

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico Automotriz*

PROYECTO TÉCNICO:

**“ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN
ELECTRÓNICA PROGRAMABLE PARA EL AUMENTO DEL RENDIMIENTO Y
DISMINUCIÓN DE GASES DE ESCAPE CONTAMINANTES EN UN VEHÍCULO
SUZUKI FORSA GA”**

AUTORES:

CARLOS ADRIÁN MONTERO MEJÍA
FREDY BENJAMÍN PAGUAY GUAMÁN

TUTOR:

ING. JUAN FERNANDO CHICA SEGOVIA, MSc.

CUENCA - ECUADOR

2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Carlos Adrián Montero Mejía con documento de identificación N° 1106000977 y Fredy Benjamín Paguay Guamán con documento de identificación N° 0706615820, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales del trabajo de titulación: **“ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA PROGRAMABLE PARA EL AUMENTO DEL RENDIMIENTO Y DISMINUCIÓN DE GASES DE ESCAPE CONTAMINANTES EN UN VEHÍCULO SUZUKI FORSA GA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, septiembre de 2021.



Carlos Adrián Montero Mejía
C.I. 1106000977



Fredy Benjamín Paguay Guamán
C.I. 0706615820

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA PROGRAMABLE PARA EL AUMENTO DEL RENDIMIENTO Y DISMINUCIÓN DE GASES DE ESCAPE CONTAMINANTES EN UN VEHÍCULO SUZUKI FORSA GA”**, realizada por Carlos Adrián Montero Mejía y Fredy Benjamín Paguay Guamán, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, septiembre de 2021.



Ing. Juan Fernando Chica M.Sc.

C.I. 0102220654

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Carlos Adrián Montero Mejía con documento de identificación N° 1106000977 y Fredy Benjamín Paguay Guamán con documento de identificación N° 0706615820, autores del trabajo de titulación: **“ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA PROGRAMABLE PARA EL AUMENTO DEL RENDIMIENTO Y DISMINUCIÓN DE GASES DE ESCAPE CONTAMINANTES EN UN VEHÍCULO SUZUKI FORSA GA”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, septiembre de 2021.



Carlos Adrián Montero Mejía
C.I. 1106000977



Fredy Benjamín Paguay Guamán
C.I. 0706615820

DEDICATORIA

Principalmente quiero dedicar este proyecto al todo poderoso por darme el regalo de la vida, a la virgen del cisne por cuidarme y guiarme como buena madre en estos tiempos y nunca dejarme desmayar en el camino, de igual manera a mi querida madre Norma Mejía por su cariño y comprensión para que siga con mi sueño adelante, a mi padre Edwin Montero que a pesar de la distancia estuvo presente guiándome y acompañándome en este camino para poder realizar mi objetivo, a mis hermanos Ronny, Juan Pablo, Edwin por su carisma durante esta travesía.

De igual forma a mi compañera de vida Ludy por aparecer en el momento indicado y ser la luz de mi camino para guiarme y mantenerme siempre enfocado en mis estudios.

Finalmente, a mis amigos Klever, Juan, Ricky, Fernando, por brindarme los conocimientos para llevar a cabo este proyecto.

Carlos Adrián Montero Mejía

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a Dios por darme salud y bienestar, por ser la fuerza y compañía cuando estaba afligido en tiempos muy difíciles. A mi abuelo y a mi abuela que ahora descansa en el cielo, que siempre me apoyo en todo lo que podía pese a su enfermedad, agradecido con ella infinitamente.

De igual manera dedico mi proyecto de tesis a mis padres Juan Alberto Paguay y María Manuela Guaman, quienes me apoyaron pese a las circunstancias y adversidades que se presentaron en su momento, enseñándome a no rendirme nunca y conseguir mis objetivos siempre con respeto y humildad, a mis hermanos Richard y Jennifer que estuvieron apoyándome durante este proceso de formación académica.

A mis familiares por sus palabras de aliento, a mi tío Juan Pablo Paguay y a mi primo Jorge Patricio Paguay quienes me ayudaron cuando más lo necesitaba, y a mis amigos Steeven, Jeremy, Sergio, Mirian, quienes siempre estuvieron en mis momentos más difíciles en esta travesía llamada vida

Fredy Benjamín Paguay Guamán

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a nuestro padre celestial y a mi Virgen del Cisne por cuidarme y guiarme por el buen camino, a mis padres por darme la oportunidad de continuar con mis estudios, a mi pareja por ser el pilar fundamental, a mi gran amigo José por su apoyo incondicional en todo momento y a mi tío Santiago que me cuida desde el cielo.

Le agradezco a mi tutor el Ing. Fernando Chica, por su paciencia, por el constante apoyo y por todos los conocimientos impartidos para que se vea cristalizado este proyecto.

Agradezco, a la Universidad Politécnica Salesiana, por darme la oportunidad de estudiar la carrera que siempre anhele, también a mis maestros, amigos, compañeros que me impartieron sus conocimientos en todo momento.

Finalmente agradezco a mi compañero de tesis, por el constante empeño para llevar a cabo este proyecto.

Carlos Adrián Montero Mejía

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser mi fortaleza en momentos difíciles, por darme oportunidad de seguir en vida y poder cumplir mis metas. Agradezco a mis padres Juan Paguay y María Guamán por ser mi inspiración quienes con sus sacrificios y ayuda incondicional me han permitido culminar esta travesía universitaria.

Quiero expresar mi gratitud al Ing. Juan Fernando Chica por su paciencia, apoyo e impartición de sus conocimientos y experiencias quienes fueron bases para el desarrollo del proyecto.

De igual manera agradezco a docentes y compañeros de la facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz UPS, quienes con sus enseñanzas me han permitido crecer en mi formación profesional.

Finalmente agradezco a mi compañero de tesis, por su paciencia y el arduo compromiso de trabajo que demostró durante toda esta travesía universitaria e hizo posible culminar este proyecto.

Fredy Benjamín Paguay Guamán

RESUMEN

El presente proyecto redacta la implementación de un sistema de inyección electrónica programable en un vehículo Suzuki GA equipado con sistema a carburación, con el fin de reducir el consumo de combustible, incrementar la potencia del motor y, por ende, disminuir la emisión de gases contaminantes que son generados por la combustión en sistemas convencionales a carburador, logrando así tener un sistema menos dañino para el ambiente.

El proyecto contiene una investigación bibliográfica que abarca temas sobre la inyección electrónica, elementos que lo conforman, sensores, actuadores, selección de piezas etc., y también pruebas de potencia, consumo, emisión de gases, mismas que son realizadas en un banco dinamométrico y un analizador de gases que ayudaran para saber el estado del motor previo a la implementación del sistema de inyección electrónico. Para ejecutar este proyecto se necesita una ECU que sea programable, misma que va permitir ajustar la mezcla estequiométrica de 14,7 a 1 entre aire-combustible, con esta mezcla ideal se consigue un Lambda de 1, es decir, la mezcla no será muy rica tampoco muy pobre durante la ignición, logrando así la disminución de gases nocivos que se dan en el escape y así mismo una reducción del consumo de combustible.

En conclusión, el proyecto de tesis habla de un sistema electrónico en comparación a un sistema convencional, mostrando resultados beneficiosos con respecto a la contaminación, consumo, y potencia en base a pruebas y resultados obtenidos de la comparación entre ambos sistemas, demostrando así las ventajas y beneficios que tiene un sistema a inyección electrónica.

Palabras claves: emisión de gases, sistema convencional, previo, dañino, lambda, gases nocivos, estequiometria.

ABSTRACT

The present project drafts the implementation of a programmable electronic injection system in a Suzuki GA vehicle equipped with a carburettor system, with the aim of reducing fuel consumption, increasing engine power and, therefore, reducing the emission of polluting gases generated by combustion in conventional carburettor systems, thus achieving a system that is less harmful to the environment.

Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)The project contains a bibliographic research that covers topics on electronic injection, elements that comprise it, sensors, actuators, selection of parts, etc., and also tests of power, consumption, gas emission that are carried out on a dynamometric bench and an analyzer of gases that will help to know the state of the engine prior to the implementation of the electronic injection system. To execute this project, a programmable ECU is needed, which will allow the stoichiometric mixture of 14.7 to 1 between air and fuel to be adjusted. With this ideal mixture, a Lambda of 1 is achieved, i.e. the mixture will not be too rich or too lean during ignition, thus achieving a reduction in harmful gases in the exhaust and a reduction in fuel consumption.

In conclusion, the thesis project talks about an electronic system in comparison to a conventional system, showing beneficial results with respect to pollution, consumption, and power based on tests and results obtained from the comparison between both systems, thus demonstrating the advantages and benefits of an electronic injection system.

Keywords: gas emission, conventional system, previous, harmful, lambda, harmful gases, stoichiometry.

