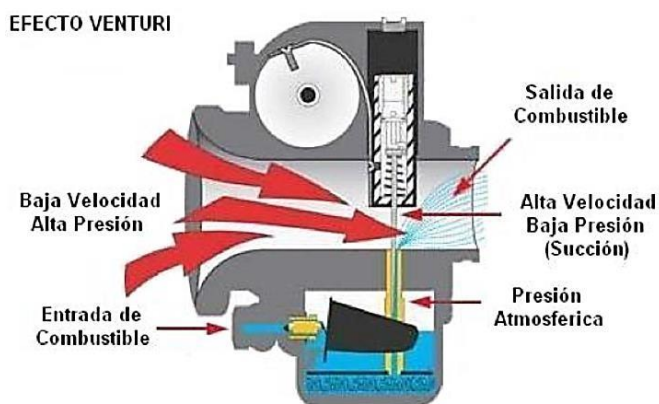
En el caso de los carburadores de motocicleta que funcionan por efecto Venturi, el aire aumenta su velocidad, pero disminuye su presión en el surtidor de gasolina permitiendo absorber una mínima cantidad de gasolina que se termina pulverizando debido a la aspiración del aire por el pistón en su etapa de admisión, mientras, mayor sea la turbulencia en la tobera de Venturi garantiza una mejor mezcla de la nafta y rendimiento de la combustión.

Carburador de Campana

El carburador de campana funciona por el efecto Venturi, el aire aspirado por el motor aumenta su velocidad y disminuye su presión al pasar por un conducto estrecho y su paso arrastra la gasolina contenida en la cuba, proveniente del tanque. La velocidad óptima del flujo del aire para la aspiración de la mezcla estequiométrica varía por el cilindraje del motor y la correcta cantidad de aire - combustible a pulverizarse se controla por la carburación. En la figura 10 se observa el Efecto Venturi al interior del conducto.

Figura 10

Efecto Venturi del carburador de cortina



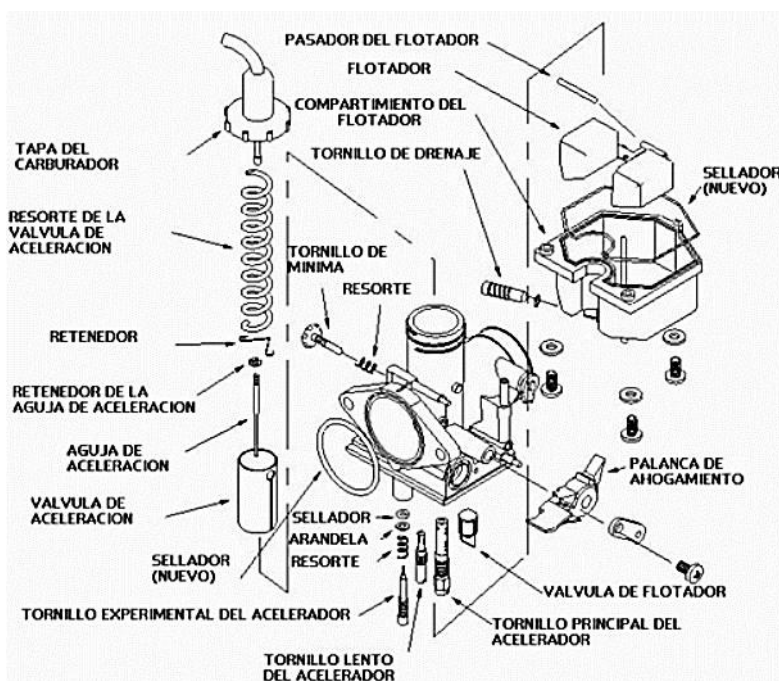
Nota. En la figura 10 se logra apreciar la aspiración del carburante por efecto Venturi en el carburador. Tomado de (epsformacion, 2019) Fuente

<https://epsformacion.com/blog/funcionamiento-carburadores-i/>

El carburador de campana se compone de varios elementos, en la figura 11 se puede apreciar en la parte superior se encuentra la válvula de aceleración, campana o cortina incorporada una aguja de aceleración que regula el paso de combustible desde la cuba hacia el Venturi, un claro ejemplo sería cuando el piloto acelera la campana y la aguja se levantan, esto permite que ingrese más aire y gasolina hacia la cámara de combustión como consecuencia aumenta el régimen de revoluciones del motor, al dejar de acelerar la campana baja, esto disminuye el paso de aire y al mismo tiempo la aguja reduce el flujo de gasolina, con ello, el volumen de la mezcla que ingresa a la cámara de combustión se reduce y las revoluciones del motor disminuyen. (Rivillas Montoya, 2013)

Figura 11

Componentes del Carburador de Campana



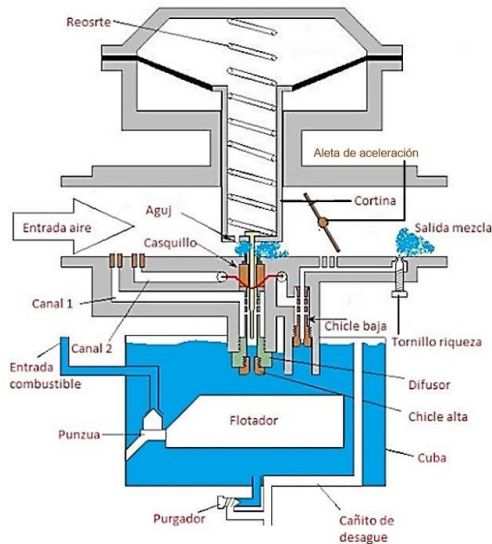
Nota. En la figura 11 se logra apreciar los elementos del carburador de campana. Tomado de (motoscoot.net, 2017) Fuente <https://www.motoscoot.net/blog/manual-carburacion-moto/>

Carburador de Diafragma

El carburador de diafragma funciona de igual forma que el carburador de campana debido a que posee un conducto donde se realiza la mezcla estequiométrica por el efecto Venturi, con la diferencia de que su aumento de flujo aire es controlado por una válvula o aleta de aceleración, como se lo puede observar en la figura 12.

La aceleración del motor la controla el conductor mediante el accionamiento del manubrio del acelerador, entonces la aleta se abre y la succión generada mueve el diafragma y la cortina hacia arriba, esto modifica el diámetro de la sección del conducto de estrechamiento generándose el efecto de vacío constante que permite aumentar el flujo de aire hacia el interior, también, que aumente la cantidad de gasolina succionada hasta la cámara de combustión del motor y por el accionamiento de la chispa que es provocada por la bujía se produce su combustión,

Al cerrarse la aleta de aclaración al soltar el acelerador el diafragma volverá a su posición de reposo junto con al émbolo y la aguja. El volumen de combustible puede regularse mediante agujas cónicas, tornillos pasantes, chicheres o conocidas comúnmente como espreas que permiten modificar la proporción de la mezcla. (Rivillas Montoya, 2013).

Figura 12*Partes del carburador de Diafragma*

Nota. En la figura 12 se puede apreciar la absorción de la nafta por la tobera del carburador, que el aumento de su cantidad es controlado por la abertura de la válvula o aleta de aceleración.

Tomado de (AndoMoto, s.f.) Fuente <http://andomoto.blogspot.com/2014/07/mecanica-carburador.html>.

Carburación en motocicletas 4 tiempos

El carburar una motocicleta es la regular la cantidad de combustible y aire del carburador, mediante el ajuste de sus tornillos pasantes, chicleres o espreas que permiten regular la cantidad de gasolina y del aire exterior. (Murelo Alonso, 2012)

La carburación se la debe realizar después de una limpieza y mantenimiento del carburador, seguidamente, se deben de ajustar todos sus tornillos de regulación ligeramente a la derecha En la tabla 1 se puede observar su carburación estándar en carburadores.

Tabla 1*Calibración estándar en carburadores mecánicos*

Tornillos de carburación	Función	Regulación
Tornillo experimental, de aire	Regula la cantidad de aire	1,5 a 2,5 vueltas
Tornillo lento o chicler de baja	Regula la cantidad de gasolina en ralentí	Ajuste total de 2 a 3 vueltas
Tornillo principal o chicler de alta	Regula la cantidad de gasolina hacia la tobera.	Ajuste total de 2 a 3 vueltas
Tornillo de mínima o de ralentí	Controla las revoluciones del motor	Régimen de rpm de 1500 (+/- 1200 rpm)

Nota. En la tabla 1 se indica la regulación estándar en los carburadores de campana y diafragma, sin embargo, su ajuste puede variar por las condiciones de altitud, y del orificio de los chicleres.

Fuente (motoscoot.net, 2017).

La sincronización del carburador de motocicletas 4 tiempos de campana o diafragma se la realiza por los siguientes pasos:

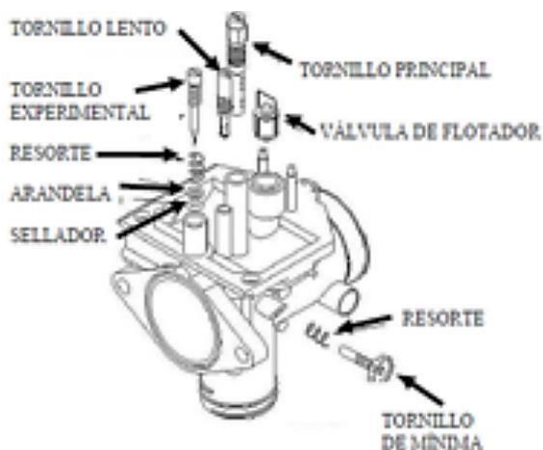
- Antes de la carburación se debe inspeccionar el estado de los componentes no se encuentren rotos o desgastados, los carburadores de fábrica ya vienen sincronizados únicamente se debe de regular el tornillo de ralentí. En la figura 13 se pueden apreciar a los tornillos pasantes de regulación del carburador.
- El ajuste de los tornillos de alta, baja y de aire son ajustados correctamente, se lo sujeta al motor, mediante una base de caucho, seguidamente se la debe enciende al vehículo por unos 5 a 10 minutos, hasta que, llegue a temperatura óptima de

trabajo de 75 °C a 90 °C, de esta forma se puede saber si la regulación no presenta inconvenientes.

La correcta carburación se da cuando el motor no se detiene o se apaga en ralentí, la manera más fiable es por una prueba de manejo por 10 minutos inspeccionando que no existan fugas por el purgador del carburador. (motoscoot.net, 2017)

Figura 13

Tornillos de carburación



Nota. En la figura 13 se pueden apreciar a los tornillos pasantes o espreas que permiten carburar o controlar de la cantidad de aire y combustible hacia el motor. Fuente (Xtreet, 2016).

La carburación de un carburador de motocicleta usualmente suele depender de las condiciones en donde circule el vehículo si es a una altitud sobre el nivel del mar a cada 1000 msnm disminuye su desempeño, debido a la disminución de la cantidad de oxígeno (O₂) en el ambiente y a la presión atmosférica (Rivillas Montoya, 2013).

Condiciones Geográficas en Quito

La ciudad San Francisco - Quito, es considerada como la capital del país de Sudamericano Ecuador y establecido como la provincia -Pichincha de la región Sierra, ubicada a

una altitud de 2850 msnm, con una presión atmosférica de 0.7054 atm. La temperatura ambiente de Quito en un clima templado que va desde los 10 a 27°C, en el norte de Quito la temperatura puede llegar a los 10 °C, y una humedad relativa de 88% (epsformacion, 2019).

Parámetros de la Velocidad del Flujo de aire de un Motor de Combustión Interna a Carburador

El aumento del volumen o cantidad de aire admitida en el cilindro de un motor a carburador se controla mediante una válvula de aceleración ubicada, en la entrada del Venturi o en la sección estrangulamiento de la tobera. Al variar la posición de la válvula, varía la cantidad de aire según el aumento de las RPM del motor (Arévalo Santamaría, 2012).

Para determinar el volumen de aire admitido en el motor, primero se debe identificar la eficiencia volumétrica del motor a un determinado régimen de RPM.

Eficiencia Volumétrica de un Motor de Combustión Interna

La eficiencia volumétrica (EV) de un motor es la capacidad o el flujo de aire admitido en el cilindro del motor. La eficiencia en un motor a carburador, puede llegar al 80 o 100%, garantizando el completo llenado del cilindro, sin embargo, puede ser superior al 100% debido al avance del diseño de los motores (Arévalo Santamaría, 2012). A continuación, se indica la ecuación de la eficiencia volumétrica de un motor de combustión interna:

$$EV = \frac{Potencia \times 792001,6}{AP \times CR \times CID \times RPM} \quad (1)$$

Donde en la ecuación (1):

Potencia: son los HP del motor

AP: la presión atmosférica según a la altura del nivel del mar (psi)

CR: se establece como la relación de compresión que posee el motor

RPM: son las revoluciones por minuto

Flujo del Aire de Motor de Combustión Interna

El flujo aire es la designación del volumen necesario que llega a consumir un motor de ciclo Otto en función del aumento de las RPM, para un motor a 4 tiempos se lo puede determinar en pies cúbicos por minuto (CFM) (Guevara De La Cruz, 2018). La siguiente ecuación indica el flujo del aire de un motor de combustión interna:

$$CFM = \frac{C \times n}{3456} \times EV \quad (2)$$

Donde en la ecuación (2):

C: Cilindraje del motor en, pulgadas cúbicas (in³)

n: Las revoluciones por minuto del motor (rev/min)

EV: la eficiencia volumétrica del motor

Pruebas en Vehículos Motorizados

Prueba en Ruta

La prueba en ruta, permite obtener resultados precisos y en tiempo real al ejecutarse una operación, dependiendo de lo que se requiera evaluar u obtener se debe establecer una ruta, es decir, la distancia a recorrer por el vehículo, sin embargo, depende de las condiciones del sector o localidad, en situaciones extremas, pendientes, rectas, curvas, entre otras (Molina Puma, 2006).

La prueba en ruta, también, permite determinar la potencia del motor, rendimiento, análisis de gases contaminantes, consumo de combustible, entre otros.

Prueba en Ruta para Mediciones de Consumo de Combustible

La medición se del consumo de combustible de un vehículo, dependerá de la capacidad del tanque de gasolina, la cilindrada, el tipo de sistema de alimentación si es a carburador o inyección, la altitud de donde se encuentre etc.

Proceso para evaluación de consumo de combustible:

- Verificación de un correcto funcionamiento del vehículo
- Selección de una ruta predeterminada.
- Rellenado del depósito de combustible con la cantidad a evaluar puede ser en (Litros o Galones)
- Registro de la cantidad de combustible que ha sido consumido por el vehículo y el número de kilómetros por el tablero.

Según Sanz (2011), el consumo de combustible de un vehículo a carburador dependerá de la calidad de la mezcla aire-gasolina en proporciones óptimas.

La mezcla rica: es (1 parte de gasolina por 14.7 partes de aire), la cual puede llegar a reducir la contaminación y la temperatura en el motor, pero consume más combustible (Sanz, 2011).

La mezcla pobre es 1 parte de gasolina por 17 o 18 partes de aire, (su relación de la dosificación es mayor de 1:14.7), pero llega detonar más rápido el combustible debido a una mayor proporción de aire con el oxígeno, consumiendo una cantidad menor de gasolina, pero aumenta la temperatura del motor (Sanz, 2011).

Consumo de combustible de un vehículo

Según Robalino (2017), el consumo de combustible (CC) se puede llegar a determinar según la distancia de recorrido de un vehículo antes de detenerse o agotarse el combustible del

tanque. la ecuación que expresa el consumo de combustible de un vehiculo combustible de un vehiculo se muestra a continuación:

$$CC = S/Q \text{ [km/l]} \quad (3)$$

Donde en la ecuación (3):

S; Es la distancia recorrida en (km).

Q; Se establece como la cantidad de gasolina o combustible consumido en litros.

La prueba de consumo de combustible en vehículos, suele depender de la unidad de medida sea en kilómetros litros (km/l) o kilómetros galones (km/gal), también, depende del estado de la ruta, el tráfico, condiciones climáticas, entre otras.

Prueba Estática para la Medición de Gases de escape.

La prueba estática permite determinar en porcentajes de emisiones los gases de escape producto de la combustión de un combustible, por medio de un analizador de gases de escape, se la realiza acorde al procedimiento de (prueba en vehículos en ralentí de dos velocidades), en la que se establece el control de las emisiones de escape en ralentí o marcha mínima en vehículos con motor a gasolina a 4 tiempos (Rocha Hoyos et al., 2018).

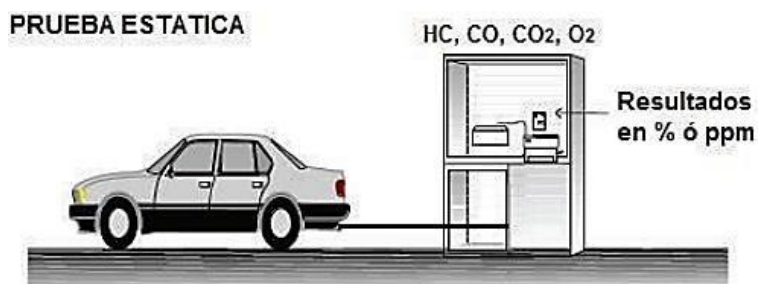
Según Miranda Vizuete (2016) el vehículo estacionado debe permanecer a un régimen de giro constante para la medición de sus niveles de emisiones contaminantes bajo dos condiciones de prueba en ralentí 1500 y maxima aceleración a 2500 rpm, en la figura 14 se lo puede apreciar la colocación correcta del vehiculo y el equipo.

El procedimiento de medición consta de varias fases:

- 1) Ubicar al vehículo en un área plana, en área ventilada y sin obstáculos a su alrededor.
- 2) Inspección completa del vehículo y control de niveles.
- 3) Verificación de un correcto encendido del vehículo, e identificar la marcha mínima o 'ralentí'.
- 4) Verificación de un correcto funcionamiento del motor del vehículo hasta alcanzar una temperatura normal de operación.
- 5) Colocar el zonda del analizador al escape del vehículo, adicional se debe verificar que se encuentre totalmente fijo, para su correcto análisis.

Figura 14

Prueba estática



Nota. En la figura 14 se puede apreciar la colocación del analizador de gases de escape al vehículo previo a su análisis. Tomado de (Miranda Vizuete, 2016).

Emisiones de gases de escape emitidos por Motocicletas a 4 Tiempos

Las motocicletas a cuatro tiempos generan gases contaminantes y no contaminantes producto de la gasolina quemada y su evacuación se da por el escape, los cuales acorde a la normativa para motorizados se los catalogan en porcentaje y material particulado como el: CO, CO₂, O₂ y HC (INEN 136, 2016).

Gases Contaminantes y no contaminantes

Los gases contaminantes son perjudiciales para el medio ambiente y para los seres humanos, la mayor parte de gases contaminantes es causada por una combustión incompleta y los gases no contaminantes no perjudican a las personas como:

Monóxido de Carbono - CO

El monóxido de carbono (CO) es el producto de una combustión incompleta del combustible que contiene carbono, es considerado un gas tóxico e inflamable (Toledo Mantaleza, 2016).