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. PROBLEMA DE ESTUDIO	2
III. ANTECEDENTES	2
IV. IMPORTANCIA Y ALCANCE	3
V. DELIMITACIÓN GEOGRAFICA	4
VI. OBJETIVOS.....	4
a. OBJETIVO GENERAL.....	4
b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1. ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE SOBRE SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA PROGRAMABLE.	6
1.1. SISTEMA DE COMBUSTIBLE CONVENCIONAL.....	6
1.2. FUNCIONAMIENTO DEL CARBURADOR.....	6
1.3. EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE.....	8
1.4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA	9
1.5. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN	10
1.5.1. SEGÚN EL LUGAR DONDE INYECTAN	10
1.5.2. SEGÚN EL NÚMERO DE INYECTORES	11

1.5.3.	SEGÚN EL NÚMERO DE INYECCIONES:	12
1.6.	VENTAJAS DE LA INYECCIÓN.....	13
1.7.	UNIDAD DE CONTROL ELÉCTRICO (ECU).	14
1.8.	FUNCIONES DE LA ECU	14
1.9.	UNIDAD DE CONTROL PROGRAMABLE	16
1.10.	SENSORES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRONICA	18
1.10.1.	SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (ECT)	18
1.10.2.	SENSOR DE TEMPERATURA DE AIRE DEL MOTOR (IAT)	20
1.10.3.	SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN (MAP)	21
1.10.4.	SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN (TPS)..	22
1.10.5.	SENSOR DE OXÍGENO.....	23
1.10.6.	SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL (CKP).....	24
1.10.7.	SENSOR DE FLUJO DE AIRE (MAF).	26
1.11.	ACTUADORES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN	28
1.11.1.	BOMBA DE COMBUSTIBLE.	28
1.11.2.	INYECTORES.....	29
1.11.3.	BOBINA DE ENCENDIDO.....	30
1.11.4.	VÁLVULA IAC	33
1.12.	COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN.....	34

1.12.1. FILTRO DE COMBUSTIBLE	34
1.12.2. REGULADOR DE PRESIÓN	35
1.12.3. RIEL DE INYECTORES	35
1.12.4. TANQUE DE COMBUSTIBLE.....	36
1.13. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ADMISIÓN	37
1.13.1. CUERPO DE ACELERACIÓN.....	37
1.13.2. MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.	38
1.13.3. FILTRO DE AIRE	39
2. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL MOTOR GA.	40
2.1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL MOTOR SUZUKI FORSA GA	40
2.2. PRUEBA ANTES DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE INYECCIÓN.....	41
2.3. PRUEBAS DEL ESTADO DEL MOTOR.....	41
2.3.1. PRUEBA DE COMPRESIÓN	41
2.3.2. PRUEBA DE FUGA.....	42
2.4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR.....	43
2.4.1. PRUEBA DE POTENCIA.	44
2.4.2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON LOS DATOS TÉCNICOS	47
2.4.3. PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.	48
2.4.4. CALCULO DE CONSUMO.....	50

2.4.5.	PRUEBAS DE GASES CONTAMINANTES	53
2.4.6.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON LA NORMA TECNICA ECUATORIANA.....	56
3.	SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA.....	57
3.1.	SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE VAN A CONFORMAR EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA	57
3.2.	ELEMENTOS.....	58
3.2.1.	ECU.....	58
3.2.2	MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.....	59
3.2.3	CUERPO DE ACELERACIÓN.....	60
3.2.4.	RIEL DE INYECTORES.....	61
3.2.5.	FILTRO DE AIRE	61
3.2.6	MANGUERA DE ADMISIÓN	62
3.2.7	FILTRO DE COMBUSTIBLE	63
3.2.8.	RUEDA FÓNICA	63
3.3.	SENSORES	64
3.3.1	MAP (sensor presión absoluta en el colector de admisión).	64
3.3.2.	CKP (sensor posición y velocidad del cigüeñal).....	65
3.3.3.	TPS (sensor posición de acelerador).	65
3.3.4.	ECT (sensor temperatura de refrigerante).....	66

3.3.5.	IAT (sensor de temperatura de admisión).....	66
3.3.6.	KNOCK (Sensor de detonación).....	67
3.3.7.	Wideband	67
3.4.	ACTUADORES	68
3.4.1.	IAC (válvula controlador de aire en ralentí).	68
3.4.2.	Bobinas de encendido.....	69
3.4.3.	Inyectores	69
3.4.4.	Bomba de combustible	71
3.5.	IMPLEMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE VAN A CONFORMAR EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA.....	72
3.5.1.	Sistema de admisión de aire	72
3.5.2.	Sistema de escape.....	73
3.5.3.	Sistema de alimentación de combustible.	74
3.5.4.	Rueda fónica.....	74
3.6.	IMPLEMENTACIÓN DE LOS SENSORES	75
3.6.1.	MAP (sensor presión absoluta en el colector de admisión).	75
3.6.2.	CKP (sensor posición y velocidad del cigüeñal).....	76
3.6.3.	TPS (sensor de posición del acelerador).	77
3.6.4.	ECT (sensor de temperatura de refrigerante).	77
3.6.5.	IAT (sensor de temperatura de admisión).	78

3.6.6.	Knock (Sensor de detonación)	78
3.6.7.	Wideband	79
3.6.8.	Bobina de encendido.....	80
3.6.9.	Inyectores	80
3.6.10.	Bomba de combustible	81
3.6.11.	Unidad de control electrónica MS3.....	82
3.7.	PROGRAMACIÓN DE LA ECU PROGRAMABLE MS3	85
3.7.1.	Creación de un nuevo proyecto	85
3.7.2.	Propiedades del proyecto	86
3.7.3.	Parámetros de comunicaciones	86
3.7.4.	Pantalla de comunicación.....	86
3.8.	CONFIGURACIONES BÁSICAS ANTES DEL PRIMER ARRANQUE	87
3.8.1.	Calibración del TPS	87
3.8.2.	Calibración del MAP.....	87
3.8.3.	Calibración del ECT.....	88
3.8.4.	Calibración del IAT.....	89
3.8.5.	Configuración secuencial y del motor.....	90
3.8.6.	Cálculo del requerimiento de combustible.....	91
3.8.7.	Configuración de inyección secuencial.....	92
3.8.8.	Calibración del voltaje de la batería.....	93

3.8.9.	Configuración de encendido.....	93
3.9.	MAPAS DE INYECCIÓN	94
3.9.1.	Tablas de encendido	95
3.9.2.	Tablas de combustible VE 1 Y VE3	96
3.9.3.	Check Engine	98
4.	EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR GA A INYECCIÓN ELECTRÓNICA.....	99
4.1	PRUEBA DESPUES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRONICO PROGRAMABLE.....	99
4.1.1.	PRUEBA DE POTENCIA.....	99
4.1.2.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE POTENCIA Y TORQUE.....	101
4.1.3.	PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	104
4.1.4.	CALCULO DE CONSUMO.....	106
4.1.5.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE 108	
4.1.6.	PRUEBA DE GASES CONTAMINANTES.....	109
4.1.7.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE GASES CONTAMINANTES....	110
VII.	MARCO METODOLOGICO	114
VIII.	RESULTADOS	116
IX.	CONCLUSIONES.....	118
X.	RECOMENDACIONES.....	120

XI. BIBLIOGRAFIA.....	121
------------------------------	------------

XII. ANEXOS.....	123
-------------------------	------------

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Sensor ECT	19
Imagen 2: Sensor IAT	20
Imagen 3: Sensor MAP	21
Imagen 4: Sensor TPS	22
Imagen 5: Sensor de Oxigeno	23
Imagen 6: Sensor CKP	24
Imagen 7: Sensor MAF	27
Imagen 8: Bomba generador de presion de combustible	28
Imagen 9: Inyectores	29
Imagen 10: Bobina de encendido	30
Imagen 11: Bobina de encendido DIS	31
Imagen 12: Bobina de encendido independiente	32
Imagen 13: Válvula IAC	33
Imagen 14: Filtro de combustible	34
Imagen 15: Regulador de presión	35
Imagen 16: Riel de inyectores.....	36
Imagen 17: Tanque de combustible	36
Imagen 18: Cuerpo de aceleración.....	38
Imagen 19: Múltiple de admisión	39

Imagen 20: Filtro de aire	39
Imagen 21: Dinamómetro	44
Imagen 22: Probeta	49
Imagen 23: Colocación del analizador de gases	54
Imagen 24: Analizador de gases	55
Imagen 25: Ecu MS3.....	59
Imagen 26: Múltiple de admisión	60
Imagen 27: Cuerpo de aceleración.....	60
Imagen 28: Riel de inyectores.....	61
Imagen 29: Filtro de aire	62
Imagen 30: Manguera de admisión	62
Imagen 31: Filtro de combustible	63
Imagen 32: Rueda fónica	64
Imagen 33: MAP (sensor presión absoluta en el colector de admisión).....	64
Imagen 34: CKP (sensor de posición y velocidad del cigüeñal).....	65
Imagen 35: TPS (sensor de posición del acelerador)	66
Imagen 36: ECT (sensor de temperatura de refrigerante).....	66
Imagen 37: IAT (sensor de temperatura de admisión).....	67
Imagen 38: Knock (Sensor de detonación)	67
Imagen 39: Wideband	68
Imagen 40: IAC (válvula de control de aire en ralentí)	68
Imagen 41: Bobinas de encendido	69
Imagen 42: Inyectores	71
Imagen 43: Bomba de combustible.....	71

Imagen 44: Sistema de inyección electrónica	72
Imagen 45: Sistema de admisión de aire	73
Imagen 46: Sistema de escape.....	73
Imagen 47: Sistema de alimentación de combustible	74
Imagen 48: Rueda fónica	75
Imagen 49: MAP (sensor presión absoluta en el colector de admisión)	76
Imagen 50: CKP (sensor de posición y velocidad del cigüeñal).....	76
Imagen 51: TPS (sensor de posición del acelerador)	77
Imagen 52: ECT (sensor de temperatura de refrigerante).....	78
Imagen 53: IAT (sensor de temperatura de admisión).....	78
Imagen 54: Knock (Sensor de detonación)	79
Imagen 55: Wideband	79
Imagen 56: Bobina de encendido	80
Imagen 57: Inyectores	81
Imagen 58: Bomba de combustible.....	81
Imagen 59: Ecu MS3.....	84
Imagen 60: Probeta	104
Imagen 61: Analizador de gases con el sistema de inyección electrónica programable.....	109
Imagen 62: Analizador de gases con el catalizador	112

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Carburador, tubo de Venturi.....	7
Figura 2: Inyección indirecta y directa	11
Figura 3: Inyección monopunto	11
Figura 4: Inyección multipunto.....	12
Figura 5: Onda del Sensor CKP tipo Hall.....	25
Figura 6: Onda del Sensor CKP inductivo.....	26
Figura 7: Grafica de medicion de potencia Suzuki Forsa GA	45
Figura 8: Unidad de control electrónica MS3	82
Figura 9: TunerStudio MS.	85
Figura 10: Pantalla estándar de comunicación.....	86
Figura 11: Calibración del TPS.....	87
Figura 12: Calibración del MAP.....	88
Figura 13: Calibración del ECT.....	89
Figura 14: Calibración del IAT	90
Figura 15: Configuración secuencial y del motor.....	91
Figura 16: Cálculo del requerimiento de combustible	92
Figura 17: Configuración de inyección secuencial	92
Figura 18: Calibración del voltaje de la batería	93
Figura 19: Configuración de encendido.....	94
Figura 20: Tabla de encendido 1 mapa ecológico	95
Figura 21: Tabla de encendido 3 mapa deportivo.....	96
Figura 22: Tabla de combustible VE 1 mapa eco	97
Figura 23: Tabla de combustible VE 3 mapa sport.....	97

Figura 24: Check Engine	98
Figura 25: Grafica de potencia y torque con el sistema de inyección electrónico implementado	99

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ficha técnica.....	40
Tabla 2: Valores obtenidos durante la medición (PSI)	42
Tabla 3: Valores obtenidos durante la medición de fugas.	43
Tabla 4: Datos obtenidos en el banco dinamométrico.	45
Tabla 5: Datos técnicos de potencia y torque del Suzuki Forsa GA	47
Tabla 6: Datos obtenidos del banco dinamométrico.	47
Tabla 7: Observación de datos con el motor estándar.....	48
Tabla 8: Datos de carretera	49
Tabla 9: Datos de ciudad.....	50
Tabla 10: Emisión de gases contaminantes límites máximos permitidos.....	53
Tabla 11: Porcentajes de emisión según el tipo de motor.....	54
Tabla 12: Valores obtenidos en el analizador de gases.....	55
Tabla 13: Análisis de datos de las emisiones de gases de escape.	56
Tabla 14: Elementos que van a conformar el sistema de inyección electrónico.....	57
Tabla 15: Comparación de ecu programables	58
Tabla 16: Conexión de la unidad de control	82
Tabla 17: Valores obtenidos con el sistema de inyección implementado.....	100
Tabla 18: Comparación de datos del sistema implementado	101

Tabla 19: Comparación de datos del sistema implementado	103
Tabla 20: Prueba de carretera con el sistema implementado	105
Tabla 21: Prueba de ciudad con el sistema implementado	106
Tabla 22: Comparación de datos	108
Tabla 23: Datos de emisión con el sistema de inyección electrónica programable.	110
Tabla 24: Comparación de emisiones entre sistemas.....	110
Tabla 25: Comparación de emisiones con la norma INEN	111
Tabla 26: Datos de emisión con el catalizador.....	113
Tabla 27: Comparación de emisiones con un catalizador	113

I. INTRODUCCIÓN

Debido a la necesidad de mejorar el rendimiento del motor de combustión interna, disminuir los gases contaminantes y reducir el consumo de combustible del vehículo Suzuki Forsa GA, se opta por estudiar y aplicar el sistema de inyección electrónica programable que supera por mucho al clásico carburador.

Aunque el uso del carburador haya desempeñado un papel importante como obtener una mezcla de aire-combustible muy basta y la facilidad de reparación o remplazo de la misma, en su momento resolvería problemas al motor. Sin embargo, ante la dificultad de controlar el consumo de combustible y a la creciente contaminación del aire en el transcurso de los años, es reemplazado por sistemas electrónicos que logran obtener una eficiencia en el consumo de combustible y una disminución en las emisiones de gases producto de una mala combustión, de manera que la mezcla aire-combustible se pueda realizar de la forma más homogénea y dosificada posible, aprovechando al máximo el combustible.

Por lo tanto, se realiza un estudio minucioso sobre los componentes que forman parte del sistema electrónico que se implementará en el vehículo, con el fin de reducir el consumo de combustible y los gases contaminantes como son: CO, NO_x, HC., mismas que serán controlados por la unidad de control electrónica (ECU) programable, permitiendo realizar una mezcla estequiométrica; además permite ajustar la cantidad de combustible necesario al motor, y así obtener un aumento de potencia y una mejor respuesta del motor en las diferentes condiciones de funcionamiento.

II. PROBLEMA DE ESTUDIO

Los vehículos Suzuki Forsa GA fueron comercializados desde el año 1988 y debido a su bajo costo de reparación y mantenimiento se encuentran circulando hasta la actualidad; sin embargo, al poseer un sistema a carburador, no es posible que la mezcla aire- gasolina sea preparada de manera eficiente, lo cual repercute directamente en la pérdida de torque, baja eficiencia, menor rendimiento del motor y potencia, elevado consumo de combustible y por ende un mayor número de gases contaminantes como son: CO, NOx, HC, siendo este último el más influyente, ya que según la norma (INEN_2204, 2017), vigente de emisiones contaminantes, los límites máximos permitidos en ralentí para vehículos de 1990-1999 debe ser el % CO 3.5 y el HC ppm de 650, para lo cual estos sistemas representan emisiones elevadas para la época actual.

III. ANTECEDENTES

El carburador logro su máximo apogeo en el año de 1980, este era el elemento indispensable para formar la mezcla aire-combustible para la combustión, en la actualidad con los continuos avances de la industria automotriz lo que se busca es tener una mejor optimización en el desempeño del motor, además de reducir las emisiones de gases contaminantes, es por eso que se ha ido reemplazando paulatinamente el carburador por elementos más modernos como es el sistema de inyección electrónica con la finalidad de obtener una mezcla estequiométrica ideal, evitando tener mezclas demasiados pobres o muy ricas.

La finalidad que tiene este proyecto es la de implementar un sistema de inyección electrónico en un motor GA, el cual es alimentado por un sistema a carburación, en el cual se podrá variar ciertos parámetros para tener un mejor rendimiento del motor, a su vez de mejorar

la potencia, limitar el consumo de gasolina y disminuir los gases dañinos que son desalojados por el escape al medio ambiente.

IV. IMPORTANCIA Y ALCANCE

El presente proyecto pretende contribuir de forma técnica e investigativa a la mejora de la problemática ambiental, ocasionado por los gases contaminantes que se producen en el sector automotor, ya que según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en Ecuador existen 705.963 autos de más de 12 años con sistema convencional. Incluyendo el vehículo Suzuki Forsa GA.

La importancia de estudiar este problema es que el carburador responsable de la dosificación de combustible no logra su propósito de manera precisa y efectiva. Pues al implementar la inyección electrónica programable, se logrará reducir el consumo excesivo de combustible e incrementará la potencia del motor, de manera que el vehículo pueda recorrer mayores distancias con menos combustible, reduciendo así en gran medida las emisiones contaminantes.

El presente proyecto beneficiará al Grupo de Investigación de Ingeniería del Transporte (GIIT), en la línea de eficiencia energética y contaminación ambiental, de la Universidad Salesiana de Cuenca y también a una generación de estudiantes e investigadores quienes podrán emitir estándares bien fundamentados para las principales causas de contaminación ambiental y posibles soluciones alternativas relacionados con el campo de la automoción.

V. DELIMITACIÓN GEOGRAFICA

El presente proyecto técnico, se delimita en el estudio e implementación del sistema de inyección electrónica programable con el fin de aumentar el rendimiento y disminución de gases de escape contaminantes en el vehículo Suzuki Forsa GA en la ciudad de Cuenca (Ecuador), con el objetivo de reducir un mayor número de gases contaminantes, basándose en los datos tolerados de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean combustible como indica la norma INEN del Ecuador.

VI. OBJETIVOS

a. OBJETIVO GENERAL

- Estudiar e implementar un sistema de inyección electrónica programable mediante pruebas de laboratorio para el aumento del rendimiento y disminución de gases de escape contaminantes en un vehículo Suzuki Forsa GA.

b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar el estado del arte mediante la revisión bibliográfica para la determinación de sistemas de inyección electrónica programable aplicables a vehículos a carburador.
- Analizar el funcionamiento del motor mediante equipos y procesos de diagnóstico automotriz para la determinación del estado actual del motor GA.