Dióxido de Carbono - CO₂

Es el resultado de la combustión o quema de la gasolina, el carbono se une con el oxígeno formando un gas que es incoloro y no combustible (Toledo Mantaleza, 2016).

Oxígeno - O₂

El oxígeno se lo considera como un gas incoloro e inodoro, también, es vital para el proceso de combustión de un vehículo, pero en una combustión que puede ser incompleta el oxígeno que sobra o el restante es expulsado por el escape del motor (Toledo Mantaleza, 2016).

Hidrocarburos (HC)

Son los restos de combustible que no se han quemado por completo expulsados a través del escape, esto se puede dar por una inflamación lenta (Ngk, 2014).

Normativa de emisiones contaminantes para motocicletas en el Ecuador

El Reglamento Técnico Ecuatoriano PRTE INEN 136, cuyo documento completo se lo puede ver en el anexo 1 el reglamento establece los rangos de contaminación de la motocicleta sea aprobado para su libre circulación en el Ecuador. Las motocicletas de dos hasta un máximo de tres ruedas, importadas o ensambladas en el Ecuador, entran dentro de los límites máximos de

contaminación, los principales gases contaminantes son: el NO, CO, y HC acorde al reglamento (INEN 136, 2016). El límite máximo de contaminación se establece en pruebas experimentales de dinámica y estática en las motocicletas se proponen en las tablas 2-3 y 4.

Tabla 2

Niveles máximos de contaminación para motocicletas en prueba estática en Marcha mínima o prueba en Ralentí.

Tipos de motocicletas con motor	CO (%)	HC - CONCENTRACIÓN (ppm)
Todas las motocicletas	3,5	2000

Nota. En la tabla 2 se indica el máximo de contaminación permitidos para su libre circulación en pruebas estáticas en ralentí Tomado de (INEN 136, 2016).

Tabla 3

Niveles de contaminación máximos en motocicletas de dos ruedas en ciclo de prueba dinámica.

Desplazamiento	CO en (g/km)	HC en (g/km)	NO en (g/km)
< 150 cm ³	2.0 (1)	0.8	0.15
≥ 150 cm ³	2.0 (2)	0.3	0.15

Nota. En la tabla 3 se indican los límites de emisiones en gramos de gas contaminante Tomado de (INEN 136, 2016).

Tabla 4

Niveles máximos de contaminación en prueba dinámica

Desplazamiento	CO en (g/km)	HC en (g/km)	HC + NO _x (g/km)	HC+NO
Clase 1	0 - 169 cm ³	12	1.0	1.4
Clase 2	170 - 279 cm ³	12	1.0	1.4
Clase 3	≥ 280 cm ³	12	-	1.4

Nota. En la tabla 4 se indica los valores límites de emisiones en gramos de contaminante según el cilindraje del motor y los kilómetros recorridos Tomado de (INEN 136, 2016).

Diseño y Simulación

Principios Básicos del CAE

El estudio de la ingeniería por ordenador (CAE - Computer Aided Engineering), es una tecnología que se ha expandido a lo largo de los años debido al extenso repertorio de softwares en la rama de la ingeniería, la mayoría utilizan una programación por fórmulas matemáticas de manera sencilla ofreciendo varias funciones: como el diseño de componentes, simulación en situaciones del mundo real. Aquellos programas que brindan este tipo de tecnología en la elaboración de elementos, permiten aplicar diversas herramientas en la parte de simulación como; evaluar el flujo de fluidos e interacciones líquido- gas (Vásquez Martínez, 2020).

El aporte de la ingeniería asistida por computadora en la industria automotriz ha permitido ahorrar tiempo y dinero, en diseño y en pruebas de simulación de un componente previo a su construcción, pero con la diferencia a ciertas modificaciones, sin la necesidad de validarlo por prueba y error. La mayoría de softwares se encargan del análisis estructural, análisis de elementos finitos, análisis por CFD, etc. Un claro ejemplo el estudio denominado “Simulación y validación del flujo de aire en un carburador Tillotson” realizado por Cuenca Rubén en el año 2012, se simuló el flujo de aire en un carburador Tillotson de Venturi fijo, por medio un programa computacional CFD, permitiendo observar el comportamiento del aire a través del carburador, y las modificaciones necesarias para optimizar la velocidad de flujo de aire en su interior.

Modelo en tres dimensiones (3D)

La aplicación de la ingeniería asistida por ordenador empieza con la estructuración de un modelo o componente que se requiera estudiar. Para el diseñado se utilizan softwares conocidos

como CAD (Computer Aided Design), poseen herramientas virtuales en la creación de un modelo, aplicación de material, etc.

El modelo CAD de un carburador de motocicleta, puede ser a partir de la medición del modelo físico y la toma de sus dimensiones con diferentes instrumentos de medición o por fotometría:

- La Medición es un proceso que permite obtener dimensiones físicas de elementos y fenómenos en la realidad mediante el uso de instrumentos de medición en unidades definidas la mayoría son en mm, cm, y m, para medir longitudes se utilizan objetos como reglas graduadas, calibrador pie de rey, entre otros (Ezcurra Alfaro, 2017).
- La Fotometría; Este es un método que consiste en la creación de un elemento 3D partiendo por una serie de fotos en las que se centran los puntos base o de inicio para luego emplear el software CAD para la formación específica del elemento (Ezcurra Alfaro, 2017).

Dinámica de Fluidos Computacional CFD

El análisis CFD (Computational Fluid Dynamics) permite visualizar el comportamiento de los fluidos, de un componente por análisis matemático del software y su variación los rangos de flujo, calidad del material, modificaciones al elemento, entre otras. La mayoría de softwares establecen ciertas condiciones para su posterior simulación como: el tipo de fluido, la dirección del fluido, la velocidad del flujo, (Cedillo Sarmiento y Marín Lazo, 2015).

El análisis en CFD permite visualizar los efectos que tiene el paso de un líquido o gas por el interior o exterior de un componente. También el verificar si ese flujo es laminar, o turbulento. En el flujo laminar, tiene comportamiento estratificado y ordenado, se da cuando existe una baja velocidad y elevada viscosidad, mientras que el flujo que es turbulento es desordenado o

confuso, actúa en situaciones de alta velocidad con baja viscosidad del flujo (Vásquez Martínez, 2020).

Proceso de Simulación CFD

El proceso de simulación se enfoca en lo que requiera resolver todo depende de la información o datos solicitados: la geometría del componente, las modificaciones necesarias para su resolución y la variación de sus condiciones para llegar a los resultados esperados (Martínez Hernández, 2009).

El análisis del movimiento que posea un fluido por un área de estudio es de gran importancia en el campo de la ingeniería, civil, automotriz, entre otras. Dicho proceso antes era analizado en laboratorios, pero al pasar de los años se diseñó la simulación por computadora. El desarrollo de softwares destinados a dar cierta precisión en la dinámica de fluidos, la mayoría de softwares se basan en el ingreso de datos y parámetros necesarios como: La geometría (dominio informático o computacional), el modelamiento matemático, el mallado o el formado geométrico, las condiciones del contorno y la simulación (Cedillo Sarmiento y Marín Lazo, 2015).

La geometría (dominio informático o computacional)

La estructura de la superficie sólida, es donde debe actuar el flujo de algún gas o líquido, los parámetros son: fijar un dominio computacional, establecer la geométrica del componente para su posterior simulación, también, las condiciones de contorno como: el ingreso, la salida, límites o paredes, entre otros (Rodríguez Tello, 2013).

El modelamiento matemático

El modelo matemático se describe por situaciones reales en términos o datos matemáticos, permitiendo predecir el comportamiento del elemento estudiado las (variables de interés) como: la entrada del fluido, la presión, la velocidad (Ambuludi Hualpa, 2017).

Mallado

El mallado del elemento consiste en la separación en dos partes al flujo establecido como continuo en elementos ocultos dependiendo el tamaño y forma del componente. Esto ocurre por la acción de un algoritmo encargado del mallado, susceptible a modificaciones de su superficie a un máximo de curvas suficientes para ser sólida (Tapia Peralta, 2021).

Según Bustamante Sánchez, 2014 un correcto mallado es por la asimetría de tamaño varía entre 0 si el componente es simétrico en su totalidad, y 1 cuando el elemento está degenerado. En la tabla 5 se puede apreciar los rangos de calidad de un correcto mallado.

Tabla 5

Valor y Calidad del Mallado

Valor de asimetría	Calidad
0.00	Óptimo
0.00 – 0.25	Excelente
0.25 – 0.50	Bueno
0.50 – 0.75	Regular
0.75 – 0.90	Básico
0.90 – 1.00	Muy básico
1.00	Degenerado

Nota. La tabla 5 muestra el valor de la asimetría de tamaño para componentes y la calidad que les pertenece, aunque, el mallado dependerá del tipo de programa empleado para la simulación sea automático o en designaciones requeridas. Tomado de (Bustamante Sánchez, 2014).

Las condiciones de contorno

En esta etapa se definen los límites de frontera, la superficie a estudiar será, la entrada y salida del fluido en el elemento. La asignación de las condiciones del fluido a estudiar si es un líquido o gas, la variación de velocidad, entre otras (Tapia Peralta, 2021).

Simulación

El software CFD trabajará acorde a las variables de velocidad, presión atmosférica de la corriente de aire o líquido, la trayectoria del flujo interno o externo en el objeto CAD, permitiendo evaluar el desempeño del elemento en diferentes situaciones. La simulación se divide por tres etapas:

1. Conocer el problema que se requiere resolver u observar.
2. Establecer las condiciones del estudio y variables en el elemento de estudio.
3. La experimentación, y modificaciones al modelo.
4. Resultados del análisis en el elemento, en rangos de velocidad, presión, entre otros (Duarte y Fernandez Morales, 2005)

Método

Metodología

La metodología aplicada para este estudio es de carácter cuantitativo debido a la recolección de datos en pruebas en ruta, porcentajes de gases contaminantes y resultados de la simulación (Sampieri y Fernández Collado, 2004).

La aplicación del método se divide por las siguientes actividades:

- La revisión bibliográfica de los tipos de carburadores utilizados en motocicletas, proceso de prueba en ruta, prueba estática, y proceso diseño y simulación, como guía para el desarrollo del método.
- La construcción del modelo CAD del carburador de campana y diafragma, manteniendo la exactitud de los modelos físicos.
- La simulación del flujo de aire en CFD, por el estrechamiento del conducto Venturi, por cada carburador.
- Evaluación del índice de consumo de combustible en la ruta seleccionada, para ambos carburadores.
- Medición de los porcentajes de gases contaminantes, en pruebas de ralentí y a 2500 rpm, mediante la utilización de un analizador de gases de escape.

Diseño de la investigación

El tipo de diseño para la investigación es experimental puro debido a la manipulación de las variables de flujo de aire por la tobera de Venturi en el software CFD Autodesk.

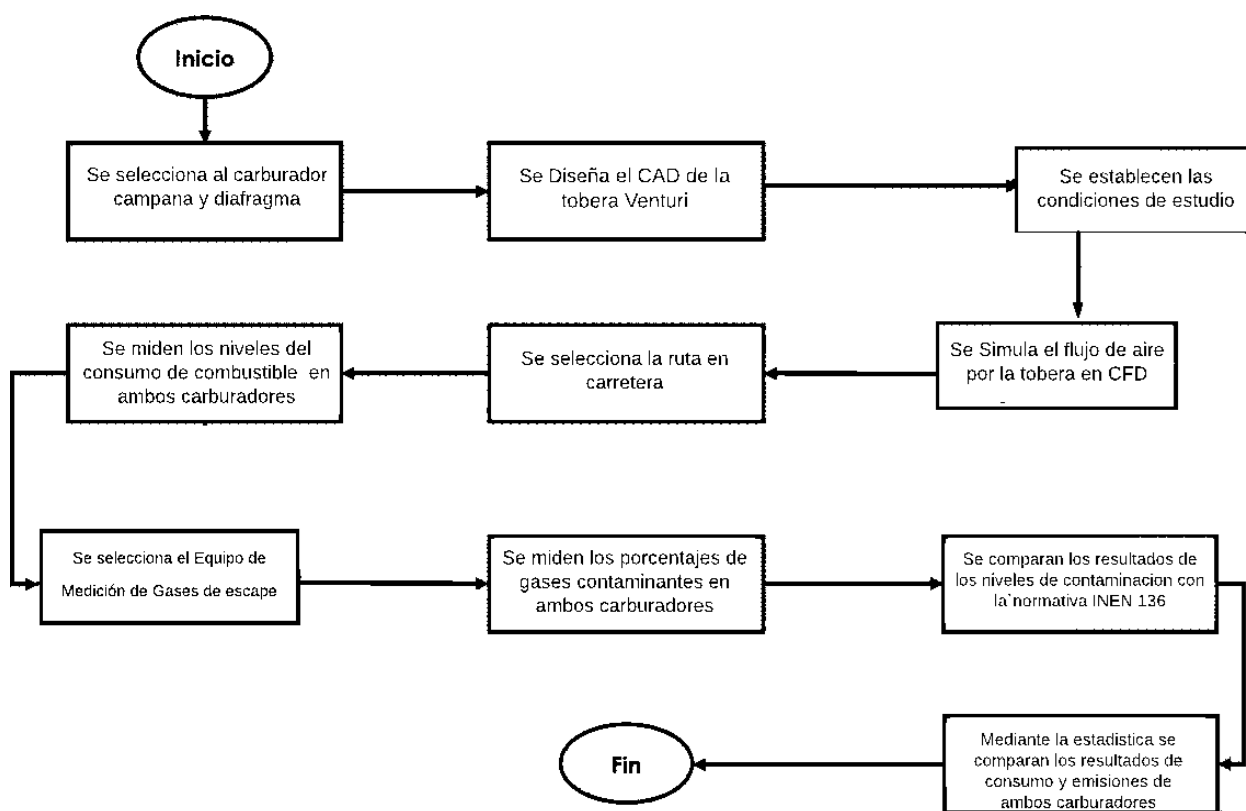
La medición del consumo de combustible en cantidades de litros y galones a razón de la distancia recorrida en kilómetros en la prueba de ruta y la medición del porcentaje de los gases contaminantes por el analizador.

Finalmente, con la comparación de los valores obtenidos de índice de consumo de combustible y gases contaminantes en ambos carburadores, para la validación del cambio de carburador en la motocicleta a 4 tiempos.

El Alcance de la investigación

El alcance se lo estableció como exploratorio por ser una investigación poca estudiada en carburadores de motocicletas y como una fuente de información para futuras investigaciones en motocicletas de cilindraje 180 a 4 tiempos, según los resultados obtenidos en la simulación, consumo de combustible y los porcentajes de gases contaminantes, en condiciones medioambientales en Quito- Ecuador.

Diagrama de Procesos



Vehículo y Equipo de Medición seleccionado

Motocicleta para pruebas

La motocicleta seleccionada para la experimentación es de la marca UM modelo XTREET, del año 2013, la cual cuenta con un motor mono cilíndrico a 4 tiempos de 180 CC a gasolina, refrigerado por aire, con una caja de 5 velocidades con embrague.

El sistema de transmisión es por cadena y su sistema de alimentación es a carburador de campana con filtro cónico etc. En la tabla 6 se puede apreciar las especificaciones del vehículo seleccionado.

Lo más llamativo del modelo XTREET es su sistema de escape fijado en la parte inferior del motor y posterior al chasis, con una carcasa cerámica la cual va resguardando al motor y al conductor de calor de la combustión de los gases de escape. La motocicleta proveniente del país asiático China se comenzó a comercializar en el Ecuador desde el 2010, su estilo deportivo ha mejorado su versatilidad de manejo, además, de poseer un tanque de gasolina con una capacidad para 4.4 galones de gasolina que brinda un mayor tiempo de manejo (Xtreet, 2016).. En la figura 15 se puede apreciar al vehículo seleccionado.

Figura 15*Motocicleta UM XTREET 180cc***Tabla 6***Características de la motocicleta*

Descripción	Especificaciones Técnicas
Motor	4 tiempos
Número de cilindros	1
Potencia máxima	13 hp
Torque máximo	10.34 Nm
Cilindrada	180 CC
Rueda delantera	28 PSI - 110/70-17
Rueda posterior	30 PSI - 130/70-17
Revoluciones en ralentí	1.500 rpm
Máximas revoluciones	10.000 rpm

Nota. Tomado de (Xtreet, 2016).

Tanque de gasolina

El tanque de gasolina de la motocicleta UM posee una capacidad de 4.4 galones de gasolina, en su interior se encuentra un marcador de nivel de combustible, que permite medir la cantidad del mismo y su verificación es mediante el uso de un tablero digital. En la figura 24 se puede apreciar el tanque de combustible original de la motocicleta.

Figura 16

El Tanque de gasolina de la motocicleta UM XTREET



Nota. En la figura 16 se observa a la cubierta metálica que cubre al tanque de gasolina.

Tablero Digital de Motocicleta.

El tablero original de la motocicleta UM, permite la visualización e información precisa, en los kilómetros recorridos, el límite de revoluciones e indicadores de cambio de marcha, batería baja, etc. En la figura 26 se puede apreciar el diseño de tablero.

Figura 17

Tablero digital de la motocicleta UM XTREET

**Probeta**

La probeta de plástico de 100 ml, permitió las mediciones de consumo de combustible en la prueba de ruta, mediante el llenado del tanque con 1 Litro, 1 Galón de gasolina y el llenado completo del tanque los 4.4 Galones de gasolina. En la figura 25 se puede apreciar a la probeta de 1000ml.

Figura 18

Probeta de 1000ml



Carburadores Seleccionados

Carburador de Campana de la Marca DENI PZ30

El carburador de campana de marca DENI, es utilizado en motocicletas a 4 tiempos de cilindrada 170 a 200 CC, sus siglas PZ30 hace referencia al diámetro de salida del conducto Venturi, en este caso su diámetro su diámetro es 30 mm, fabricado en aluminio fundido a presión, es de fácil mantenimiento y cuenta con una gran variedad de refacciones, en la tabla 7 se pueden apreciar las especificaciones del carburador.

Tabla 7

Especificaciones del Carburador DENI PZ30

Especificaciones	Designaciones
Marca	DENI
Tipo	Carburador de campana
Modelo	PZ30
Material	Aluminio fundido a alta presión
Aplicación en cilindraje	175 a 200
Esprea de alta-numeración	98
Esprea de baja-numeración	38

Nota. En la tabla 7 se puede apreciar que la numeración de las espreas del carburador equivale al diámetro que poseen, es decir, si su numeración es 38 su diámetro es de 0.38mm.

El carburador DENI PZ30 ha sido adaptado a línea de producción de motocicletas UM XTREET de cilindraje 180, y exportado a países latinoamericanos como: Colombia, Venezuela, y en Ecuador a partir del año 2010 (Xtreet, 2016). En la figura 19 se muestra al carburador DENI PZ30, utilizado por la motocicleta UM desde el año 2013.

Funcionamiento en Ralentí del Carburador de Campana DENI PZ30

El carburador de campana de la marca DENI cuenta con una entrada de principal y dos conductos de aire ambos que van conectados a una espera o tornillo de baja, la cual va sujeta al cuerpo del carburador, entonces, cuando el motor se encuentre en ralentí, la gasolina situada en la cuba, empieza a subir por la perforación de la espera de baja y junto con el aire, permite que su dosificación ingrese al motor a bajas RPM.

Tipo de Aceleración del Carburador de Campana DENI PZ30

La aceleración o cambio de la velocidad de giro del motor, se lo hace mediante la cortina o campana del carburador, que va sujeta por medio de un cable al manubrio del acelerador, permitiéndole cambiar el diámetro de la tobera del Venturi, al subir o bajar y regular la cantidad de aire ingresada en el motor. Cuando el aire aumenta de velocidad por el efecto Venturi el mismo disminuirá su presión en la zona de menor diámetro y la cortina junto con la aguja permitirán el paso de gasolina por la espere de alta.

Figura 19

Carburador de cortina marca DENI PZ30



Nota. En la figura 19 se puede apreciar al carburador de campana que era utilizado por la motocicleta UM 180cc desde el año 2013.

Carburador de Diafragma Marca VINI AC 28

El carburador de diafragma de la marca VINI, ensamblado en China e importado a Ecuador desde el año 2019, es apto para motocicletas a 4 tiempos con cilindrada de 170 a 200 CC, como las marcas de motocicleta GXT200, QUINQUI, entre otras, sus iniciales AC28 hacen referencia al diámetro de salida del tubo de Venturi, que en este caso su diámetro es de 28mm, entonces, en la tabla 8 se puede apreciar dichas especificaciones del modelo previo a ser simulación de flujo de aire.

Tabla 8*Especificaciones del Carburador VINI AC28*

Especificaciones	Designaciones
Marca	VINI
Tipo	Carburador de diafragma
Modelo	AC
Material	Aluminio fundido a alta presión
Aplicación en cilindraje	175 a 200
Esprea de alta- numeración	98
Esprea de baja-numeración	38

Nota. En la tabla 8 se puede apreciar a la numeración de las espreas equivale al diámetro de poseen, es decir, si tiene un número 98, su diámetro es de 0.98mm.

Accionamiento en Ralentí del Carburador de Diafragma de la Marca VINI AC 28

La motocicleta a baja velocidad o en ralentí, le permite al carburador VINI suministrar la menor cantidad de aire- gasolina al motor, entonces, cuando la válvula o aleta de aceleración permanece ligeramente inclinada, el aire aspirado del exterior pasa por un filtro a la tobera de Venturi aumentando su velocidad, al mismo, un conducto de aire situado a los costados a la abertura del Venturi le permiten a la esprea de baja suministrar la gasolina proveniente de la cuba al motor e impidiendo el apagado del mismo.

Tipo de Aceleración del Carburador de Diafragma Marca VINI AC 28

El carburador VINI, permite variar la cantidad o volumen de aire al interior del cilindro del motor mediante el grado de inclinación de una válvula o aleta de aceleración, situada en la salida de la tobera del Venturi, y su cambio de posición es mediante un cable sujeto al manubrio del acelerador.

La cortina junto con la aguja permite modificar el diámetro del Venturi y la cantidad de gasolina a pulverizarse en la zona de menor diámetro, sin embargo, su posición no solo varía por el aumento de velocidad de aire por la tobera. También, se la regula por un conducto situado entrada del carburador y a medida que aumente el volumen de aire por la posición de la aleta de aceleración, se genera un vacío constante o succión en el interior de la membrana del carburador, y un aumento de presión debajo de la membrana, superando la presión del resorte la cortina y elevándose. En la figura 20 se puede apreciar al carburador seleccionado.

Es decir, cuando la válvula es controlada por un cable de aceleración lo que le da mayor mezcla de aire con el combustible que es provista hacia el cilindro del motor, sin embargo, el exceso de la mezcla de aire por el diámetro de 45 mm del difusor o entrada de la tobera y una salida de un diámetro de 28mm por lo requiere arrastrar más combustible para que no se apague el motor, sin embargo, el mismo va sin quemarse lo que lleva a una pérdida de gasolina.

Figura 20

Carburador de diafragma marca VINI AC 28



Análisis y Discusión de Resultados

Diseño del Modelo CAD del Carburador Campana

El diseño CAD del carburador de campana, se basó en el modelo físico de la marca DENI-PZ30 el cual era utilizado por la motocicleta UM XTREET, sin embargo, para su diseño se optó por los componentes implicados en el conducto del Venturi como son: el cuerpo principal del carburador, la aleta o ahogador de gasolina, y la cortina junto con la aguja de carburador. Las piezas como la cuba, la boya, los tornillos pasantes, la esprea de alta – baja, los conductos de aire-gasolina en ralentí, entre otros detalles, no se incluyeron debido a que el modelo será destinado a una simulación de flujo de aire en las condiciones de aceleración del carburador y revoluciones del motor de cilindraje 180 CC. En la imagen 21 se puede observar a los componentes a ser diseñados.

Figura 21

Componentes del carburador de campana

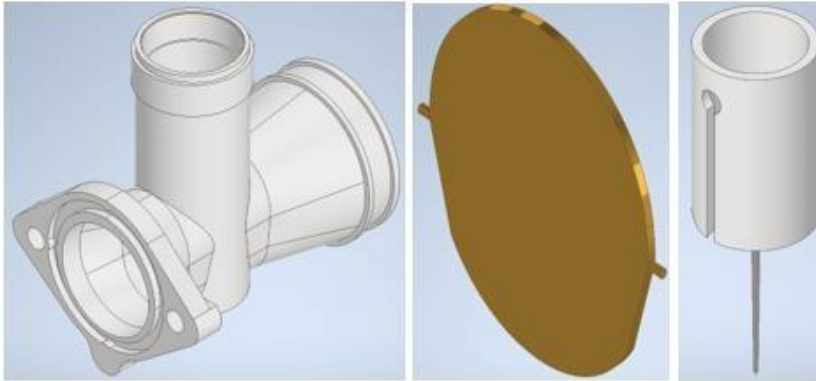


En este caso se optó por la utilización de herramientas como: un calibrador pie de rey y una regla graduada, para la toma de las dimensiones de los componentes del carburador. El programa o software empleado para la construcción de los modelos fue Inventor-Autodesk, las dimensiones del cuerpo, la aguja, el ahogador y la cortina se pueden apreciar en el anexo 3, 4,5 y

6. En la figura 22 se aprecia el CAD del cuerpo del carburador, la aleta y la cortina junto con la aguja.

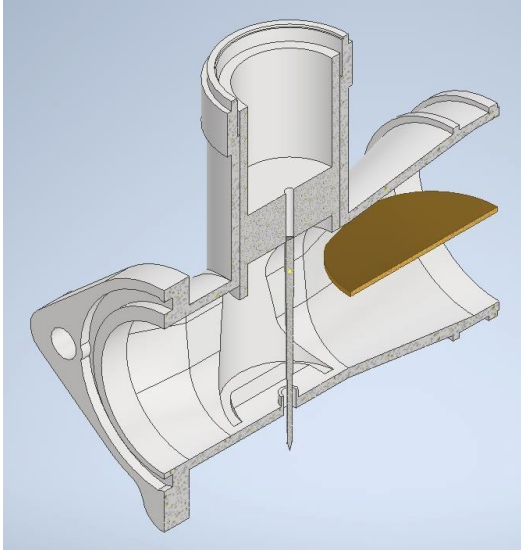
Figura 22

Modelos 3D de los componentes del carburador DENI PZ30



Ensamble CAD de los componentes del carburador DENI PZ30

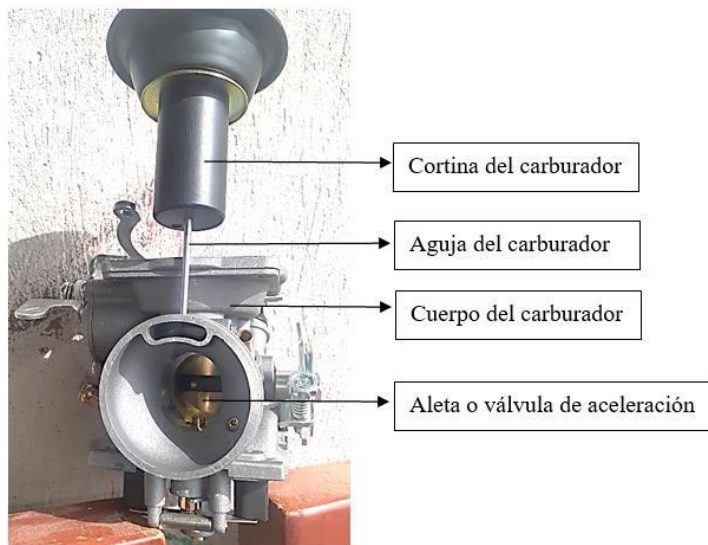
El ensamble del carburador de campana, fue mediante la utilización de las herramientas digitales del software Inventor Autodesk, el plano de ensamble se lo puede apreciar en el anexo 2. Por otro lado, se pretende variar el diámetro del Venturi mediante la variación de la distancia de la cortina junto con la aguja de la tobera del carburador a fin de poder simular el flujo del aire en condiciones de aceleración del motor. En la figura 23 se observa el ensamble de los componentes del carburador.

Figura 23*Ensamble del Carburador de Cortina*

Nota. En la figura 23 se puede apreciar desde un plano de corte a la tobera de Venturi.

Diseño CAD del Carburador de Diafragma

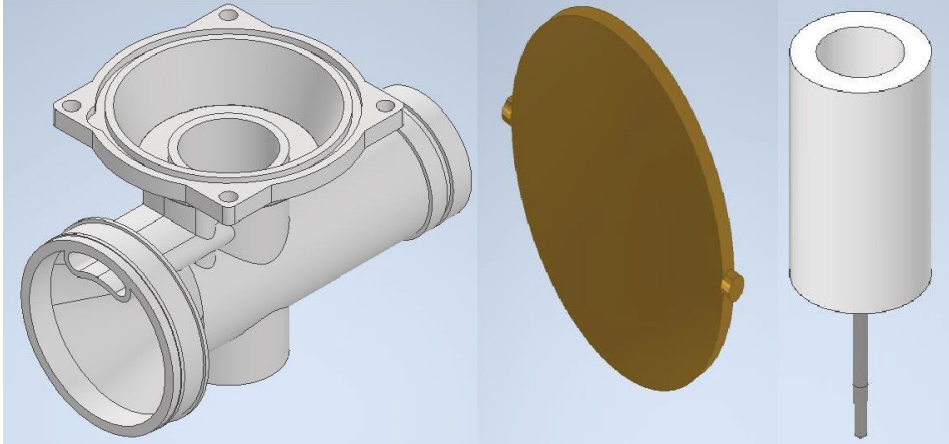
El diseño CAD del carburador de diafragma fue modelado del carburador físico de la marca (VINI - AC28), sin embargo, se diseñaron los componentes implicados en la tobera de Venturi, como: el cuerpo del carburador, la válvula de aceleración y cortina junto con la aguja, debido a que el modelo será destinado a una simulación de flujo según las condiciones del ángulo de inclinación de la aleta de aceleración y la variación de la velocidad del aire acorde al cilindraje y revoluciones del motor. En la figura 24 se pueden apreciar los componentes del carburador de diafragma.

Figura 24*Componentes del Carburador de Diafragma*

La construcción de los componentes del carburador fue mediante la utilización del software Inventor Autodesk y la toma precisa de sus dimensiones fue mediante la utilización de herramientas como: el calibrador pie de rey y una regla graduada. Los planos de las dimensiones del cuerpo, la aguja, aleta y cortina se pueden apreciar en el anexo 8,9,10,11. En la figura 25 se puede apreciar al cuerpo del carburador, la aleta de aceleración y la cortina junto con la aguja del carburador en modelos 3D.

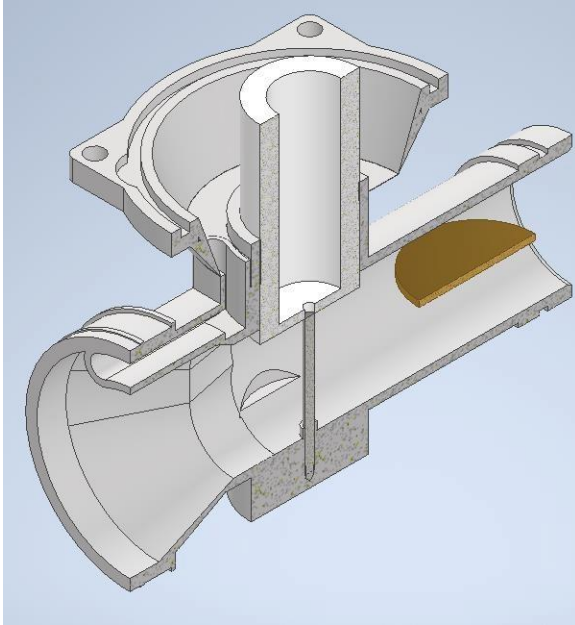
Figura 25

Modelos 3D de los componentes del carburador VINI-AC28



Ensamble CAD de los Componentes del Carburador VINI-AC28

El ensamble del carburador fue mediante el software Inventor-Autodesk, sin embargo, se pretende variar ángulo de inclinación de la válvula de aceleración y la distancia de la cortina junto con la aguja, como si se diera una aceleración por el manubrio del acelerador, a fin de poder verificar el efecto Venturi por la tobera en las condiciones geográficas de Quito y aceleración o revoluciones máximas del motor. En la figura 26 se puede observar el ensamble del carburador de diafragma.

Figura 26*Modelo 3D del carburador de diafragma*

Nota. En la figura 26 se puede observar al modelo 3D del cuerpo del carburador de diafragma, desde una vista seccionada por la mitad, permitiendo la visualización de sus componentes.

Condiciones Iniciales para la Simulación del Flujo del Aire en CFD

En este apartado se desarrollará el análisis matemático, para la obtención del volumen del flujo de aire en condiciones de la máxima aceleración del motor de 10000 RPM en condiciones atmosféricas en Quito-Ecuador. Las variables para el análisis fueron adquiridos a través de fuentes tecnológicas. En la tabla 9-10 se indican los parámetros del motor y las condiciones atmosféricas del norte de Quito.

Tabla 9*Parámetros del motor UM XTREET 180*

Variable	Valor
Cilindrada de la motocicleta	180
Número de cilindros	1
La relación de compresión	9.2:1
La potencia máxima	13 HP

Nota. Fuente (Xtreet, 2016).

Tabla 10*Condiciones de Altitud y Atmosféricas en Quito-Ecuador*

Variable	Valor
Nivel de Altitud	2850 msnm
Presión atmosférica	0.7053 atm
Temperatura	10 °C
Humedad relativa del aire	88 %

Nota. Fuente. Clima quito ecuador. bigorre.org/meteo/quito_EC/es

Como se indica en la tabla 9 la cilindrada del motor es 180 cm³, debido a que se trata de un motor mono cilíndrico su cilindraje es unitario, sin embargo, para el primer cálculo se consideró las condiciones atmosféricas en Quito de la tabla 10, para determinar el flujo de aire de la motocicleta.

Primera etapa se determina la eficiencia volumétrica del motor con la ecuación 1, para el cálculo de los CFM del motor.

$$EV = \frac{Potencia \times 792001,6}{AP \times CR \times CID \times RPM} \quad (4)$$

Donde:

Potencia: potencia del motor 13 HP

AP: presión atmosférica en Quito 0.7053 atm - 10,36(psi)

CR: La relación de compresión 9,2:1

CID: cilindrada del motor 180 cm³- 10,98 in³

RPM: Las revoluciones máximas del motor 10.000

$$EV = \frac{13 \text{ [HP]} \times 792001,6 \left[\frac{s * \text{pulg}}{\text{pie} * \text{min}} \right]}{\left(10,36 \left[\frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} \right] \times 9,2 \right) \times 10,98 [\text{pulg}^3] \times 10000 [\text{rpm}]}$$

$$EV = 0,98$$

Segunda etapa: Se determina la el volumen del flujo de aire a 10.000 RPM del motor.

Mediante la ecuación 2, expresada como:

$$CFM = \frac{C \times n}{3456} \times EV \quad (5)$$

Donde:

CC: cilindraje de 180 cm³- 10,98 in³

Rpm:10000

EV:0.98

$$CMF = \left(\frac{10,98 \times 10000}{3456} \right) \times (0,98)$$

$$CFM=31,135 \text{ ft}^3/\text{min}$$

Los CFM necesarios a la máxima aceleración de 10.000 rpm, son 31,135 ft³/min, garantizando un volumen de admisión óptimo para motor a una aceleración total y en

condiciones de presión atmosférica de 0.705 atm en la ciudad de Quito-Ecuador a una altitud de 2.850 msnm.

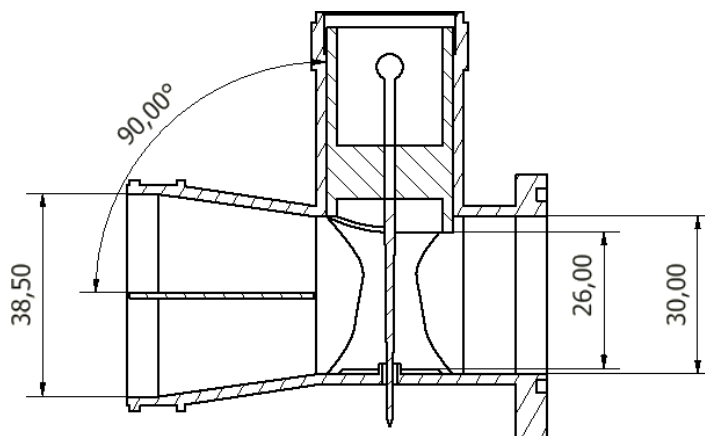
Parámetros de Simulación en CFD

El presente estudio se divide por el tipo de aceleración en los carburadores lo que permite variar la cantidad y el aumento de la velocidad del aire que circule por la tobera del Venturi:

En el carburador de campana su aceleración es por la posición de la válvula de aceleración-cortina o conocida comúnmente como campana junto con la aguja, entonces su aceleración total es cuando se elevan totalmente a una distancia de 26 mm con respecto al borde de asentamiento de la parte inferior del centro o área de menor diámetro de la tobera Venturi, la aleta o ahogador de combustible mantiene horizontal a un grado de inclinación de 90° en todo momento, debió a que su función solo es el limitar el paso del aire y aumentar la cantidad de combustible permitiendo acelerar el calentamiento del motor. Como se lo puede observar en la figura 27.