- Seleccionar un sistema de inyección electrónica programable mediante parámetros de cilindrada, torque y potencia para la implementación en el motor del vehículo.
- Evaluar el funcionamiento del motor mediante pruebas de laboratorio y carretera para los respectivos ajustes en la programación del sistema de inyección multipunto, con respecto a la mejora de la eficiencia del motor y la disminución de emisiones de gases de escape.

1. ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE SOBRE SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA PROGRAMABLE.

1.1. SISTEMA DE COMBUSTIBLE CONVENCIONAL

El sistema de combustible ha cambiado en los últimos años, sobre todo por la inclusión de la electrónica; pero su función sigue siendo la misma: administrar el flujo de combustible hacia el motor cuyo principal componente es el carburador.

Este componente va instalado en el sistema de combustible de los motores convencionales, y se utiliza para formar la mezcla aire-combustible con que se produce la combustión. Su trabajo consiste en atomizar y vaporizar la gasolina para mezclarla con el aire admitido en el motor, en las proporciones adecuadas para que se lleven a cabo: el arranque, la marcha en ralentí, la aceleración y la generación de la potencia requerida, dependiendo de los regímenes de operación y de las distintas velocidades desarrolladas por el motor.

1.2. FUNCIONAMIENTO DEL CARBURADOR

La operación del carburador descansa en un tubo de Venturi, el cual consiste en una sección angosta dentro del carburador, justamente en el pasaje del aire, para crear un vacío parcial en esta zona.

Según el principio de Venturi, cuando a través de una zona estrecha de un tubo pasa la misma cantidad de aire que en el resto del conducto, la velocidad del aire será mayor en ese

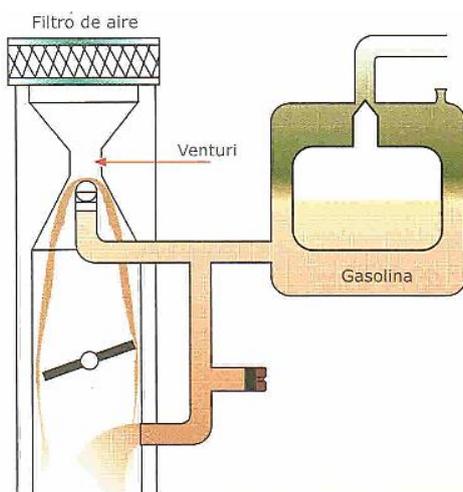
punto más angosto y, por lo tanto, menor será la presión. Así, a mayor velocidad del aire en el Venturi menor será la presión; y de ahí, precisamente, el origen del vacío generado en esa zona.

Esta menor presión (un vacío, en realidad) succiona el combustible y lo atomiza en forma de rocío debido al empleo de una esprea (tornillo pequeño con un agujero calibrado) localizada justamente en el punto más angosto de la sección.

Así, *“mientras más rápido pase el flujo de aire a través del Venturi mayor será la cantidad de combustible entregada por la esprea, para mezclarla con la corriente del flujo de aire”*. (Benitez & Ochoa, 2018)

Figura 1

Carburador, tubo de Venturi.



Fuente: Benítez, R. (2018) Carburador. (Figura). Recuperado de <https://www.mecanicoautomotriz.org>

Desde la creación del primer sistema de administración de combustible, el funcionamiento del sistema convencional (carburador) fue mejorando a través de los años, para

cumplir de manera óptima sus objetivos; y así, llego hasta la nueva tecnología del sistema de inyección electrónica de combustible. Veamos cómo ha evolucionado el sistema convencional.

1.3. EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE

El sistema de combustible ha cambiado mucho en el transcurso del tiempo; la historia del carburador se remonta a los primeros días donde se utilizó este sistema. Hoy en día existen muchas razones para hacer uso de la inyección de combustible, mismas que están relacionadas con las deficiencias de los carburadores modernos, la sofisticación y la falta de volubilidad de los carburadores antiguos.

Esto preparó el sendero a realizar las primeras aplicaciones del sistema de inyección electrónica, que sin embargo no puede desligarse de la historia del sistema de combustible convencional.

En 1824, el inventor norteamericano Samuel Morey y el abogado inglés Erskine Hazard crearon el primer carburador para un motor de tipo atmosférico. Este motor funcionaba sin compresión; funcionaba mediante un precalentado, para favorecer la evaporación.

De 1848 a 1850, el doctor estadounidense Alfred Drake hizo pruebas con los motores de combustión; trató de utilizar gasolina en vez de gas. En el proceso, creó varios tipos de carburadores. En 1883, Edward Butler y otros científicos desarrollaron sistemas precursores de la inyección de combustible; pero tuvieron auge sólo en la aviación.

En 1884 fernand forest, mecánico e inventor, construyo un carburador que incluía una cámara de flotador y una boquilla con rociador de combustible; lo adaptó en un nuevo motor.

En 1886, Carl Benz mejoro el carburador de superficie; le agrego una válvula de flotador, para asegurar un nivel constante de combustible. Hubo que esperar hasta 1957, para que el sistema de inyección fuese aplicado en automóviles: Chevrolet lanzó un sistema mecánico de inyección de combustible, al que dio el nombre de Rochester; se utilizó en el Corvette; hasta 1967.

A partir de 1993, la mayoría de los automóviles usan un sistema de alimentación de combustible controlado por un sistema de inyección electrónica.

1.4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA

Cuando se da arranque en el auto, los pistones ubicados dentro del motor empiezan a subir y bajar, entonces el sensor de rotación que mide la velocidad angular del vehículo mediante señales eléctricas envía información sobre la rotación del motor que se está efectuando, hacia la unidad de mando.

En el múltiple de admisión al momento que el pistón desciende, se da la aspiración del aire de la atmosfera, pasando por el medidor de flujo y la mariposa de aceleración, llegando así a cada uno de los cilindros del motor.

El sensor de flujo de aire envía información a la ecu sobre la cantidad de aire que ha ingresado, misma que, mediante cálculos que se realizan dentro de la computadora de la ECU, se puede obtener la cantidad de combustible necesario para la cantidad de aire ingresado, de esta manera, la unidad de control envía señales hacia las válvulas de inyección para suministrar la cantidad ideal de combustible y así realizar una mezcla aire-combustible de manera eficiente, logrando así una combustión idónea en los cilindros.

Es decir, el proceso que se lleva a cabo en el sistema de inyección electrónica es encargarse de realizar cálculos necesarios para poder determinar la cantidad exacta de combustible que se requiere conforme a la cantidad de aire que ingresa al múltiple de admisión, logrando así, una mezcla aire-combustible más eficiente. De esta manera, al tener una mezcla ideal aumenta el rendimiento del motor y por ende reduce la emisión de gases de escape contaminantes.

1.5. INYECCIÓN Y SU CLASIFICACIÓN

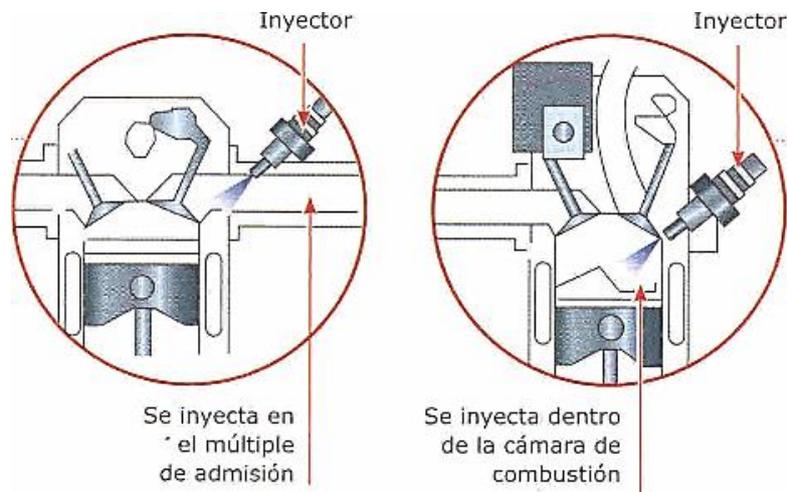
Se clasifican en función de 3 características:

- El lugar donde se inyecta.
- El número que posea de inyectores.
- El número de inyección.

1.5.1. EL LUGAR DONDE INYECTAN

Inyección Indirecta: La inyección de gasolina no es introducida directamente en el cilindro si no fuera de esta es decir en el múltiple de admisión.

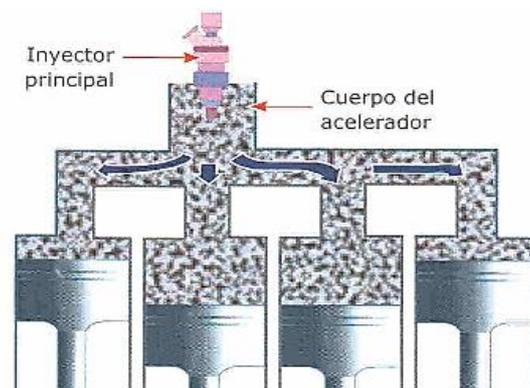
Inyección Directa: La gasolina es inyectada de forma directa en la cámara de combustión. Es un sistema muy efectivo de inyección se puede reducir drásticamente el consumo, logrando mejorar la combustión al reducir los gases contaminantes.