Figura 27

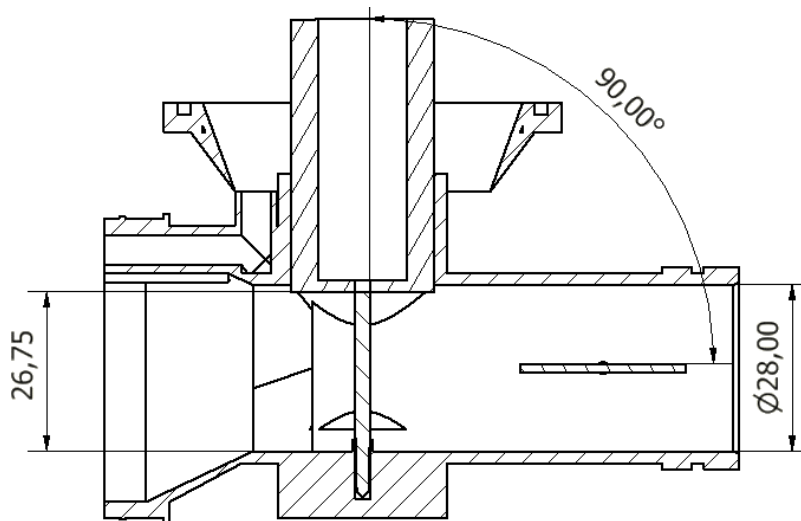
Distancia de la campana de aceleración



En el carburador de diafragma se varía su diámetro del Venturi por la cortina junto con la aguja y su aceleración se da según grado de inclinación de la aleta de aceleración, la misma que se ubica al final de la tobera, una aceleración total se da cuando la aleta se mantiene a unos 90° de inclinación, y la cortina totalmente desplazada hacia arriba a una distancia de 26.75 mm con respecto al centro de la tobera. Como se los puede apreciar en la figura 28.

Figura 28

Modelo 3D de la tobera del carburador de diafragma



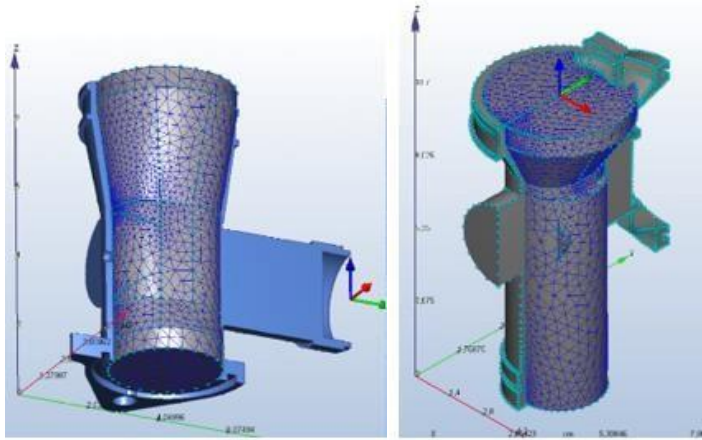
Simulación CFD

Mallado en ambos carburadores

La simulación de flujo de aire en el carburador de campana y de diafragma fue mediante el uso software CFD Autodesk, en donde se estableció: un mallado interno y externo automático de 0,25 en ambos, adicional, de la designación del volumen interno de la tobera como un flujo de aire y al elemento externo como un sólido de aluminio. En la figura 20 se puede apreciar el mallado de los modelos.

Figura 29

Mallado del carburador de campana y de diafragma



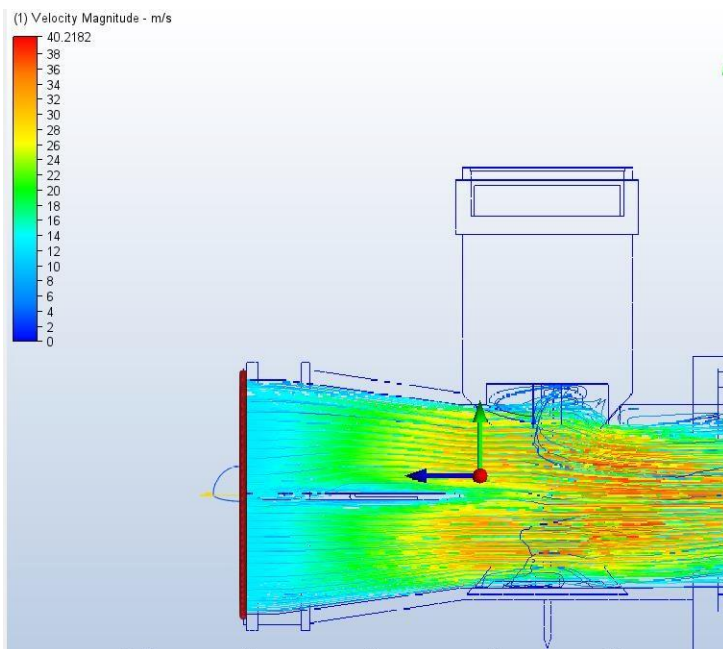
Nota. En la figura 29 se puede apreciar el mallado del modelo y el volumen de la tobera en ambos carburadores.

Simulación de Flujo de Aire en el Carburador de Campana DENI PZ30

En la Figura 30 se puede apreciar el comportamiento del flujo de aire a través de la tobera Venturi que con la asignación de variables de estudio a la presión atmosférica en Quito que son 0.7053 atm y el volumen del aire de 31,135 ft³/min y cuando la válvula de aceleración o campana se encuentra a los 26 mm en el área de estrangulamiento la tobera y una inclinación del ahogador de combustible a 90°. La velocidad que llega al alcanzar en la zona de estrangulamiento es de 32m/s y por el efecto Venturi aumenta su salida a 40m/s. De esta forma queda comprobado el aumento de velocidad del flujo de aire a las máximas revoluciones del motor, por el efecto Venturi, esto se lo puede verificar las líneas de flujo aunque su incremento suele presentarse desde la entrada de la tobera Venturi como si se encontrara durante la etapa de admisión.

Figura 30

Simulación del Carburador de cortina

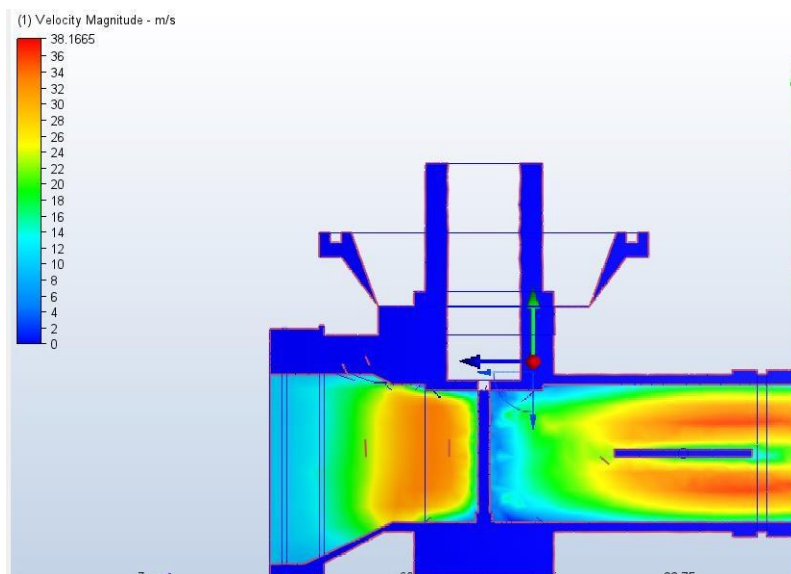


Simulación de Flujo de Aire en el Carburador de Diafragma VINI AC28

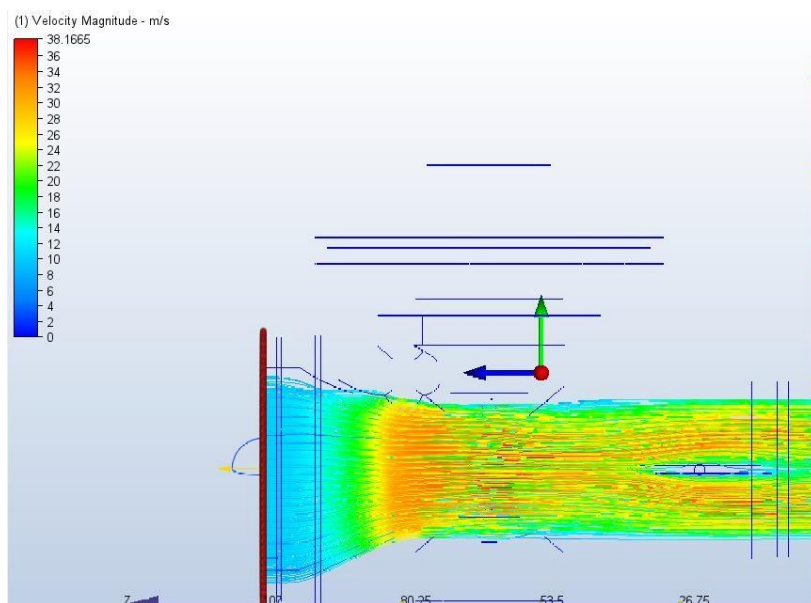
La simulación del flujo de aire en el carburador de diafragma fue mediante el software o programa CFD Autodesk, se considera la presión atmosférica en Quito de 0.7053 atm y el volumen del aire de 31,135 ft³/min. En la figura 31 y 32 se aprecian desde un plano seccionado por la mitad del carburador y las líneas de flujo en donde el volumen del aire empieza a fluir desde la entrada de la tobera, mientras que en la zona de estrangulamiento alcanza una velocidad de 32 m/s y aumentado de velocidad de salida a los 65 m/s, mientras, que las líneas de flujo de color rojo indican que su velocidad aumenta hasta los 38 m/s, manteniéndose constante hasta su salida. Al igual que el carburador de campana su aumento de velocidad del aire por el efecto Venturi, es debido a que su diámetro de entrada de 45 mm de diámetro y de salida de 28 mm de diámetro y en condiciones de máximas revoluciones permitidas para un motor de un solo cilindro, y en condiciones de aceleración total en el carburador.

Figura 31

Simulación del carburador de diafragma

**Figura 32**

Líneas de flujo de carburador de diafragma



La simulación del flujo de aire por la tobera Venturi indica un aumento de la velocidad en la zona media o área de estrangulamiento, un caso similar que fue en el estudio de pregrado

‘Simulación y validación del flujo de aire en un carburador Tillotson para un motor de dos tiempos’ realizado por Cuenca Rubén en el año 2012, se simuló el flujo de aire por la tobera del carburador, únicamente por un espacio establecido como bidimensional que permite establecer la velocidad de entrada del aire de 11,84 m/s y la presión a nivel del mar de 101325 Pa, permitiendo la comprobación el aumento de la velocidad del aire por la tobera de diferentes diámetros a un régimen de revoluciones de 15000 rpm. Lo que permitió la comprobación del aumento de velocidad del aire a un régimen de revoluciones del motor por la tobera del carburador, en este caso, se establecieron condiciones iniciales a condiciones medioambientales en Quito a una altitud de 2850 msnm, sin embargo, se cumple el efecto Venturi en Carburadores.

Medición del Consumo de Combustible en Prueba Ruta

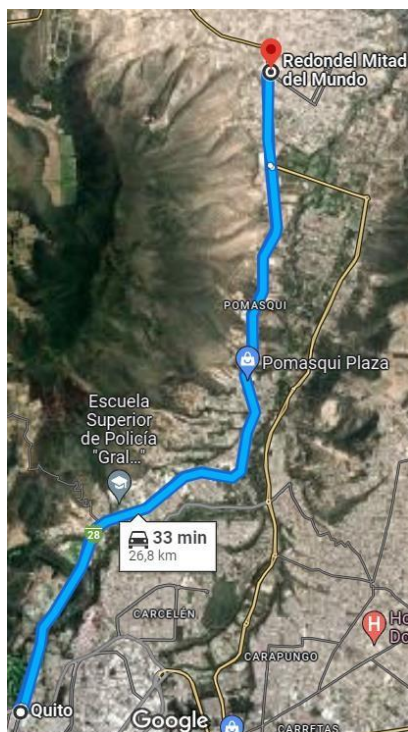
Ruta Seleccionada

Para la medición de consumo de combustible en los carburadores se seleccionó una ruta en carretera, en la capital del Ecuador, la ciudad de Quito, iniciando desde Redondel de los adolescentes, sector del Condado, hasta llegar al Redondel de la Mitad del Mundo, sector de la Mitad del mundo, es decir de redondel a redondel, fue tomada en consideración debido a que no se evidenciaron muchos reductores de velocidad, ni radares de control de velocidad, únicamente la semaforización de la carretera.

La distancia recorrida será un total de 26.8 km en una vuelta completa, sin embargo, la medición del consumo se estableció en los kilómetros necesarios en un recorrido de redondel a redondel, hasta determinar el consumo de gasolina por 1 litro de gasolina y 1 galón, para ambos carburadores. En la figura 33 se puede apreciar la ruta seleccionada.

Figura 33

Recorrido de la prueba en carretera



Nota. En la figura 33 se puede apreciar los kilómetros de la ruta del redondel de los adolescentes al redondel de la mitad del mundo

Procedimiento en Prueba Ruta

- La motocicleta seleccionada fue sometida a un mantenimiento en: control del nivel aceite, líquido de frenos, revisión del estado de los neumáticos, correcto funcionamiento del tablero, entre otras.
- Verificar que el carburador seleccionado no presente fugas de combustible y se encuentre perfectamente calibrado acorde a la tabla 1.
- Inspeccionar que se encuentre funcionando el sistema de iluminación de la motocicleta, debido a que las pruebas se dieron entre semana en la tarde y noche,

a razón de que, pasado el mediodía no existe mucha afluencia de vehículos y la conducción de la motocicleta es más eficiente sin tráfico, a una velocidad máxima de 70 km/h a un máximo de 100 km/h, respetando el cambio de semáforo.

- Colocación de equipo de seguridad, guantes, casco homologado, entre otras.
- Encendido de la motocicleta y pre prueba de reconocimiento de la ruta, además, del correcto funcionamiento de la motocicleta, a una velocidad de 50 km/h a un máximo de 100 km/h.
- Una vez terminada la pre prueba de conducción se apaga el vehículo y se procede con el vaciado completo del tanque de gasolina, seguidamente se procede con su relleno con gasolina extra de 85 octanos con ayuda de la probeta de 100ml.

Consumo de Combustible en Prueba Ruta

Los resultados de la prueba son expresados mediante la ecuación 3, según los kilómetros que se desplazó el vehículo sobre la cantidad de combustible consumida.

$$CC = S/Q \text{ [km/l]}$$

Donde:

S; Es la distancia recorrida en kilómetros (km)

Q; Es la cantidad de combustible consumida en litros (l) durante su recorrido.

Las pruebas se dieron en cantidades de 1 litro, 1 galón que equivale a 3,785 litros, y cuando el tanque se encuentra completo de 4.4 Galones que equivale a 16,655 litros, la comprobación de la cantidad de gasolina en el tanque fue mediante el uso del tablero de la motocicleta y la medición de la cantidad de combustible mediante el uso de la probeta de plástico graduada. En la figura 34 se puede apreciar la medición del combustible Extra y envasado, para la prueba de consumo de combustible.

Figura 34

Medición de la cantidad de combustible



Nota. En la figura 34 se puede apreciar a la probeta graduada y a la derecha un envase plástico con un Litro con gasolina.

Resultados de la Prueba Dinámica en ruta con el Carburador de Campana

Los resultados presentados son a razón de un total de 3 pruebas de consumo con 1 litro, 3 pruebas de consumo en 1 galón, y de 2 pruebas con 4.4 galones, sin embargo, en esta prueba se tomaron recesos de un día, por cada 100 km y la cantidad sobrante era drenada y utilizada el día siguiente, también, el número de pruebas permitió garantizar la repetitividad de los resultados y selección de una única variable. En la tabla 11 se observa la información obtenida en la prueba ruta.

Tabla 11*Consumo de combustible con el carburador de campana*

Kilómetros recorridos 'km'	Cantidad de combustible 'litros'	Consumo de combustible Km/l	Cantidad de combustible 'galones'	Consumo de combustible Km/gal
42	1	42 km/l	0,264	10,96 km/gal
159	3,785	159 km/l	1	159 km/gal
732	16,665	732 km/l	4,4	732 km/gal

En la tabla 11 se pueden apreciar los resultados de la prueba con el carburador de campana en donde con la cantidad de 1 litro de combustible la motocicleta logro recorrer unos 42 km, con 1 galón de gasolina alcanzo a recorrer 159 km y con el tanque totalmente lleno una distancia de 732 km hasta detenerse, dando a entender que por su tipo de aceleración por campana le permite limitar el consumo excesivo de gasolina durante la conducción de la motocicleta en una ruta en carretera asfaltada lo que garantizo el mantener el equilibrio de la motocicleta en lo que duraba la prueba de conducción, además que gracias al tamaño del conducto 3 mm proporciono la cantidad de combustible a pulverizarse con el el aire durante la etapa de admisión del motor.

Resultados de la Prueba Dinámica en ruta con el Carburador de Diafragma

Se aplicaron 3 repeticiones para cada prueba con 1 litro, 1 galón y 2 repeticiones con 4.4 galones, es decir un total de 8 pruebas, garantizando la obtención de único resultado próximo a su comparación, En la tabla 12 se observa la información obtenida en la prueba ruta.

Tabla 12*Consumo de combustible con el carburador de diafragma*

Kilómetros recorridos 'km'	Cantidad de combustible 'litros'	Consumo de combustible Km/l	Cantidad de combustible 'galones'	Consumo de combustible Km/gal
34	1	34 km/l	0,264	8,97 km/gal
128	3,785	128 km/l	1	159 km/gal
566	16,665	566 km/l	4,4	732 km/gal

Los resultados obtenidos de la tabla 12 indica que tras la incorporación del carburador de Diafragma al motor de la motocicleta indica que con 1 litro de combustible el vehículo logra recorrer 34 km hasta detenerse, sin embargo, para las demás pruebas con 1 galón y con el tanque lleno la temperatura del motor se elevó radicalmente tras un recorrido de unos 100 km debido a que solo es una motocicleta enfriada por aire el vehículo comenzó a bajar su velocidad, también, por lo que fue necesario un día descanso por cada prueba en la moto para una inspección y mantenimiento, hasta que se logró completar la prueba de consumo dando como resultado que con 1 galón de gasolina alcanzó a recorrer 128 km y con el tanque lleno con 4,4 galones los 566 km.

Equipo de Medición de Gases de escape de la Marca CACELEP.

Para el análisis de los gases de escape emitidos por la motocicleta se empleó la máquina CACELEP 3201, sus especificaciones se las puede ver en el anexo 12 es excelente por su durabilidad y alta precisión.

Sus principales funciones son:

- Análisis de emisiones contaminantes en porcentajes CO₂, CO, O₂ y partículas por millón del HC

- Medición de las revoluciones del motor

La máquina CACELEP 3201 es capaz de analizar los gases de escape nocivos e hidrocarburos sin combustionar por la sonda de medición en parámetros de porcentajes y en unidades de partes por millón (ppm), además, de brindar datos precisos de las revoluciones por minuto (rpm), por el cable de bujía del motor. La figura 28 se indica el proceso de utilización de la máquina.

Figura 35

Analizador de gases CACELEP 3201



Procedimiento en Prueba Estática para Motocicleta

- Antes de encender el equipo se debe verificar que la motocicleta se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento, el tanque lleno de combustible, adicional que el sistema de escape no presente fugas, entre otras.
- Se ubica a la motocicleta en un área plana en Neutral se la enciende y se esperan unos 15 minutos hasta que llegue a tener una temperatura normal de 75 °C para una correcta medición.