Figura 2*Inyección indirecta y directa.*

Fuente: Benítez, R. (2018) Sistema de inyección. (figura). Recuperado de <https://www.mecanicoautomotriz.org>

1.5.2. EL NÚMERO DE INYECTOR

Inyección Monopunto: Detrás de la mariposa de admisión, todos los cilindros tienen un solo inyector de combustible para producir la inyección en el colector de admisión.

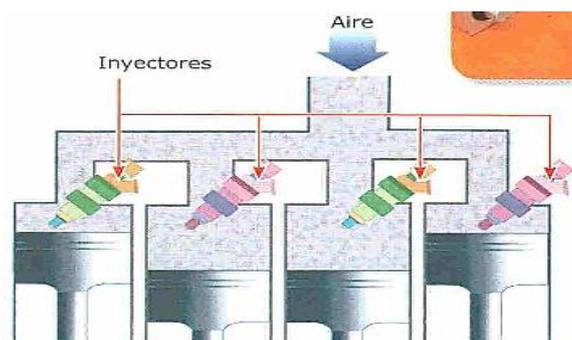
Figura 3*Inyección monopunto.*

Fuente: Benítez, R. (2018) Sistema de inyección. (figura). Recuperado de <https://www.mecanicoautomotriz.org>

Inyección Multipunto: Cada cilindro tiene un inyector y la inyección puede realizarse en el colector de admisión o directamente en el cilindro. Este tipo de inyección es mucho más eficiente que la monopunto.

Figura 4

Inyección multipunto.



Fuente: Benítez, R. (2018) Sistema de inyección. (figura). Recuperado de <https://www.mecanicoautomotriz.org>

1.5.3. EL NÚMERO DE INYECCIÓN:

Inyección Continua: La gasolina se inyecta continuamente dentro del colector de admisión a una determinada presión y relación, la presión puede ser constante o puede variar según los diferentes parámetros del sistema utilizado.

Inyección Intermitente: El inyector introduce gasolina durante tiempos determinados, es decir; la inyección lo hace mediante la señal que reciben de la ECU. A continuación, se presenta tres tipos de inyección en la que se divide:

- **Inyección Secuencial:** Se inyecta la gasolina en la apertura de la válvula de admisión, actuando los inyectores en diferentes tiempos.

- **Inyección Semi-secuencial:** El combustible se inyecta en el cilindro, haciendo que se abran y cierran los inyectores de dos en dos.
- **Inyección Simultánea:** En los inyectores la pulverización del combustible se realiza al mismo tiempo, debido a que todos se abren y cierran simultáneamente.

1.6. VENTAJAS DE LA INYECCIÓN

Consumo reducido: Al ser un sistema a carburador la mezcla aire-combustible son desiguales, es por esto, que al ser una inyección electrónica proporciona mezclas estequiométricas para cada uno de los cilindros, logrando de esa manera la optimización del combustible para cada régimen que el motor necesite.

Mayor potencia: El sistema de inyección electrónica genera una presión de combustible elevada, la cual es muy precisa y por ende se obtiene un incremento en la potencia y en el par motor.

Menos contaminación: El sistema de la inyección electrónica mediante sensores y actuadores que posee, permiten regular los gases contaminantes de escape de acuerdo a las normas de control de emisiones que se establecen previamente a su funcionamiento. De esta manera, el sistema de inyección electrónica controlara las emisiones que se den en cada régimen del motor en comparación con el sistema convencional, en la cual, no tiene control ninguno de la emisión de gases contaminantes, lo que provoca una mayor contaminación a diferencia del sistema electrónico.

1.7. UNIDAD DE CONTROL ELÉCTRICO (ECU)

En esta nueva era la tecnología actual ha permitido abrir diversas soluciones en cuanto al control del vehículo. Hoy en día existen muchas formas y programas de medición influyentes que permiten controlar a todo el sistema de inyección de manera simultánea. La ECU (unidad de control electrónica) recibe la señal de cada sensor, las evalúa, calcula y envía en respuesta toda señal de activación hacia los diferentes actuadores. El programa de control se almacena en la memoria, la ejecución del programa se asigna al microcontrolador, por lo que se conoce o se denomina como: ECU, CPU, ECM, etc.

La ECU a través de un microprocesador, recopila y procesa información y envía señales para activar múltiples circuitos en el actuador.

Los microprocesadores primordiales son RAM, ROM y PROM, estos 3 procesadores son lo esencial de la CPU.

1.8. FUNCION DE LA UNIDAD DE CONTROL ECU

La unidad de control tiene la capacidad de manipular múltiples tareas en el vehículo. Proporcionando el control sofisticado y el más preciso posible. Las funciones que maneja la ECU son:

Controlar la inyección de gasolina: la ECU determina el porcentaje de gasolina que será inyectado en función de parámetros adquiridos. Al momento que el acelerador es presionado a fondo, la ECU recibe esa información lo que hará inyectar combustible

dependiendo de la cantidad de aire que ingrese en el motor. El motor cuando esta frio el ecu enriquece la mezcla hasta alcanzar la temperatura requerida para su óptimo funcionamiento.

Controlar el tiempo de inyección: Los motores de encendido requieren de una chispa eléctrica en la cámara de combustión para iniciar la combustión. La ECU ajusta el tiempo de encendido para entregar más potencia y por ende reducir el consumo de combustible.

Controlar la distribución de válvulas: Algunos motores tienen sincronización de válvulas. En tales motores, una unidad de control electrónico controla el tiempo de apertura de la válvula durante el ciclo del motor. Es decir, las válvulas se abren a mayor velocidad que a bajas, optimizando el flujo de aire hacia los cilindros, aumentando la potencia y evitando una mala combustión del combustible.

Control de la bomba de combustible en ralentí: La ECU gestiona el voltaje suministrado a la bomba de combustible. Esto puede reducir el voltaje aplicado a la bomba, reducir el ruido de la bomba de combustible y reducir el consumo de energía eléctrica en ralentí.

Auto-Diagnostico: La ECU comprueba las señales de entrada y salida del sistema que sean normales y funcionen óptimamente.

Controlar el régimen de marcha en vacío: La ecu en base a las señales de los sensores y carga del motor ajusta el régimen de marcha lo más optimo posible.

Control Ralentí: Cuando existen muchos interruptores de carga activados o si en la batería el voltaje es muy bajo, esta incrementara el régimen de marcha en vacío.

Control regulador de presión: cuando el motor está en marcha con la temperatura de refrigerante muy elevada, incrementa eventualmente la presión de combustible.

1.9. UNIDAD DE CONTROL PROGRAMABLE

Los avances en los elementos de preparación del motor como sistemas turbo, sistemas de inyección y cuerpos de mariposa individuales. Mas la facilidad de acceder a estas disposiciones por parte de usuarios no profesionales, dio a conocer que las ECU originales tienen límites en sus capacidades. Es así, que se dan a conocer y usar las ECUS programables, la unidad de control programable permite ajustar y cambiar los parámetros habituales del motor de forma más efectiva como son: la inyección de combustible, avance del tiempo de encendido, etc., *“sino también que muchas de ellas ofrecen opciones extras, como el control de tracción.”* (Cabrera, 2009)

La ECU programable es requerida en circunstancias donde se necesita una modificación importante para el proceder final del motor; Otorgando características de funcionamiento del motor y por ende ser modificado como, por ejemplo, la cantidad de gasolina que es inyectada en los cilindros, la mezcla adecuada de oxígeno y combustible óptimos para el motor o parámetros específicos que requiera el vehículo. Es por esto, que una ECU antigua no proporciona un control adecuado con las nuevas configuraciones que se realicen, en estos casos, una ECU programable es una alternativa confiable, ya que estas tienen la facilidad de ser programadas (mapeadas) mediante la conexión de un cable USB hacia un ordenador, todo esto cuando el switch del carro este encendido.

La unidad programable controla la porción de combustible que se inyecta hacia los cilindros, variando la cantidad de combustible según las revoluciones del motor y la abertura de la mariposa del cuerpo de aceleracion. De esta manera, con los datos definidos de las revoluciones del motor y de la posición del acelerador, que ajustadas mediante hojas de cálculos

que se ejecuta dentro de la programación, se determina de manera precisa la cantidad de combustible que se debe inyectar en cada cilindro.

Variando valores mediante la utilización del sensor de oxígeno o wideband se monitoriza el escape para ajustar la mezcla estequiométrica de manera eficaz, de esta manera se inyecta de forma proporcional la cantidad de gasolina en el motor en cada régimen de revoluciones y carga del motor.

Los distintos parámetros que frecuentemente son programados:

- **Ignición:** Establece el momento en que la bujía debe de generar chispa en el cilindro.
- **Limitación de revoluciones:** Precisa el número de revoluciones máximo que puede alcanzar el vehículo, pasado el límite permitido detiene la entrada de combustible.
- **Temperatura del agua optima:** Cuando el motor esté en frío, permite suministrar más combustible.
- **Alimentar de combustible temporalmente:** Cuando el acelerador está siendo presionado, informa a la unidad de control que necesita una mayor aportación de combustible.
- **Modificar la baja presión en el combustible:** Informa a la unidad de control que debe aumentar la duración de actuación de la bujía, para retribuir la pérdida de presión de la gasolina.

- **Sensor de oxígeno (sensor lambda):** Esto permite que la ECU obtenga datos de emisiones fijas, lo que permite variar el tiempo de inyección para una combustión ideal.
- **Sensor temperatura del motor:** Cuando el motor llega a una determinada temperatura, la ECU evita que las partes internas del motor se deformen, esto se debe a que los metales que lo conforman tienden a fundirse.

1.10. SENSORES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRONICA

Este sistema de inyección incorpora muchos elementos como componentes eléctricos y electrónicos, las cuales están situados en diferentes partes del motor y del vehículo. En resumen, se puede decir que el sistema de inyección electrónico está conformado por: La unidad de control electrónica, sensores y actuadores, mismas que ayudan a determinar las condiciones externas e internas del motor, para así determinar la cantidad exacta de combustible a inyectar.

1.10.1. SENSOR TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (ECT)

El sensor ECT se encarga de medir la temperatura en la que está el refrigerante en el motor, en donde la ECU recibe información del sensor e interpreta los datos proporcionados para así tomar acción y poder modificar la mezcla aire-combustible, controlar los pulsos de inyección y activar el electroventilador del radiador si es necesario.

Imagen 1*Sensor ECT*

Fuente: autores.

Se encuentra alojado próximo al termostato o enroscado en el bloque del motor, ya sea en el cabezal o cerca de la manguera que dirige el refrigerante hacia el radiador. Posee una resistencia que va a cambiar en función de la variación de temperatura, si la temperatura aumenta el valor de la resistencia disminuye, si la temperatura disminuye el valor de la resistencia aumenta. es del tipo NTC.

Fallas:

- Encendido pobre con el motor en frío.
- Pérdida de potencia.
- Elevado consumo de combustible.
- Niveles de CO₂ muy altos.
- Sobrecalentamiento del motor.

1.10.2. SENSOR TEMPERATURA DE AIRE DEL MOTOR (IAT)

Se encarga de medir la temperatura en el colector de admisión. Mediante señales que se envían a la ECU, permiten que se realice ajustes en la mezcla para así determinar la duración del pulso del inyector y la densidad del aire.

Imagen 2

Sensor IAT.



Fuente: Autores.

La podemos encontrar en el colector de admisión, en la manguera depurador, o incorporado en el sensor MAF o MAP, respectivamente. Utiliza una resistencia del tipo NTC como el sensor ECT. En otras palabras, a medida que aumenta la temperatura, la resistencia disminuye y viceversa.

Fallas

- El tiempo de encendido es lento con el motor en frío.
- Aceleración rápidamente elevada.
- Elevado consumo de combustible.
- Altas emisiones contaminantes de CO y advertencia de luz check engine.

1.10.3. SENSOR PRESIÓN ABSOLUTA DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN (MAP)

Se encarga de medir el volumen del aire, este funciona al detectar la presión existente en el colector de admisión, de esta forma, la ECU mediante señales eléctricas del sensor calcula el volumen del aire y realiza el ajuste de la mezcla aire-combustible que necesite el motor.

Imagen 3

Sensor MAP.



Fuente: Autores.

Se encuentra ubicado sobre el múltiple de admisión, en donde existe un conducto de vacío para su buen funcionamiento. El sensor MAP está constituido por un material piezoeléctrico, es decir contienen cristales de silicio, las cuales permiten variar su resistencia eléctrica a medida que se someten a la presión del vacío del aire en el múltiple de admisión.

Fallas:

- Consumo excesivo de combustible.
- Baja potencia del motor.
- Arranque en frío demoroso.

1.10.4. SENSOR POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN (TPS)

Su función es de indicarle al ecu el estado en la que se encuentra la mariposa o el ángulo de apertura que se genera en la aceleración, permitiendo la entrada de aire al motor, y de esta manera la ECU mediante señales recibidas por el sensor controla la inyección de combustible.

Imagen 4

Sensor TPS.



Fuente: Autores.

Está ubicado en el cuerpo del acelerador, este sensor es un potenciómetro de resistencia variable, la cual es alimentado por 5 voltios, en donde el voltaje varía según la posición del eje y la resistencia. Dispone de 3 terminales: uno de corriente, uno de masa, y otro de señal a la computadora.

Fallas:

- Marcha mínima inestable.
- Jaloneo del motor
- Perdida de potencia.
- Aceleración constante y encendido del Check Engine en el tablero.

1.10.5. SENSOR DE OXÍGENO

Mide la concentración de oxígeno que se encuentra en el humo de escape, estos gases al estar en contacto con el sensor de oxígeno generan un voltaje que es dirigido hacia la ECU, la cual indica la calidad de la mezcla del carburante, de esta manera se podrá corregir los parámetros como la inyección de combustible o entrada de aire, logrando un eficiente consumo y menor contaminación.

Imagen 5

Sensor de oxígeno.



Fuente: Autores.

Está ubicado en el colector de escape, cerca al motor y antes del catalizador. Conocido también como sonda lambda es un componente electrónico de censado compuesto de circonio y revestido de cerámica para soportar temperaturas altas. “*El sensor genera voltaje según la cantidad de oxígeno que se da en la combustión, oscilando entre 0.1-0.9, interpretando como 0.9 V mezcla rica y 0 V mezcla pobre*” según. (Becerra, 2014)

Fallas:

- Mezcla demasiado rica.
- Emisión mayor de gases contaminantes.

1.10.6. SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL (CKP)

Capta la señal de velocidad del motor, las rpm y la posición en la que se encuentra el cigüeñal, estos datos son enviados y usados por la ECU, para determinar el pulso de los inyectores y sincronizando la chispa de encendido de las bujías.

Imagen 6

Sensor CKP.



Fuente: Autores.

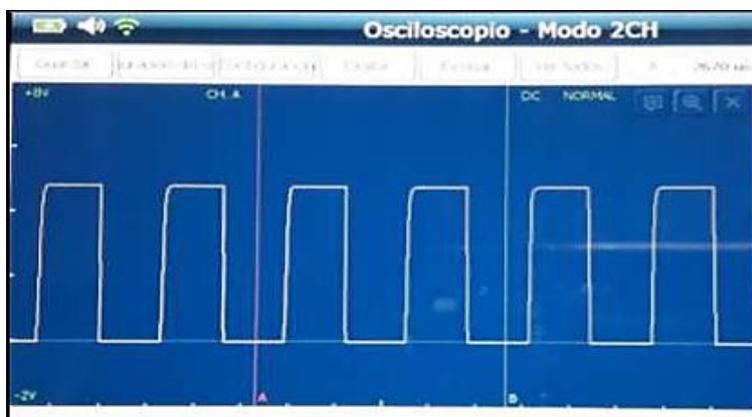
Se puede ubicar a un extremo del cigüeñal, si posee distribuidor estará ubicado en el interior del distribuidor. Funciona como un captador magnético, este puede ser del tipo inductivo y también de efecto hall, los dientes de la rueda fónica pasan cerca del sensor CKP, generando una corriente alterna por cada diente contado.

Sensor Posición del Cigüeñal (Hall).

El sensor produce ondas cuadradas como señal por cada cilindro que posea el motor, monitoreando la posición en la que se encuentra el cigüeñal y envía una señal a la bobina de encendido comandados por la ECU, del momento exacto de cada pistón al alcanzar el PMS de su recorrido para el salto de chispa.

Figura 5

Onda del Sensor CKP tipo Hall.



Fuente: Macías, L. (2017) Curva del sensor CKP. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec>.

Para este tipo de sensor, existen dos tipos de señal, 0 – 5 V y 0 – 12 V, dependiendo de la amplitud. Por lo general este sensor cuenta con tres cables la primera es alimentación 12V o 5V, la segunda es la conexión a tierra

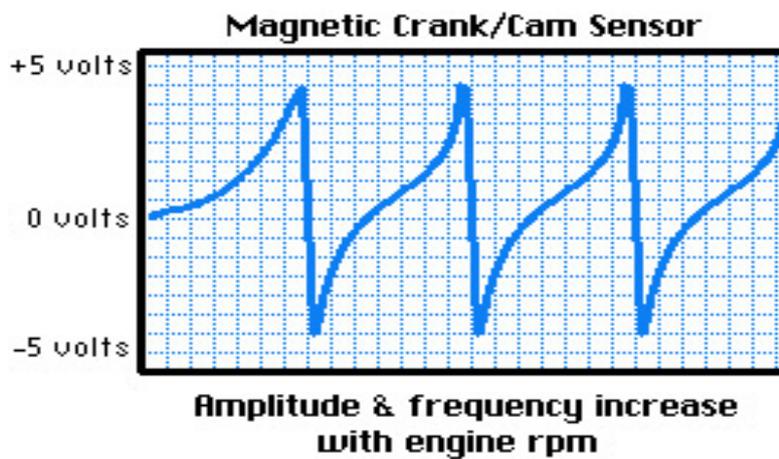
Sensor Posición del Cigüeñal (Inductivo).

El sensor inductivo es un sensor magnético que genera una onda senoidal, consta de una alteración cíclica debido a que la rueda fónica carece de un diente, el cual informa a la ECU y al módulo de encendido el PMS de los cilindros. De esta manera la ECU calcula las RPM controlando el momento y la duración de inyección de combustible.

Tiene dos cables de forma respectiva una a masa y otra a señal, en caso de tener un tercer cable este va a servir como una protección para proteger al sensor de las frecuencias externas.

Figura 6

Onda sensor CKP inductivo.



Fuente: Anónimo, Funcionamiento del sensor CKP. Obtenido de www.e-auto.com.mx

Fallas:

- El motor no enciende, se apaga repentinamente.
- El tacómetro cae súbitamente.
- Falta de potencia.
- Se enciende el check engine.