- Una vez que la motocicleta alcanza su temperatura óptima, se procede al encendido y configuración del analizador en porcentajes de CO, CO₂, O₂ y (HC) en (ppm), es decir, todos resultados provenientes de la combustión que contienen Carbono.
- Se coloca la sonda de medición al escape de la motocicleta y el captador de las revoluciones al cable de la bujía, como se puede apreciar en la figura 36.
- Se varían las revoluciones del motor por accionamiento del manubrio acelerador de la motocicleta.

Figura 36

Proceso para la medición de gases de escape de la motocicleta



Medición de Gases en Prueba Estática en Ralentí en Ambos Carburadores

Se aplicaron cinco repeticiones para validar la repetitividad de los resultados en cada carburador y el poder elegir un único resultado en porcentajes CO, CO₂, O₂ y el HC en (ppm), los resultados únicos de ambos carburadores se pueden apreciar en el anexo 13. Por otro lado, los resultados tienen que ser inferiores al REGLAMENTO Técnico Ecuatoriano 136 (RTE INEN

136) en prueba estática y la aprobación para su libre circulación de la tabla 2. En la tabla 13, 14, se puede apreciar los datos obtenidos por la máquina CACELEP 3201.

Medición de Gases Contaminantes con el Carburador de Campana en Prueba Ralentí

El análisis en el carburador de campana se lo realizó antes de la su sustitución, únicamente se le dio mantenimiento y su calibración correspondiente. En la figura 29 se muestra al carburador, sujeto al motor.

Figura 37

Carburador de campana sujeto al motor de la motocicleta de la UM XTREET



Tabla 13

Análisis de gases contaminantes con el carburador de campana en ralentí a 1500 rpm

CO	CO₂	HC	O₂ (%)	CO (%) máx.	HC (ppm) máx.	Resultado
(%)	(%)	(ppm)		(INEN 136)	(INEN 136)	
0,22	10,1	297	7,7	3.5	2000	APROBADO

En la tabla 11 se puede apreciar los resultados de la medición de los porcentajes de gases de escape en prueba estática en Ralentí, con el carburador de campana de la marca DENI PZ30 sujeto al motor de la motocicleta UM y su comparativa con la tabla 2 de prueba estática en ralentí en motocicletas del Reglamento Técnico Ecuatoriano 136 (RTE INEN 136) queda aprobado para su libre circulación.

Medición de Gases con el Carburador de Diafragma en Prueba Ralentí

La medición de gases contaminantes con la máquina CAPELEC32001, fue después del montaje del carburador de diafragma al motor. Los resultados no variaron demasiado dado que el carburador de la marca VINI era totalmente nuevo y no hubo la necesidad de un mantenimiento únicamente se la carburo mediante el tornillo de ralentí y el posicionamiento de la aleta, sin embargo, se verifico que las espreas de alta y baja sean las mismas del carburador de campana original de la moto UM XTREET, que llevaba usando desde el 2012. En la figura 38 se observa al carburador de diafragma sujetado al motor.

Figura 38

Montaje del carburador de diafragma al motor



Tabla 14

Análisis de gases contaminantes con el carburador de diafragma a 1500 rpm

CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)	Resultado
0.25	12.2	211	5.4	Aprobado

En la tabla 13 se pueden apreciar los resultados de la prueba, con el carburador de diafragma de la marca VINI AC 28 y acorde al REGLAMENTO Técnico Ecuatoriano 136 (RTE INEN 136), en prueba estática en ralentí que se la encuentra en la tabla 2, el vehículo queda aprobado para su libre circulación.

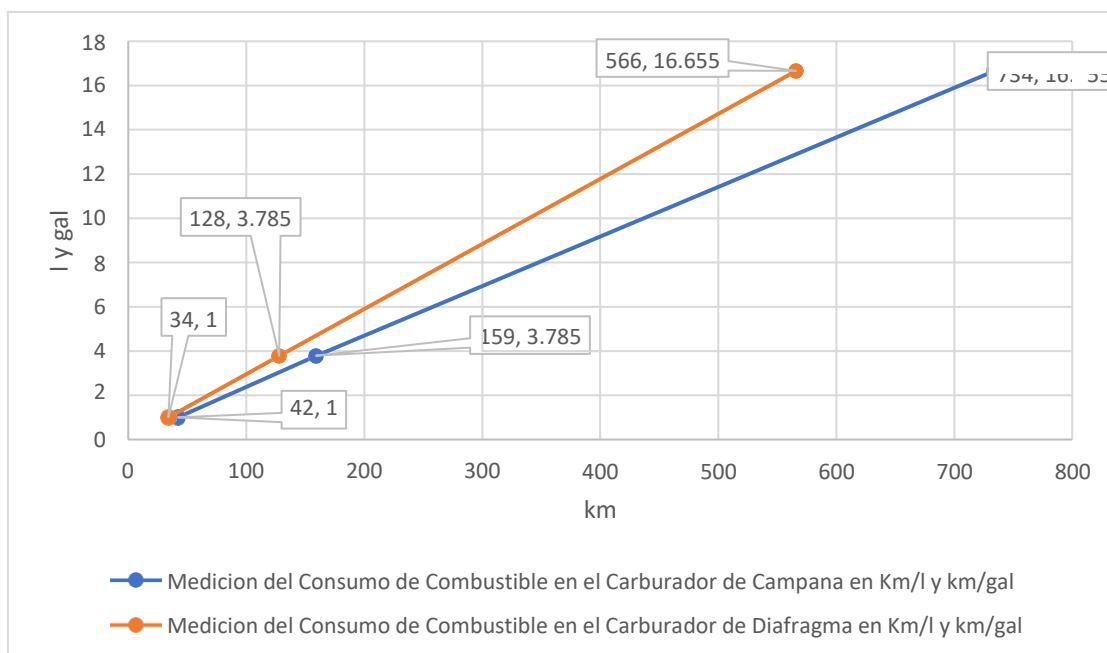
Las mediciones los gases de escape en pruebas estáticas en ralentí de la motocicleta a cuatro tiempos permitieron delimitar el porcentaje de CO y las partes por millón del HC no supera el mite de emisiones de la normativa INEN 136, un caso similar se dio en un estudio de pregrado titulado como ‘Estudio de contaminación de motocicletas de 4 tiempos en la ciudad de Cuenca’ realizado por Toledo David en el año (2016) en donde el autor realizo el muestro de la medición de de emisiones de escape en pruebas estáticas en ralentí en porcentajes de emisiones CO y HC en motocicletas de cuatro tempos en donde el 98 % de motorizados cumplen con la normativa Ecuatoriana INEN 136 y en motores de cilindraje de 150 y 200 los porcentajes de monóxido de carbono (CO) límite varían de 0,18% a 2,6% y los Hidrocarburos (HC) un valor de 200 ppm no sobrepasan el máximo permitido por la norma técnica del Ecuador, sin embargo, para este estudio se estableció únicamente la medición de gases de escape en un único vehículo de cilindraje 180 en la ciudad de Quito y tras su comparación con la normativa ambos carburadores no sobrepasan los límites de contaminación permitidos por la norma quedando aptos para su circulación.

Comparativa de Resultados de Consumo y Medición de gases en Ambos Carburadores

La comparación de resultados en la prueba ruta del consumo de combustible, se la realizó mediante gráficas de dispersión, donde se establece la distancia que recorrió con ese carburador en kilómetros (km) y la cantidad de gasolina que fue consumida durante ese recorrido con: 1 litro, 3.785 litros que equivalen a 1 galón y 16.665 litros que hace referencia al tanque de combustible lleno con 4.4 galones, como se puede apreciar en la figura 39.

Figura 39

Gráfica del consumo de combustible en función de los km/l



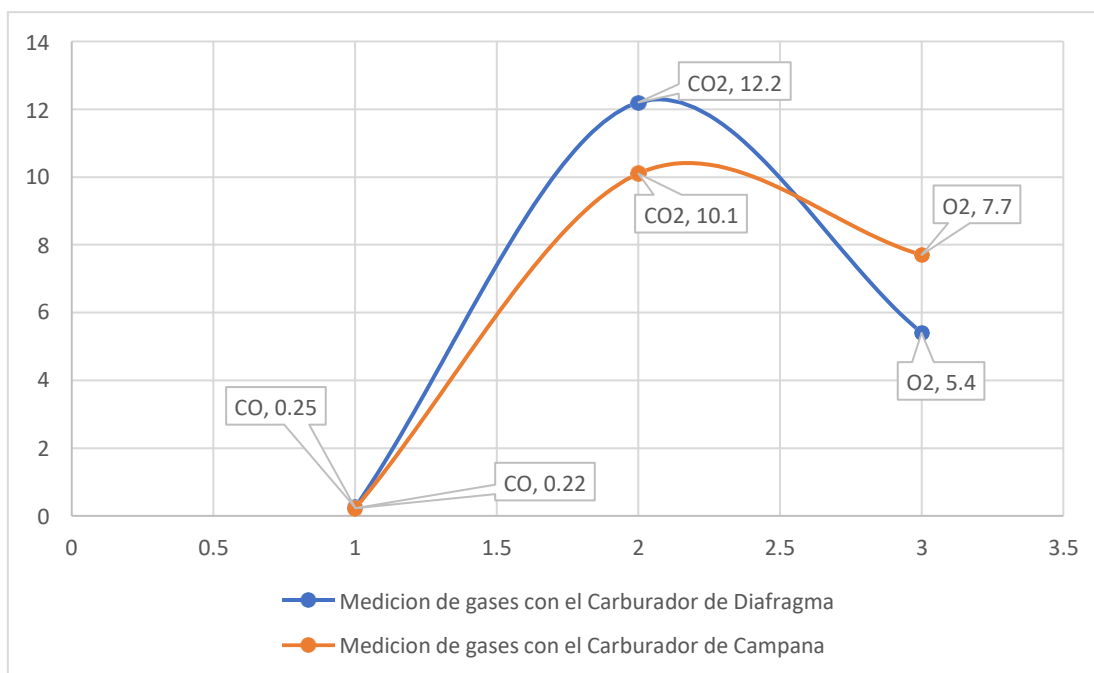
El consumo de combustible con el carburador de campana es menor que el carburador de diafragma, dado que con 1 galón recorre una distancia de 159 km con diferencia de 31 km.

La comparativa de la medición de gases fue únicamente de los porcentajes de gases emitidos durante la prueba estática al 1500 rpm del motor, como son el: CO, CO₂ y O₂ estableciendo el límite del monóxido de carbono (CO) de la normativa INEN 136, no superior al

3,5 % de contaminación en prueba en ralentí. En la figura 40 se puede apreciar a la gráfica de emisiones en la motocicleta UM con ambos carburadores.

Figura 40

Gráfica de medición de gases



La medición de los gases emitidos del carburador de Diafragma es superior al carburador de Campana, en donde el monóxido de carbono (CO) se eleva un 0,7 %, pero ambos no superan el límite de contaminación de 3.5% establecido en prueba estática en ralentí dictada por la norma INEN 136.

Conclusiones

Se logró determinar que los modelos CAD y la evaluación en el software CFD lograron demostrar el aumento del flujo de aire por las toberas Venturi de velocidad inicial de 32 m/s a 40 m/s en el carburador de Campana y en el carburador de Diafragma un aumento de velocidad de salida del aire a 38 m/s. Además de su análisis a máxima revoluciones del motor en condiciones atmosféricas en Quito-Ecuador, adicional de la aceleración total en ambos carburadores, quedando comprobado el aumento de la velocidad del aire por su efecto Venturi, aunque queda comprobado que el carburador de Diafragma es inferior en 2 m/s al carburador de Campana.

Al realizar la prueba de recorrido en ruta, se logró obtener el consumo de gasolina de la motocicleta con gasolina Extra, en condiciones horarias sin tráfico, a una velocidad promedio de 70 km/h a un máximo de 100 km/h respetando el cambio del semáforo y con la misma numeración de esprea de alta de 98 y de baja de 38 en ambos, dando como resultado que con 1 litro de gasolina el Carburador de Campana alcanzó los 42 km/l y el Carburador de Diafragma logró llegar a los 34 km/l, dictaminando que en consumo de combustible del primero es superior.

El análisis gases del (CO, HC, CO₂, y O₂) mediante el equipo CAPEC 3201, permitió evaluar los porcentajes de contaminación en ambos Carburadores y según la normativa del Reglamento Técnico Ecuatoriano 136 en prueba estática en ralentí, ambos no superaron los límites de contaminación de máximos permitidos en motocicletas, quedando aprobadas para su circulación, aunque, en la medición de gases de escape con el carburador de campana, el porcentaje del Monóxido de Carbono se dio en un 22 % ,mientras, que con el carburador de diafragma el porcentaje del (CO) se dio en un 25 % una clara diferencia mayor de un 3%, sin embargo, en la medición de Hidrocarburos sin Quemar (HC) en porcentaje en partes por millón

(ppm) en el que menos emitió fue el Carburador de diafragma con 211 (ppm) y con el de campana un porcentaje de 222 (ppm) con una diferencia de un porcentaje de 10 (ppm).

La evaluación del índice de consumo de combustible, la simulación de flujo de aire a máxima capacidad por la tobera de los Carburadores y medición de los porcentajes de gases contaminantes en ambos y puestos a prueba en la motocicleta UM 180 CC mono cilíndrico a 4 tiempos, permitieron delimitar que la propuesta del cambio del carburador de campana, por un carburador de diafragma fue muy benéfica, al no superar el límite de emisiones de gases de escape impuestos por la norma ecuatoriana y contaminar menos (HC) que el de campana, sin embargo, en la prueba de simulación en CFD del flujo del aire a máxima capacidad del motor se produce un aumento de salida de 38 m/s inferior al carburador de campana de 40m/s, aunque en la prueba de consumo de combustible el carburador el carburador de diafragma es inferior que el de campana con 44km/l, ya que solo alcanzo a recorrer 34 km con 1 litro de combustible.

Recomendaciones

En lo que corresponde al modelamiento CAD en carburadores de funcionamiento por diferencias de presiones, que cuentan con demasiados detalles como por ejemplo el flotador, el muelle, la cuba, entre otros componentes, se recomienda eliminarlos debido a que cuentan con dimensiones complejas, también que dificultan el estudio de la dinámica de fluidos computacional CFD por la tobera del Venturi, de igual forma impiden el mallado y que no se llegue a definir el volumen de elemento.

En el caso de la designación de los parámetros de estudio en condiciones atmosféricas en Quito, previo a la simulación en CFD, se recomienda el designar los CFM que se necesitan al aumentar el número de rpm del motor en condiciones de aceleración del sistema de alimentación, el grado de inclinación de la válvula de aceleración suele restringir el paso del aire por el Venturi, es decir la cantidad de aire que es absorbida en la etapa de admisión. del motor

En lo que respecta a recepción de resultados en pruebas en ruta con motores mono cilíndricos que sean refrigerados por aire, se recomienda mantener bajo control la temperatura del motor esto durante el ciclo de conducción sea constante sin el descanso de la motocicleta impidiendo el fundido del motor por la falta de aceite, adicional, de la medición de gases de escape, el sistema de alimentación se debe de encuentra perfectamente carburado si se tiene pensado realizar las pruebas en ralentí si la mezcla aire combustible sea la adecuada.

Bibliografía

- Aguilar, J., pellicer, G., & Garibay, V. (2007). *Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares*. Instituto Nacional de Ecología.
- Álvarez, A. (2014). *Revista Moto*. https://revistamoto.com/wp_rm/sabes-cual-es-la-diferencia-entre-un-motor-de-2-tiempos-a-uno-de-4-tiempos/
- Ambuludi Hualpa, Á. R. (2017). *Desarrollo de una aplicación para el diseño mecánico de un prototipo preestablecido de bomba de pistón alternativa y sumergible, mediante software de ingeniería [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]*. Repositorio Digital Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/18556>
- AndoMoto. (s.f.). *Mecánica: Carburador*. *Blogspot.com*.
<http://andomoto.blogspot.com/2014/07/mecanica-carburador.html>
- Antonio. (2013). *Tecnica Moto*. La distribución de Moto:
(<https://www.moto125.cc/author/antonio>, 2013)
- Arévalo Santamaría, T. X. (2012). *Diseño e implementación del control electrónico de dosificación de combustible para un motor de combustión interna de la empresa A&S Custom Bikes [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]*.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4969>
- Armas, D. (2013). *Implementación de un sistema de inyección multipunto programable en un vehículo a carburador [Tesis de Pregrado, Universidad San Francisco de Quito]*.
Repositorio Digital USFQ.
- Bustamante Sánchez, S. (2014). *Modelación y simulación aerodinámica del rotor de aerogenerador de 1,5 MW caracterizado en las zonas de implantación de energía eólica*

- de Cantabria [Tesis de Pregrado, Universidad de Cantabria]*. Repositorio de la Universidad de Cantabria. <http://hdl.handle.net/10902/5345>
- Cedillo Sarmiento, J. A., & Marín Lazo, J. P. (2015). *Estudio experimental y computacional mediante CFD Ansys del flujo de aire a través de techos de edificaciones usando un túnel de viento [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]*. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7958>
- Cvmotos. (2020). *Cvmotos*. <https://www.cvmotos.cl/tienda/culata-motor-150cc-lifan-2/>
- De Nevers, N. (1998). *Ingeniería de control de la contaminación del aire*. McGraw-Hill Interamericana Editores. <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25470w/nevers.pdf>
- Domínguez Soriano, E., & Ruiz, J. F. (2012). *Mecánica del vehículo* (Vol. 2). (Editex, Ed.) Madrid.
- Duarte, J. E., & Fernandez Morales, F. H. (2005). La simulación por computador en investigación y desarrollo. *Tecnura*, 8((16)), 106-114. <https://doi.org/http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257020406010>
- epsformacion. (2019). *Centro de formacion de motocicletas*. Funcionamiento Carburadores (I): <https://epsformacion.com/blog/funcionamiento-carburadores-i/>
- Espacio, E. (2010). *Enciclopedia Visual de la Motocicleta*. El Espacio.
- Ezcurra Alfaro, S. (2017). *Estudio aerodinámico de una motocicleta de competición [Tesis Pregrado, Universidad Pública de Navarra]*. Repositorio Universidad Pública de Navarra. <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/25368>

- Guevara De La Cruz, E. B. (2018). Diseño e implementación de un filtro de aire de baño de aceite para equipo pesado. [Tesis de Pregrado. Universidad Tecnológica Equinoccial]. <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/16597>
- INEN 136. (2016). *Norma RTE INEN 136 Motocicletas*. <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/11/RTE-136.pdf>
- Leguísamo, J., Llanes Cedeño, E., Celi Ortega, S., & Rocha Hoyos, J. (2020). *Evaluación de la conducción eficiente en un motor de encendido provocado, a 2810 msnm*. Scielo. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000100227>
- Martínez Hernández, D. S. (2009). *Simulación numérica del flujo cuasi-estacionario de fluidos no newtonianos en tubos de elementos insertados dinámicos [Tesis de pregrado, Universidad Politecnica de Cartagena]*. Repositorio digital Universidad Politecnica de Cartagena. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/950>
- Martínez Martínez, J. L. (2016). *Determinación de los contaminantes producto de la combustión del parque automotor a gasolina en la parroquia Eloy Alfaro, ciudad de Latacunga, período 2015 [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2687>
- Medrano, M. (2012). *La contaminación ambiental y el mantenimiento de motocicletas en el sector de Carapungo, elaboración de un manual de mantenimiento preventivo para motocicletas [Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador]*. Repositorio Digital UCE.
- Miranda Vizueté, D. (2016). *Metodología de pruebas y su aplicación, para el diagnóstico de convertidores catalíticos, mediante ciclo ASM, en vehículos con motores de encendido provocado [Tesis de Maestría, Escuela Politécnica Nacional]*. Repositorio Digital

Institucional de la Escuela Politécnica Nacional.