1.10.7. SENSOR FLUJO DE AIRE (MAF)

Se encarga de enviar señales a la ecu del flujo y la cantidad de aire que aspira el motor todo el tiempo, para así enviar mediante una señal eléctrica a la unidad de control.

Imagen 7*Sensor MAF.*

Fuente: autores.

Este se ubica después del filtro de aire y antes del colector de admisión. Este sensor tiene una resistencia conocida como hilo caliente, en la cual se calienta hasta 100 °C debido al voltaje constante que recibe, esta a su vez se enfría gracias al aire que entra en la admisión, logrando que la ECU analice estos parámetros y ajuste la inyección de gasolina. *“Tiene tres cables en general correspondientes a masa, señal y voltaje de referencia, en el caso de tener 4 o 5 cables el sensor MAF incluye al sensor IAT”* según (Panchi, 2007).

Fallas

- Elevado consumo de gasolina.
- Inestabilidad en ralentí.
- CO elevado.
- Check Engine encendido.

para energizar la bomba. La ECU con la protección de fusibles activa la bomba mediante señales positivas que se envía al relé, que sirven para dar energía a la bomba en el instante que el motor se ponga en marcha.

Fallas:

- Pérdida de potencia
- Motor se calienta y daña bujías.
- Falla en el motor
- Tirones al momento de acelerar.

1.11.2. INYECTORES.

Su función primordial es pulverizar el combustible sin goteos, logrando distribuir de forma más homogénea el combustible hacia el conducto de admisión. Se los encuentra ubicados en el múltiple de admisión en los orificios del múltiple y entre los rieles de inyectores.

Imagen 9

Inyectores.



Fuente: Autores

El inyector consiste de un bobinado eléctrico, la cual, se comanda por la unidad de control mediante pulsos negativos de corriente, que determinan el tiempo de apertura y cierre del circuito.

Fallas:

- Excesivo consumo de combustible.
- Pulverización desacertada por suciedad en la aguja del inyector.
- Emisiones elevadas de gases contaminantes.
- Potencia en el motor deficiente.

1.11.3. BOBINA DE ENCENDIDO.

Es el encargado de elevar la baja tensión de la batería a miles de voltios, con esto logra inducir el voltaje a la bujía para producir la chispa ideal para que se produzca la explosión de mezcla aire-combustible dentro de la cámara de combustión. Estas son comandadas por la centralita mediante pulsos negativos.

Imagen 10

Bobina de encendido.



Fuente: Autores.

Dependiendo del tipo de encendido, se logra encontrar sistemas con distribuidor en el motor, para estos sistemas tenemos el caso DIS que se encuentra en la culata del motor, y el sistema COP es decir bobinado independiente, van estar ubicados sobre la bujía.

Como se mencionaba anteriormente tenemos bobinas de encendido como la DIS que es un sistema de encendido que no hace falta un distribuidor y el COP que es un sistema independiente las cuales se mencionan a continuación:

Bobina de encendido DIS. - Este sistema no requiere de un distribuidor o también conocido en el medio como sistema de chispa perdido.

Imagen 11

Bobina de encendido DIS.



Fuente: Autores.

Este sistema de encendido elimina totalmente el distribuidor y elementos mecánicos que normalmente sufrían desgastes y averías, logrando así que el tiempo de inducción sobre la bobina aumente y de esta manera prolongar la chispa o el salto de chispa.

Bobina independiente COP. - Este sistema en particular no dispone de cables, ya que las bobinas van ubicadas encima de cada bujía.

Imagen 12

Bobina de encendido independiente.



Fuente: Autores.

Este tipo de bobina resulta beneficioso ya que, además de un módulo de encendido en su interior lleva incorporado un transistor, permitiendo tener un circuito previo de control de disparo. Al no contar con cables se simplifica la resistencia a la alta tensión logrando de esta manera colocar la bobina directamente sobre la bujía.

Con este sistema de encendido independiente se logra reducir favorablemente fallas y problemas de encendido, aumentando la confiabilidad y permitiendo que la computadora distinga específicamente que bobinas tienen alguna anomalía o desperfecto.

Fallas:

- Disminución en la potencia del vehículo.
- No enciende el vehículo.
- Consumo de combustible y humo de escape negro con olor a gasolina.

1.11.4. VÁLVULA IAC

Se encarga de administrar y regular la entrada de aire para el funcionamiento en marcha lenta. Cuando el motor está en ralentí, el aire que circula por la mariposa de aceleración es muy poco y la válvula IAC proporciona el resto del aire por un conducto.

Imagen 13

Válvula IAC.



Fuente: Autores.

Se encuentra alojado en el cuerpo de aceleración. Es una válvula bypass hecha de carcasa de fundición con una unidad de bobina magnética y un vástago. Accionada eléctricamente por la ECU permite el paso de aire adicional con respecto al aire ingresado por el estrangulador, haciendo que el aire sea cuantificado por más tiempo.

Fallas:

- Inestabilidad en ralentí.
- Difícil encendido del vehículo
- Excesiva aceleración del vehículo

1.12. COMPONENTES DE EL SISTEMA DE INYECCIÓN

1.12.1. FILTRO DEL COMBUSTIBLE

Sirve como un retenedor de impurezas con un tamaño mayor a 10 micras, mismas que permanecen dentro del tanque de combustible, las impurezas llegan hacia el depósito al momento de recargar el tanque de gasolina. El elemento que se encarga de filtrar toda suciedad es elaborado de papel, mallas metálicas, fibra de vidrio, etc., estos elementos se encuentran protegidos por un cuerpo metálico o de plástico.

Imagen 14

Filtro de combustible.



Fuente: Autores.

En automóviles antiguos se utiliza un filtro de plástico porque, la presión en el sistema de combustible es de 7 - 8 libras. Este sistema se considera de baja presión, en la actualidad en un sistema de inyección se requiere mayor presión es por eso que se cambia los filtros de plástico por metálicos debido a la alta presión que va a requerir el sistema.

Se encuentra ubicado por la manguera de suministro de combustible cerca del riel de inyectores o también como parte de la bomba de combustible colocado directamente en el depósito de combustible.

1.12.2. REGULADOR DE PRESIÓN

Su función principal es de controlar y mantener la presión del combustible de manera constante, evitando daños en componentes como inyectores o conductos que tiene el sistema de alimentación, contribuyendo así al excelente funcionamiento del motor y la combustión.

Imagen 15

Regulador de presión.



Fuente: Autores.

Consiste en una válvula, un contenedor metálico y un muelle que regulan el paso de combustible a través de un resorte de presión, en donde al tener una presión mayor a la permitida por los inyectores cierra el paso de combustible hacia las válvulas de admisión, enviando el combustible sobrante por el circuito de retorno.

Se encuentra instalado habitualmente en el conducto distribuidor o también junto a la bomba de combustible.

1.12.3. RIEL DE INYECTORES

Se encarga de llevar el combustible al inyector para su posterior inyección. Además, hay dos mangueras que permiten; una el ingreso de combustible y por la otra que el exceso de combustible regrese al tanque.

Imagen 16

Riel de inyectores.



Fuente: Autores.

Existen autos modernos que tienen una sola cañería en su riel de inyección, pues la presión es controlada por la ECU, donde se puede modificar el ancho y también el número de pulsos que se necesite para la inyección. Se localiza sobre el múltiple de admisión y están colocadas fijamente para poder evitar alguna fuga de combustible o daño a los inyectores.

1.12.4. TANQUE DE COMBUSTIBLE

Su función es almacenar el combustible en el depósito, evitando la generación de chispa, el movimiento brusco y su evaporación para luego enviar el combustible a los rieles de inyección o carburador.

Imagen 17

Tanque de combustible.



Fuente: Autores.

Los tanques de combustibles son fabricados de aluminio, acero y plástico, siendo las de plástico muy utilizadas debido a su resistencia térmica, dureza y poco peso, logrando que el vehículo reduzca su peso y consuma menos combustible. Se encuentra ubicado en la parte inferior trasera del vehículo.

1.13. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ADMISIÓN

El sistema de admisión va estar conformado por elementos que se encargan de absorber aire del exterior e introducirlo de aire limpio a la cámara de combustión, todo lo hace a una velocidad y temperatura según las necesidades que requiera el motor.

1.13.1. CUERPO DE ACELERACIÓN

Es regular la circulación de aire que se dirige al múltiple de admisión mediante la aleta de aceleración, permitiendo la cantidad apropiada de aire, que es de 14.7 de aire por 1 de gasolina.

En este punto se localiza el sensor TPS y la válvula IAC, mismas que terminan afectados por los gases de recirculación que se generan en la combustión, por lo cual se aconseja realizar un mantenimiento frecuente para el correcta funcionamiento del sistema.

Imagen 18

Cuerpo de aceleración.



Fuente: Autores.

Los cuerpos de aceleración tienen distintas formas y tamaños, la mayoría de su fabricación está hecha de aluminio. Se ubica en la entrada de aire del múltiple de admisión este va montado con un empaque para una mejor hermeticidad.

1.13.2. MÚLTIPLE DE ADMISIÓN

Dirige el flujo de aire hasta los cilindros, distribuyendo la mezcla en forma equitativa para cada cilindro, ayudando a vaporizar y atomizar la gasolina de forma correcta. También, en el colector podemos encontrar localizados el riel de inyector y sensores como: TPS, MAP., IAT

Imagen 19

Múltiple de admisión.