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16499>

Molina Puma, M. A. (2006). *Desarrollo de un método para determinar factores de emisión en vehículos livianos a gasolina en la ciudad de Quito [Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica Nacional, Quito]*. Bibliotecas Escuela Politécnica Nacional.

<https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=6177>

motoscoot.net. (2017). *Manual rápido de carburación de moto*. Blog de Motoscoot:

<https://www.motoscoot.net/blog/manual-carburacion-moto/>

Munimotos. (2022). *Función del cilindro de la motocicleta*.

Murelo Alonso, R. A. (2012). *Reparación de Motocicletas* (Vol. 5ta ed.). España: Cevismap.

Ngk. (2014). *ngk.de*. <https://www.ngk.de/es/tecnologia-en-detalle/sondas-lambda/aspectos-basicos-de-los-gases-de-escape/gases-de-escape-y-gases-contaminantes/>

Pérez Díez, F. (2018). *Análisis de las variables que inciden en la movilidad en vehículos motorizados de dos ruedas en la ciudad de Barcelona*, [Tesis Doctoral, Universidad Politecnica de Catalunya BarcelonaTech]. <http://hdl.handle.net/2117/132770>

Petroecuador. (2022). *Calidades de gasolina*.

<https://www.epetroecuador.ec/?s=calidad+de+combustibles&fbclid=IwAR02do74-T3BGhDiK84HMPdBLPCx8Xt-WlrCZWY-JYAepfc77v1NVQHuC3A>

Rivillas Montoya, R. (2013). *Carburadores Vm y Vc*. (P. CAFOR, Ed.) PDFCOOKIE:

<https://pdfcookie.com/documents/carburadores-vm-y-cv-wylj7kz6xyl3>

Rivera Pinto, J. A. (2016). *Desarrollo de una metodología para la determinación de factores de emisiones en motocicletas mediante pruebas a bordo en la ciudad de Quito [Tesis de*

- pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial*]. Repositorio Dspace.
<http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/14117>
- Robalino, D. (2017). *Implementación de un sistema de inyección electrónico de combustible a un motor de dos tiempos de una moto Yamaha DT 175 a carburador [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial]*. Repositorio Dspace.
- Rocha Hoyos, J., Tipanluisa, L., Zambrano, V., & Portilla, Á. (2018). Estudio de un Motor a Gasolina en Condiciones de Altura con Mezclas de Aditivo Orgánico en el Combustible. *SciELO*, 29(5), 325-334. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000500325>
- Rodríguez Tello, E. (2013). *Introducción a la Geometría Computacional*. Cinvestav, México.
- Rosero Cervantes, M. R. (2017). *Caracterización y Construcción de un Banco Didactico de 1 Motocicleta de Cuatro Tiempos [Tesis de Pregado, Universidad Internacional SEK Ecuador]*. Repositorio de la Universidad Internacional SEK Ecuador .
<http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2098>
- Sampieri, H., & Fernández Collado. (2004). *Metodología de la Investigación*. México DF: Mc Graw Hill.
- Sánchez Gutiérrez, M. (2012). *Mantenimiento de motores térmicos de dos y cuatro tiempos. tmvg0409 - mantenimiento del motor y sus sistemas auxiliares Tapa blanda* (1er edición ed.). ic editorial.
- Sanchez Yunga, L. P., & Zúñiga Guzhñay, A. P. (2018). *Análisis de la contaminación de gases de vehículos tipo L1 y L3, mediante el muestreo de emisiones para la determinación de niveles de contaminación en la ciudad de Loja [Tesis de Paregrado, Universidad*

- Politécnica Salesiana*]. Repositorio de la Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15315>
- Sanz, S. (2011). *Motores*. Editex.
- Serrano, D. (08 de 7 de 2022). *Nuevas gasolinas tendrán más octanaje y mayor precio*.
<https://www.elcomercio.com/actualidad/nuevas-gasolinas-mas-octanaje-mayor-precio.html>
- Tapia Peralta, D. G. (2021). *Parametrización, simulación CFD y construcción de rodetes para analizar la influencia del número de álabes en el funcionamiento de la bomba hidráulica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Digital - Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/23801>
- Tipanluisa, L., Remache, A., Ayabaca, C., & Reina, S. (2017). Emisiones Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades. *Scielo*, 28(1), 03-12. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000100002>
- Toledo Mantaleza, D. A. (2016). *Estudio de contaminación de motocicletas de 4 tiempos en la ciudad de Cuenca* [Tesis de Pregrado, Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador]. Repositorio de la Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13160>
- Vásquez Martínez, J. L. (2020). *Diseño asistido por computador y construcción de la carrocería de una moto eléctrica* [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma de Bucaramanga]. Repositorio Universidad Autónoma de Bucaramanga.
<https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/13417>

Velásquez Galicia, R. S. (2013). *Mantenimiento preventie para motocicletas comerciales [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala. Biblioteca de la Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.biblioteca.usac.edu.gt/biblioteca2/index.php>*

Xtreet. (2016). *Manual de Servicio Y Mantenimiento Xtreet 180. <https://www.scribd.com/doc/309312888/217936269-Manual-de-Servicio-y-Mantenimiento-Xtreet-180pdf>*

Anexos

Anexo 1

Reglamento Técnico Ecuatoriano rte INEN 136 (1r) “Motocicletas-Prueba Estática en Ralenti”



TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidas para motocicletas y tricimotos. Prueba estática en ralenti

Tipo de motor	CO (% V)	HC (ppm)
Todas **	3,5	2 000

** A partir del año modelo 2014.

4.7.2 Prueba dinámica. Todas las motocicletas y tricimotos cubiertos por este reglamento técnico no podrán emitir al ambiente monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NO_x) en cantidades superiores a los valores establecidos en la Directiva Europea 2002/51/EC, Ciclo ECE R 40 (ver tabla 2 y tabla 3), ó en el Código Federal de Regulaciones para la Protección del ambiente 40 CFR, Parte 86.410 2006, Ciclo de prueba FTP-75 de los Estados Unidos de Norte América (ver tabla 4).

TABLA 2. Valores límites máximos para motocicletas de dos (2) ruedas. Directiva Europea 2002/51/EC. Ciclo de prueba ECE R 40.

Desplazamiento	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)
< 150 cm ³	2,0 ⁽¹⁾	0,8	0,15
150 cm ³	2,0 ⁽²⁾	0,3	0,15

(1) Ciclo de Prueba = ECE R40 (con emisiones medidas para todos los "s" modos- el muestreo empieza en t=0)

(2) Ciclo de Prueba = ECE R40 + EUDC (emisiones medidas para todos los modos- el muestreo empieza en t=0) con una velocidad máxima de 120 km/h.

TABLA 3. Valores límites máximos para tricimotos. Directiva Europea 2002/51/EC. Ciclo ECE R 40.

Desplazamiento	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)
Todos	7,0	1,5	0,4

TABLA 4. Valores límites máximos para motocicletas y tricimotos. EPA 40 CFR, Parte 86.410-2006, Ciclo de prueba FTP-75

Categoría	Desplazamiento	CO (g/km)	HC (g/km)	HC + NO _x (g/km)
Clase 1	0-169 cm ³	12	1,0	1,4
Clase 2	170-279 cm ³	12	1,0	1,4
Clase 3	280 cm ³	12	-	1,4

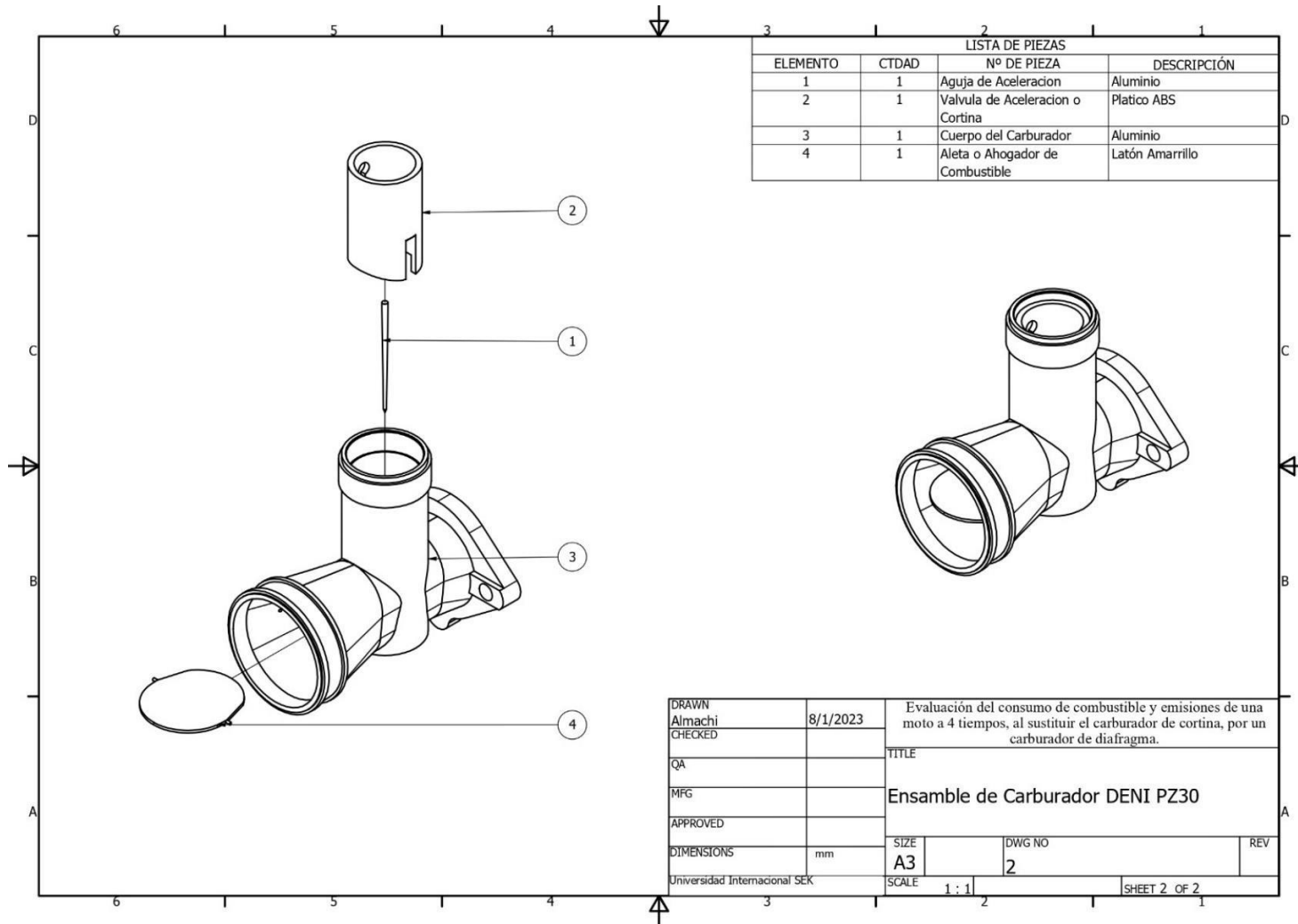
4.8 Nivel Sonoro Admisible. Los valores límites máximos admisibles en dB(A) para las motocicletas y tricimotos se establece en la tabla 5.

TABLA 5. Valores límites máximos de nivel sonoro para motocicletas y tricimotos (Prueba en dinámica). Directiva 78/1015/CEE del Parlamento Europeo

Desplazamiento	Valores límite del nivel sonoro dB (A)
<=80 cm ³	78
<= 125 cm ³	80
<= 350 cm ³	83
<= 500 cm ³	85
> 500 cm ³	86

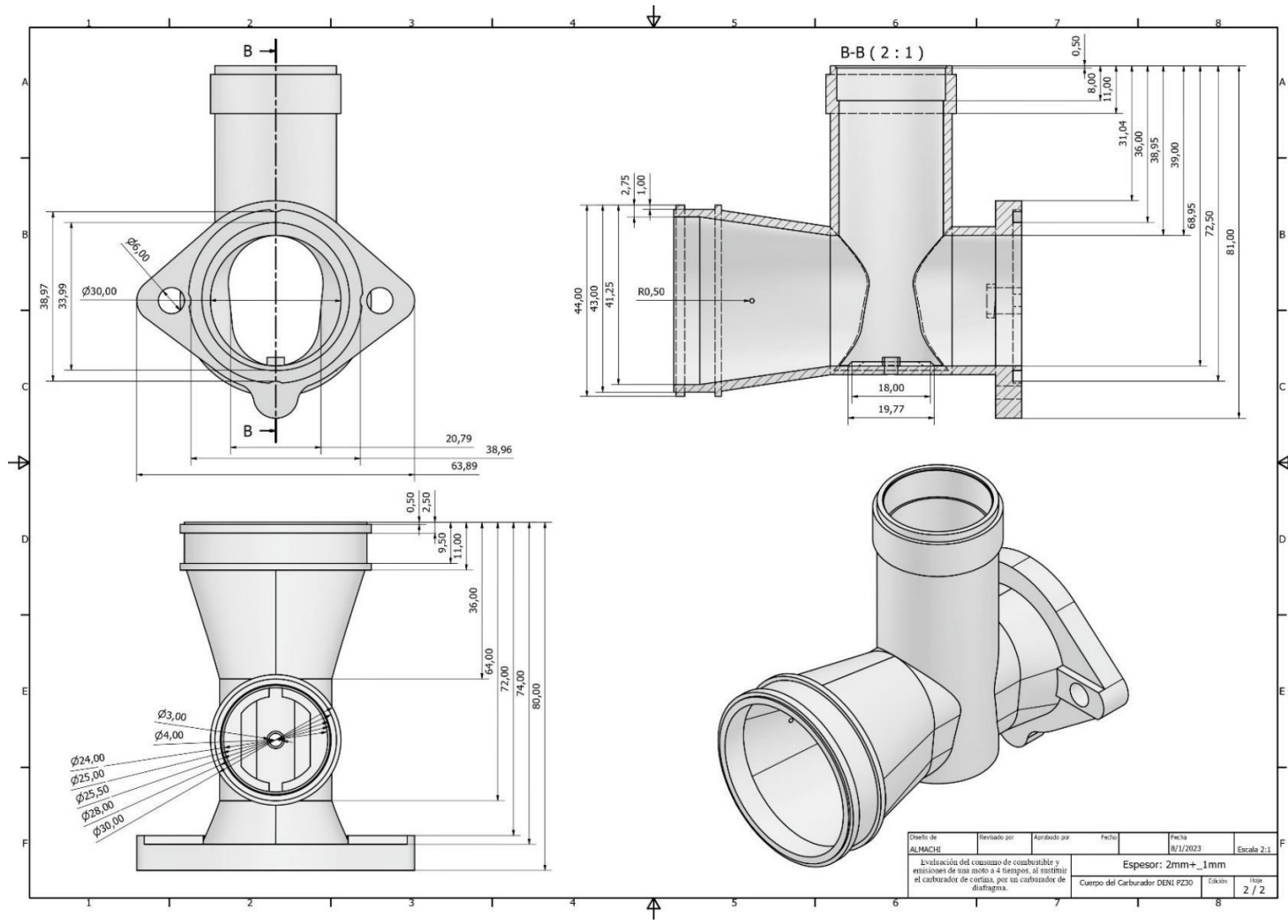
Anexo 2

Plano de Ensamble de Carburador de Campana de la Marca DENI PZ30



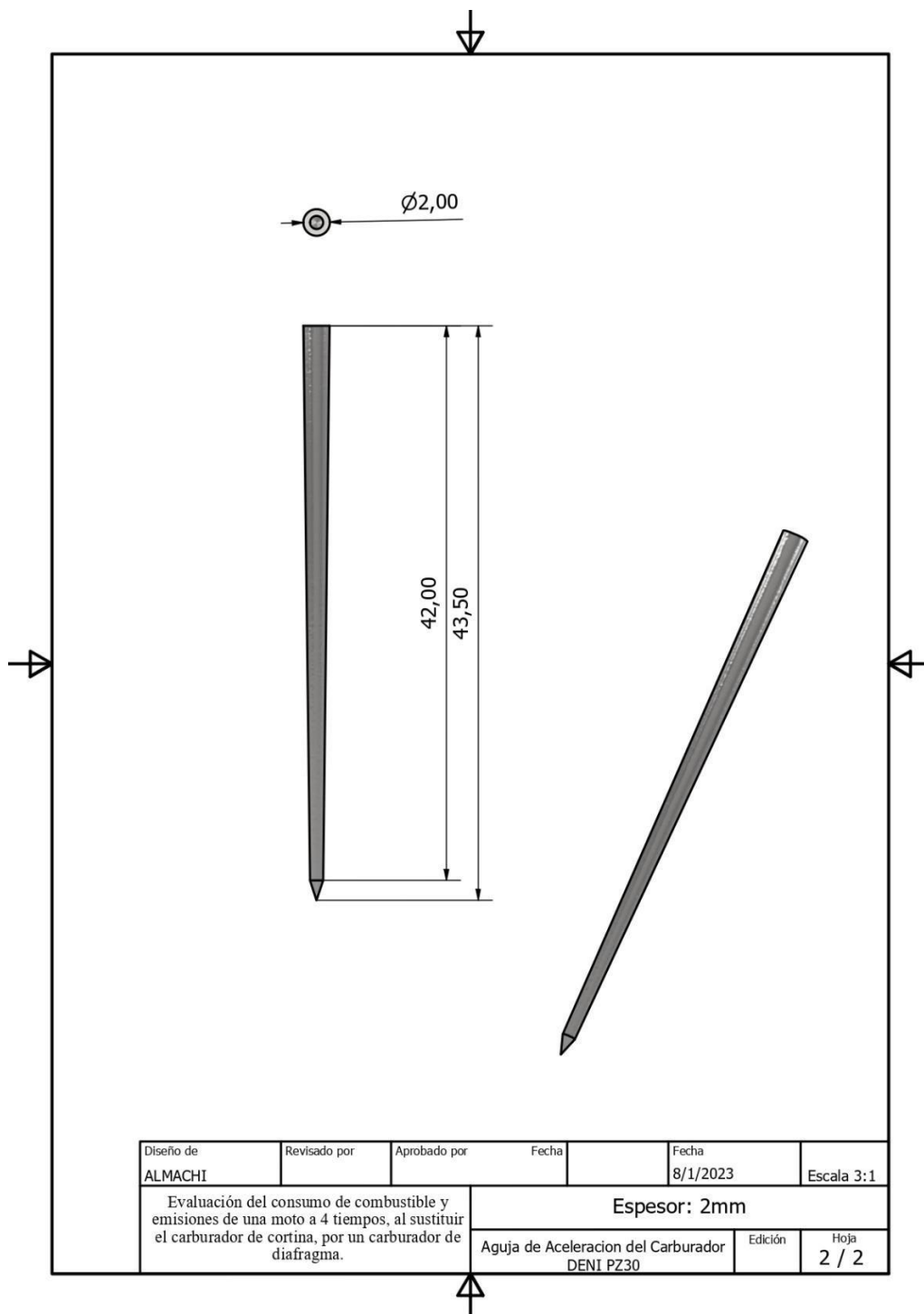
Anexo 3

Plano del Cuerpo del Carburador de Campana Deni PZ30



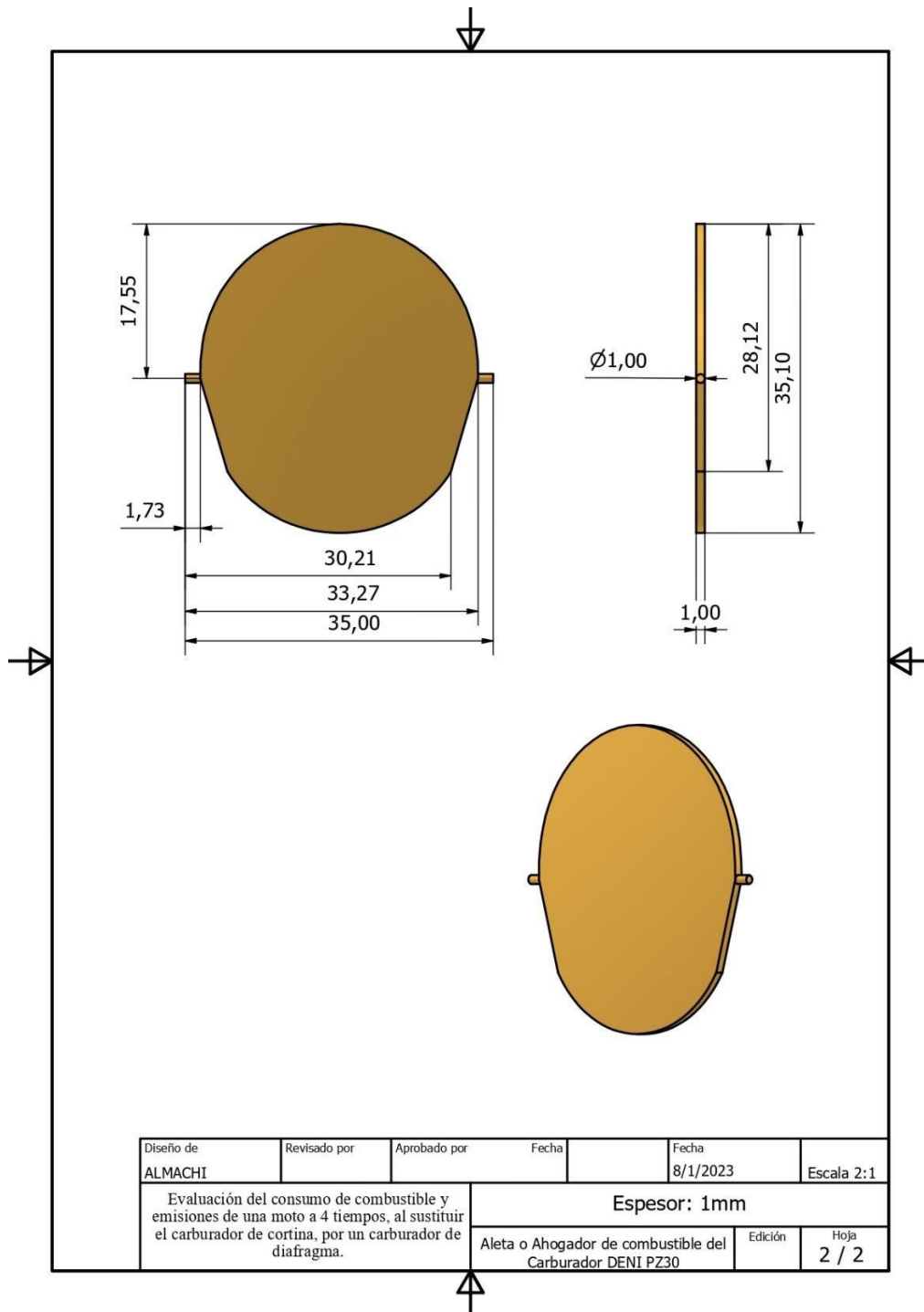
Anexo 4

Plano de la aguja de aceleración del Carburador de Campana Deni PZ30



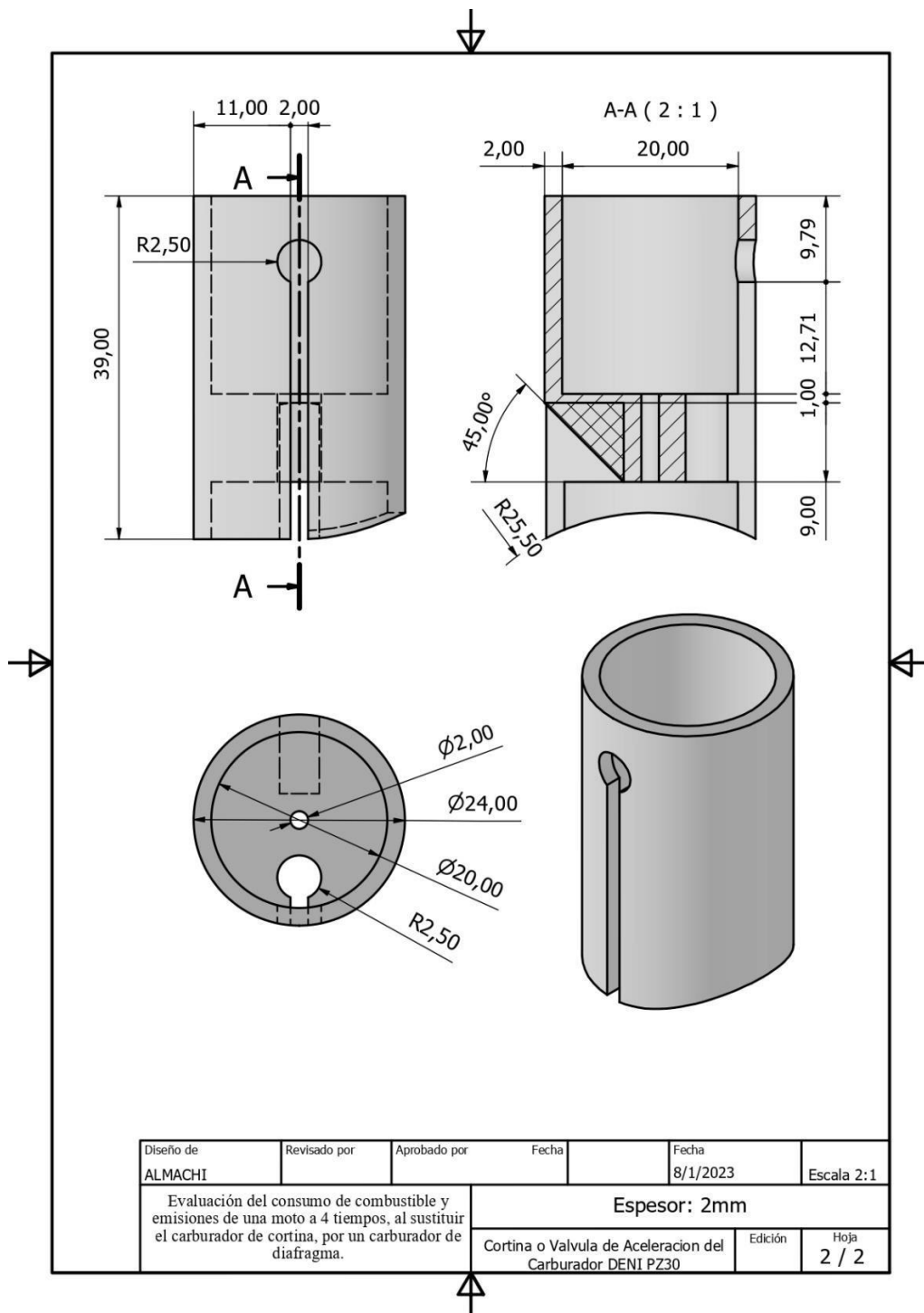
Anexo 5

Plano de la Aleta o Ahogador de combustible del Carburador de Campana DENI PZ30



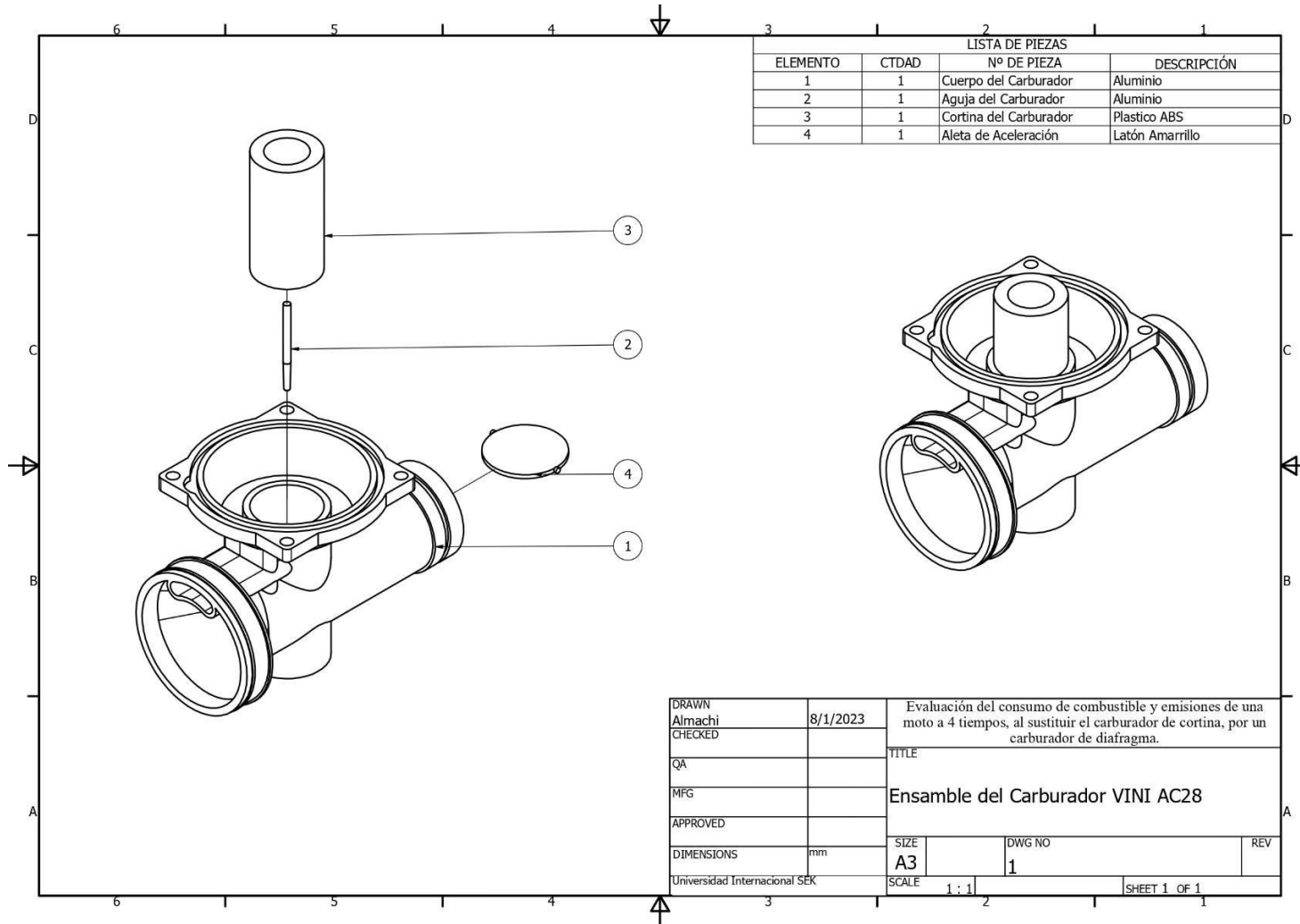
Anexo 6

Plano de la Cortina o Válvula de Aceleración del Carburador de Campana DENI PZ30



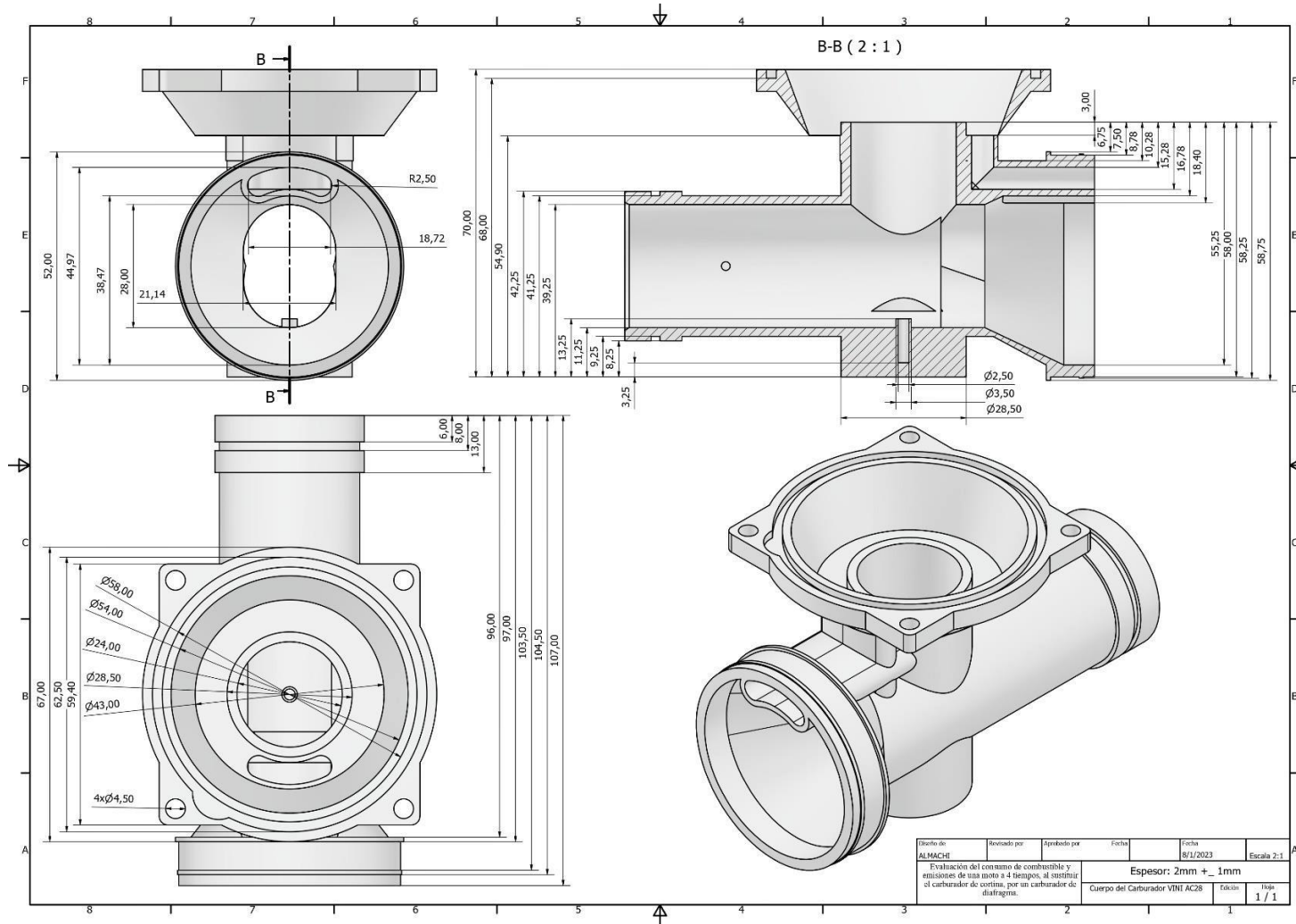
Anexo 7

Plano de ensamble del carburador de Diafragma de la Marca VINI AC 28



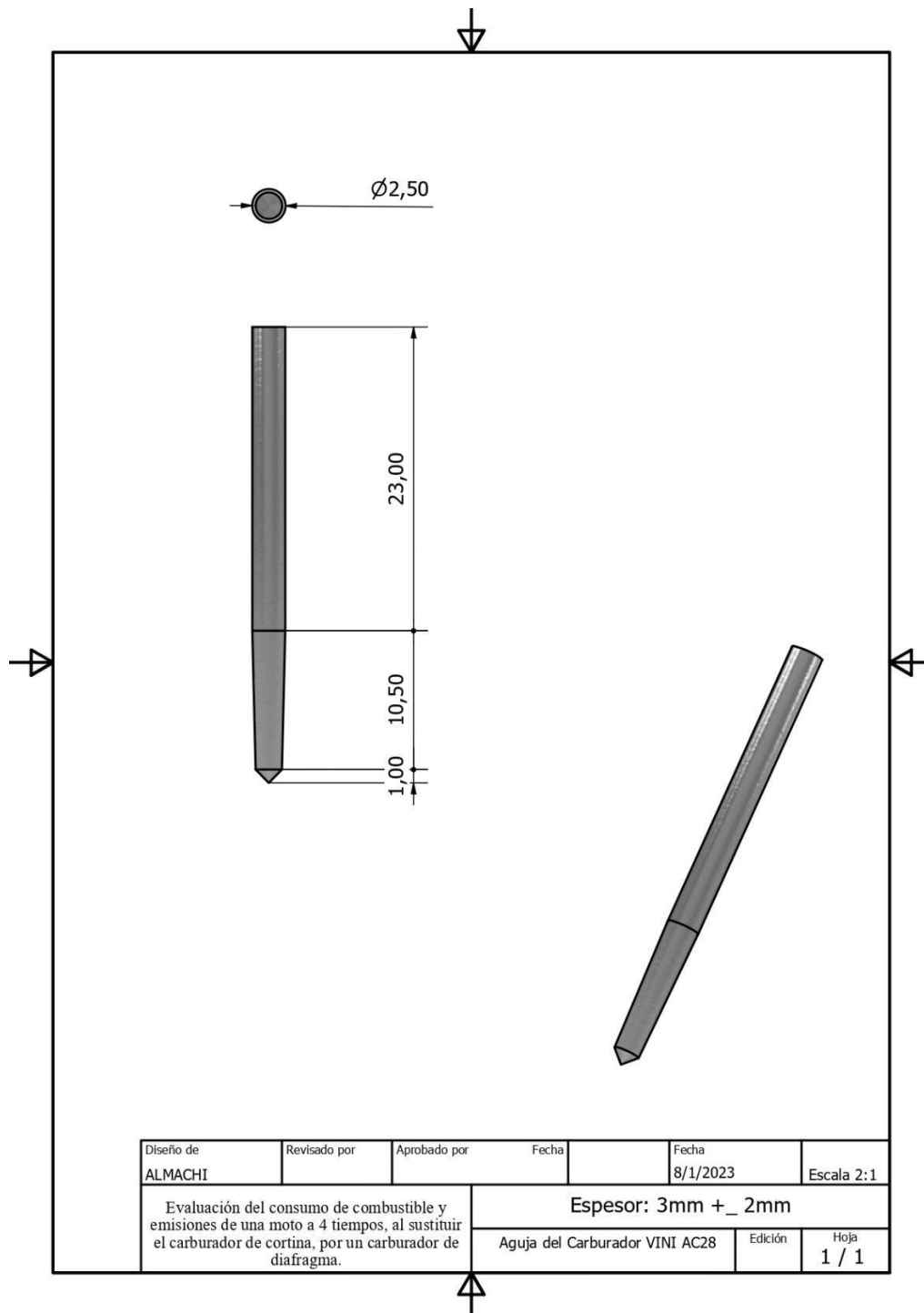
Anexo 8

Plano del Cuerpo del Carburador de Diafragma VINI AC28



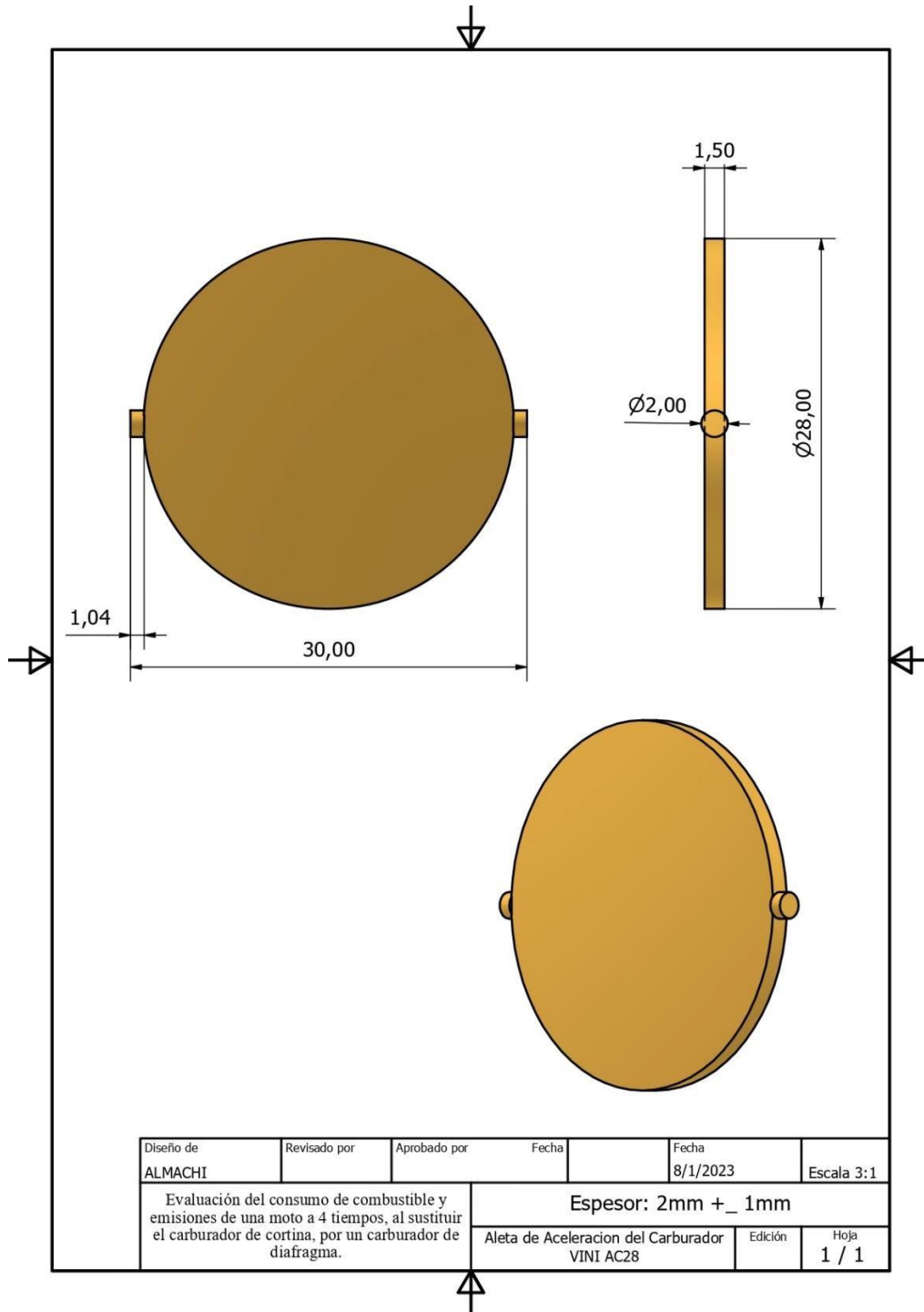
Anexo 9

Plano de la aguja del Carburador de Diafragma VINI AC28



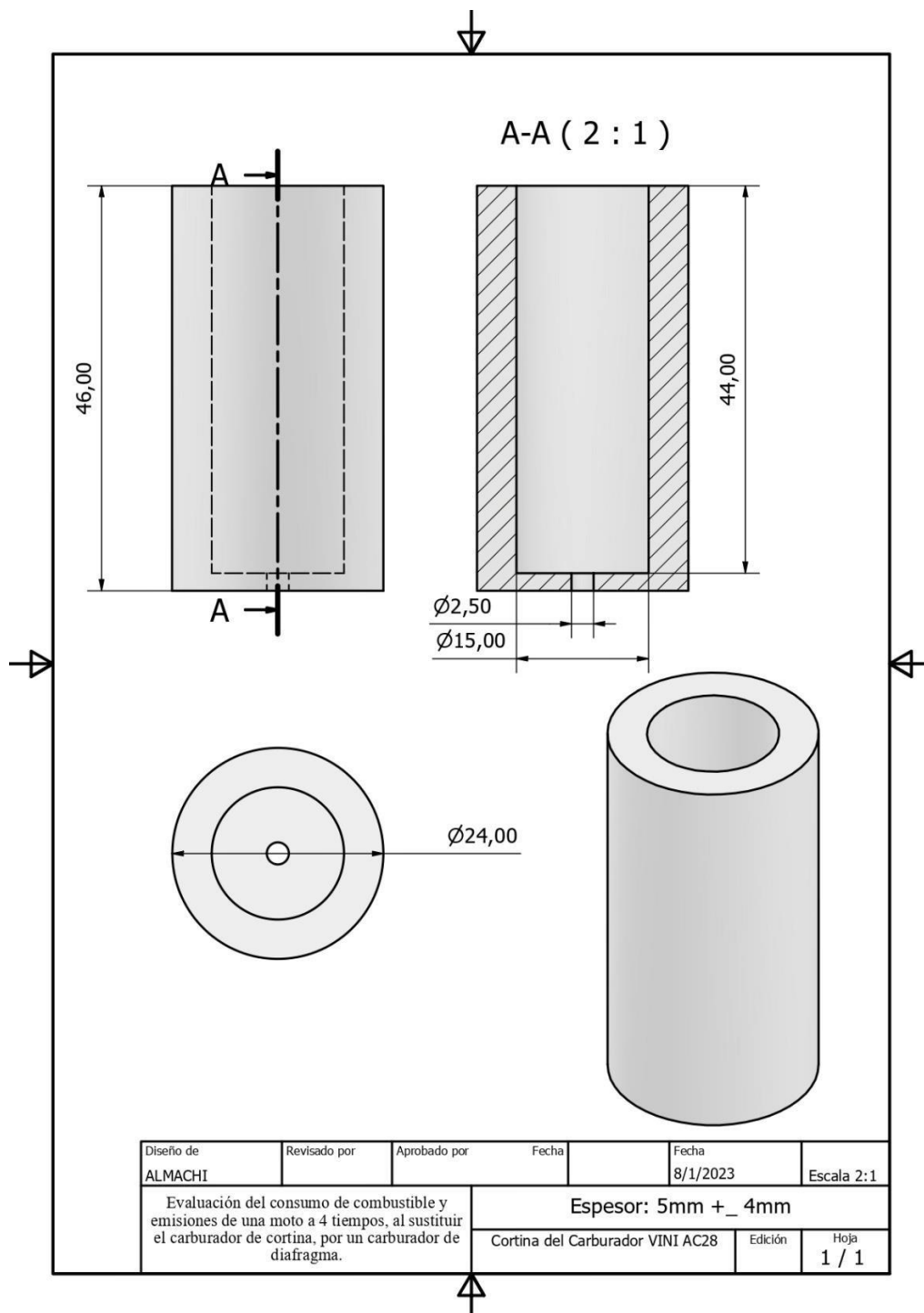
Anexo 10

Plano de la aleta de Aceleración del Carburador de Diafragma VINI AC28



Anexo 11

Plano de la Cortina del Carburador de Diafragma VINI AC28



Anexo 12

Analizador de gases CAPELEC 3201

II.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El analizador de gas es un módulo destinado a los centros de control técnico y a los talleres de puesta a punto de los motores. Permite medir el contenido en monóxido de carbono (CO), en dióxido de carbono (CO₂), en hidrocarburos (HC) en hexano equivalente (C₆H₁₄) y en oxígeno (O₂) de los gases procedentes de vehículos de encendido por chispa (gasolina, súper, G.L.P.) con o sin catalizador. En opción, puede equiparse con el kit Nox que permite la medición de los óxidos de nitrógeno.

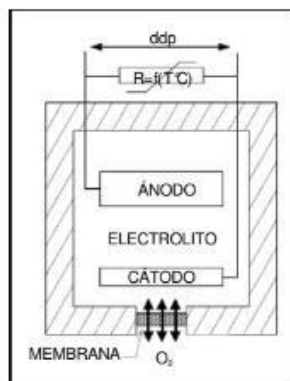
El CAP3201 también permite medir en cualquier momento las siguientes magnitudes:

- El cálculo del CO corregido
- El cálculo del valor Lambda
- La medición de la velocidad de rotación (medida por una pinza de inducción, por entrada de batería,...)
- La medición de la temperatura de aceite.

La medición del contenido en CO, CO₂ y HC, se efectúa gracias a una técnica que utiliza el infrarrojo no dispersivo. El gas pasa por una cámara de medición, en los extremos de la cual se encuentran tres detectores y tres emisores de infrarrojos. Cada emisor emite con una longitud de onda particular y asociada a uno de los tres gases.

Cada uno de los detectores suministra una señal eléctrica correspondiente a la intensidad de la radiación recibida.

La medición del contenido en oxígeno se efectúa mediante un captor químico activo.



Principio de la medición del oxígeno:

El captor de oxígeno es de tipo electroquímico, basado en el principio de la electrolisis. En presencia de oxígeno se crea una corriente iónica a través del cátodo, del electrolito y del ánodo generando una diferencia de potencial entre los bornes de una resistencia, variable en función de la temperatura. Por lo cual la sonda está compensada según la temperatura.

II.2.CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

El analizador de gas está equipado con un control automático de los parámetros que tienen una influencia sobre la medición. Si al menos uno de estos parámetros está fuera de los límites, y por lo tanto puede modificar metrológicamente los resultados, el analizador de gas se bloquea e impide cualquier medición hasta que las condiciones de funcionamiento se hayan restablecido.



El incumplimiento de las condiciones de funcionamiento puede provocar el deterioro del material o un bloqueo provisional del CAP3201:

*		Presión atmosférica de 1000 mbares +10% -
	25%	
*		Tensión de la red 230VAC +10% -15%
	50Hz+-2%	
*		Temperatura ambiente: de 5 a 40 °C
*		Temperatura del gas: 200 °C soportados por
	la sonda	
*		Temperatura de almacenamiento: -32 a +55
	°C	
*		Humedad relativa: <98% no condensada
*		Aire ambiente limpio y sala bien ventilada

II.3. CARACTERISTICAS TECNICAS

- * °C.(1 minuto minimum) Tiempo de precalentamiento: < 9 minutos 0
- * CO, CO₂ , 28 segundos para el oxigeno (cambio de 20,9% a 0,1% para un gas a 0 % de O₂) Tiempo de respuesta: 13 segundos para los HC, 28 segundos para el oxigeno (cambio de 20,9% a 0,1% para un gas a 0 % de O₂)
- * Caudal nominal de las bombas: 6 l/min.
- * Caudal minimal de las bombas: 3.5 l/min.
- * Variaciones de la presión de aire: corrección automática mediante captor de presión absoluto integrado.
- * Punto cero y grado de sensibilidad: compensación automática
- * Puesta en espera automática de las bombas y cero automático
- * Alimentacion 115-230V / 1.5A ; 47Hz à 63Hz ; Fusibles T2AL 250V.
- * Rango de medición:
 - * HC =Résolution normale : 0 à 20000 ppm
 - * Résolution haute : 0 à 2000 ppm Propane
 - * CO =-0.03 à 10.5 %
 - * CO₂ = -0.4 à 21.0 %
 - * O₂ = -0.5 à 21.7
 - * Nox = 0 à 5000 ppm
 - * Régimen motor = 0 à 9999 tours/min
 - * Temperatura de aceite = -5 à 150 °C
 - * CO corregido = 0 à 10 %
 - * Coefficient aire/combustible (Lambda)= 0,2 à 9,999
- * Precisión:
 - * HC = 10 ppm
 - * CO = 0,03 %
 - * CO₂ = 0,5 %
 - * O₂ = 0,1 %
 - * Nox = 32ppm (0 .. 1000ppm)
 - * 60 ppm (1001 .. 2000 ppm)
 - * 120 ppm (2002 .. 5000 ppm)
 - * Regimen motor = +- 10 tours/min
 - * Temperatura de aceite = +- 1 °C
 - * CO corregido = 0,03 %
 - * Coefficient aire/combustible (Lambda)= 0,03
- * Resolución:
 - * HC = Resolución normale :10 ppm HC
 - * Resolución alta : 1 ppm HC
 - * CO = Resolución normale : 0,01 % vol.
 - * Resolución alta : 0,001 % vol.
 - * CO₂ = Resolución normale : 0,1 % vol.

*	0,01 % vol.	O2 = Si O2 ≤ 4 % vol. resolución alta :
*		Si no resolución normal : 0,1 % vol.
*		Nox = 1 ppm vol.
*		Regimen motor = 1 tours/min
*		Temperatura de aceite = 1 °C
*		CO corregido = 0,01 %
*	0,01 a elegir	Coefficient aire/combustible (Lambda) = 0,001 o

II.4. INSTALACION Y PRECAUCIONES DE USO

II.4.1. Instalación y puesta en marcha:

- Instalar el aparato en el lugar previsto. La superficie debe ser horizontal y no debe estar excesivamente expuesta a las vibraciones, al polvo y al frío. No deben existir vapores de gasolina cerca de su emplazamiento.
- Conectar el tubo y la sonda a la entrada del decantador situado sobre la cara trasera.
- No insertar la sonda en el tubo de escape durante esta fase
- * Pulsar el interruptor Encender/Apagar de la estación

II.4.2. Limpieza y precaución de uso

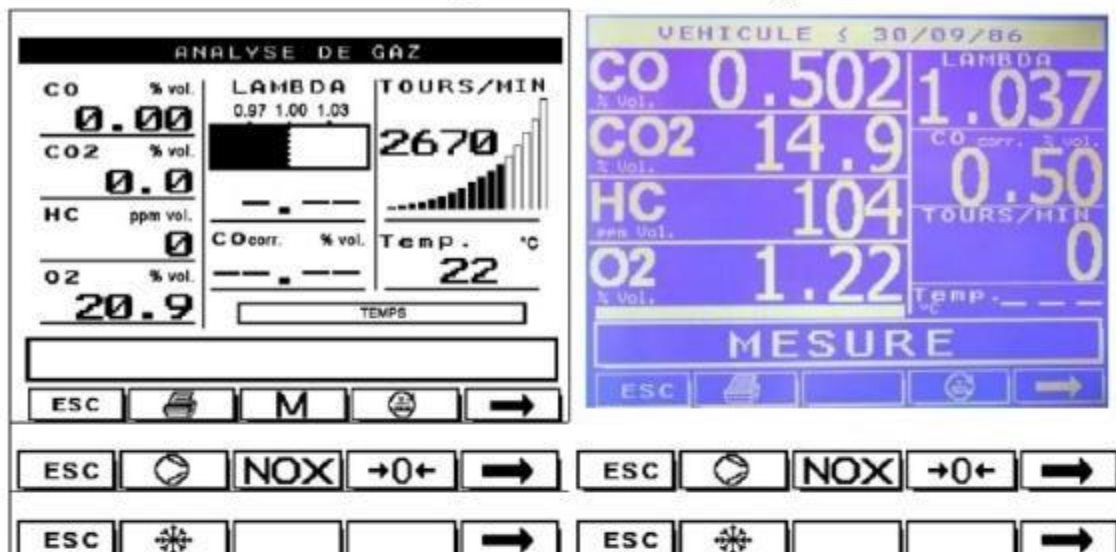
El CAP3201 es un aparato que requiere poco mantenimiento. Sólo requieren mantenimiento por parte del usuario los elementos del circuito neumático por el cual pasa el gas y los situados en el exterior del analizador. Cualquier operación de mantenimiento diferente de las descritas posteriormente debe ser confiada a un agente autorizado por CAPELEC. En cambio, el hecho de no mantener el aparato de acuerdo con estas instrucciones anula la garantía.

Cada tres meses, la condición del circuito incluyendo la tubería, filtros, bombas, electrovalvulas y conectores tienen que ser inspeccionados. También es necesario verificar la precisión del equipo al medir los CO, CO₂, HC, O₂ usando un gaz patron que mezcla estos gases en proporciones conocidas. Esta operación tiene que ser hecha por un organismo autorizado.

II.4.2.1. Mantenimiento semestral

- ◆ Cambiar el filtro del decantador FD,
- ◆ Cambiar los filtros FC y FG,
- ◆ Verificar visualmente que las conexiones de los filtros estén conformes con el esquema del párrafo I.2.4.

II.5.2. Descripción de la interfaz gráfica



HC = hidrocarburos expresados en hexano (visualización en propano posible: ver párrafo II.5.6.1) proporcionado en ppm (partes por millón).

CO = Monóxido de carbono expresado en % en volumen

COcorr. = CO corregido (párrafo III.1.1)


O₂ = Oxígeno expresado en % en volumen.

CO₂ = Dióxido de carbono proporcionado en % en volumen.

λ = Visualización del valor Lambda. Este valor no tiene una unidad particular. Se dice que se trata de un coeficiente o una relación.

r.p.m = Régimen motor en vueltas por minuto.

°C = Medición de la temperatura de aceite expresada en grados Celsius.

 La Tecla de impresión: aparece cuando es posible imprimir.

Pulsando esta tecla, aparece la ventana de mensaje:

F1: IMPRESIÓN
F2: TRANSMISIÓN

Por lo tanto, se puede o bien pulsar F1 para enviar los valores que aparecen en pantalla a la impresora interna o externa (A4), o bien pulsar F2 para enviar las mediciones actuales hacia el concentrador para transferirlas posteriormente hacia el ordenador del centro.

Anexo 13

Impresión de Resultados e Interfaz Grafica del Analizador de Gases Capelec 3201