Fuente: Autores.

Son realizadas de aluminio o plástico, y presentan una alta resistencia a la deformación y temperatura alta. Se encuentra localizado en el motor, en la entrada de aire de los cilindros, atornillado a la culata.

1.13.3. FILTRO DE AIRE

Se encarga de depurar pequeñas partículas como el polvo, garantizando que el aire esté libre de impurezas y así lograr que la mezcla con el combustible ingrese al múltiple de admisión lo más limpio posible. Se encuentra instalado dentro de un recipiente de plástico que se conecta al sistema de entrada de aire por medio de un tubo.

Imagen 20

Filtro de aire.



Fuente: Autores.

2. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL MOTOR GA

2.1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL MOTOR SUZUKI FORSA GA

Tabla 1

Ficha técnica

Tipo	Soch 3 Cilindros En Línea/ Cuatro Tiempos/
Material	Aluminio Bloque/Admisión/Cabezote
Peso	60.1 Kg (134.5 Lb) / Totalmente Armado
Cilindrada	993 Cc
Diámetro X Carrera	74 X 77 (Mm)/2.91 X 3.03 (In)
Relación De Compresión	9.5:1
Potencia	48 hp @ 5100 Rpm
Torque	57 lb-Ft @ 3200 Rpm
Carburador	Doble Cuerpo
Alimentación De Combustible	Bomba Mecánica
Capacidad De Combustible	8.3 Galones
Tipo De Combustible	Gasolina Extra-82 Octanos
Sistema De Escape	Simple
Bujías	Ngkbpr6es
Orden De Encendido	1-3-2z
Sistema De Refrigeración	Circulación De Agua Por Bomba
Capacidad De Refrigerante	4.1 Litros
Sistema De Lubricacion	Bomba De Rotor
Capacidad De Lubricante	3.5 Litros
Lubricante	10w40
Presión De Aceite	42-54 Psi @ 3000 Rpm
Alternador	55 Amperios
Batería	400 Cca
Campo De Revoluciones	800 - 5700 Revoluciones

Fuente: (Warren & Haynes, 1991)

2.2. PRUEBAS ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

2.3. PRUEBAS DEL ESTADO DE MOTOR

Para proceder a realizar las pruebas de funcionamiento en el dinamómetro y analizador de gases, se procederá a verificar mediante pruebas de compresión y fugas el estado en que se encuentra el motor, ya que estos tipos de pruebas van a prevenir posibles fallas en la implementación del sistema de inyección electrónica.

2.3.1. PRUEBA DE COMPRESIÓN

Para la medición de compresión se utilizará un compresómetro, esta mide la presión de relación de la compresión en cada cilindro, es primordial para conocer el estado que se encuentra el motor, previniendo problemas como un rendimiento bajo, consumo de aceite, mal arranque en frío, etc., logrando así evitar que existan fugas previo a la implementación del sistema de inyección.

Procedimiento de medición

- Desconectar el cable de alta tensión de la bujía.
- Retirar la bujía.
- Conectar la boquilla del compresometro en lugar de la bujía.
- Con la mariposa totalmente abierta "acelerador a fondo".

- Para que entre la mayor parte de aire posible.
- Darle marcha al motor leyendo el manómetro hasta alcanzar su máxima presión de compresión. Repetir lo mismo con todos los cilindros del motor.
- Antes de desconectar la boquilla presionar la válvula de retención, permitiendo liberar la presión del manómetro y fundamentalmente evitando un accidente.
- La diferencia de presión de relación de presión entre cada cilindro no debe ser mayor a 10 libras.

Tabla 2

Valores obtenidos durante la medición (PSI)

PRUEBA DE COMPRESIÓN			
cilindro	1	2	3
	130 psi	130 psi	130 psi

Fuente: Autores.

La comprobación realizada, demuestra que los valores obtenidos están en los rangos de funcionamiento normales.

2.3.2. PRUEBA DE FUGA

Para la medición de fugas se utilizará un fugómetro o el “Medidor de fugas”. El primer indicador controla la entrada del aire a presión (calibrado a 2,5 bar); y el segundo indicador el porcentaje de pérdida de presión; misma que no debe superar el 20 %. Esta medición de fuga es una prueba adicional a la medición de compresión, permitiendo tener un análisis profundo sobre el estado del motor.

Procedimiento de medición.

- Retirar las bujías
- El pistón 1 debe estar en el punto muerto superior al final de la compresión.
- Instalar el fugómetro donde se ubica la primera bujía.
- Repetir lo mismo en todos los cilindros según el orden de encendido.

Tabla 3

Valores obtenidos durante la medición de fugas.

PRUEBA DE FUGAS		
Cilindro	Nivel de línea presión de aire	Medición (porcentaje de pérdida)
1	80	8%
2	80	8%
3	80	8%

Fuente: Autores.

Una vez realizada la prueba de fugas se puede observar en la tabla que el porcentaje de fugas no supera el 20%, obteniendo en los 3 cilindros un porcentaje de fuga del 8% lo cual es un valor aceptable, indicando que el funcionamiento del motor es óptimo.

2.4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR

Una vez verificado que no existan fugas o baja compresión en el motor, se procede a realizar las pruebas de potencia y torque. Para el desarrollo de la prueba se utilizará el banco dinamométrico, misma que otorgará mediante gráficas las curvas de potencia y torque conforme a las revoluciones que se dan en el motor. Además, se añadirán pruebas como: consumo de combustible y de gases nocivos que se generan en el motor.

2.4.1. PRUEBA DE POTENCIA

Esta prueba se realizó en el banco dinamométrico de la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca, ubicado en la Calle Vieja, para esta prueba la tracción delantera se coloca sobre unos rodillos, además se coloca unas correas que amarradas a partes específicas del chasis mantendrán el vehículo estable ante cualquier anomalía que se presente.

Imagen 21

Dinamómetro.



Fuente: Autores.

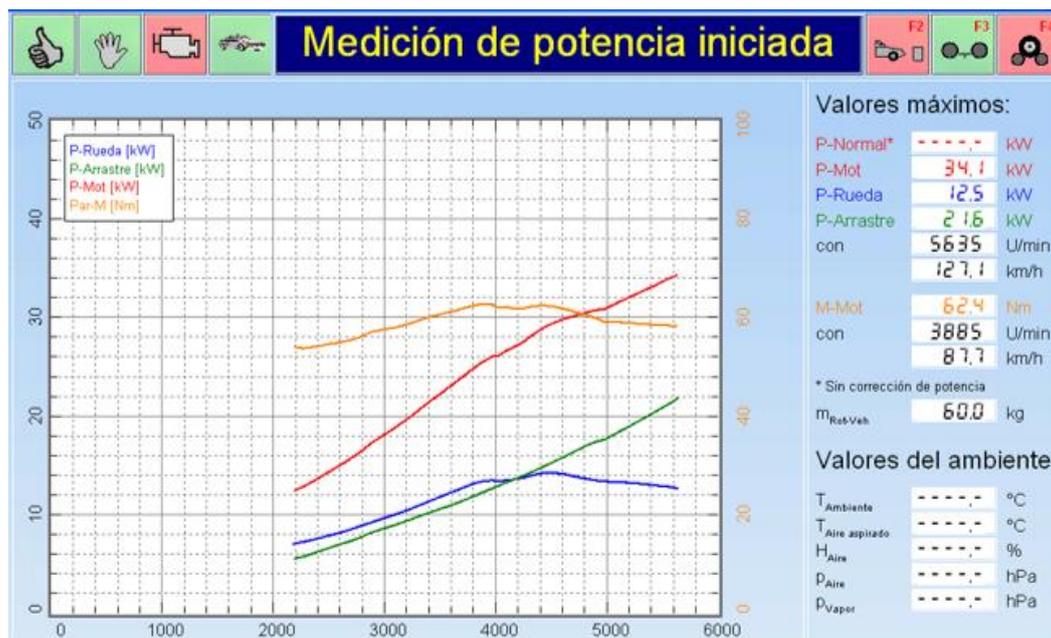
Para obtener las gráficas, los valores de potencia y torque es fundamental sincronizar las RPM del automóvil con las del banco dinamométrico.

Para esto se utiliza la cuarta marcha, ya que la relación de transmisión tiene que ser 1:1, esto permite que la potencia y el par motor pase directo a la caja de cambios, pues al estar en cuarta marcha las rpm son máximas, calculando de forma efectiva la potencia y obteniendo las gráficas correspondientes.

Una vez realizado la prueba, se logra obtener las curvas de potencia y torque como se muestra en la **Figura 7**, indicando una potencia de: 34.1 kW equivalente a 45 HP a las 5635 rpm.

Figura 7

Grafica de medición de potencia Suzuki Forsa GA.



Fuente: Autores.

De igual manera, los resultados obtenidos con el motor en marcha a distintas revoluciones se muestran en la siguiente **Tabla 4**. En donde se buscarán los valores de potencia máxima conforme al rpm establecidas del fabricante como se mostró en la **Tabla 1**.

Tabla 4

Datos obtenidos en el banco dinamométrico.

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA DE CUENCA				
Matrícula: XBR426				
n [U/min]	P-Motor [kW]	M-Normal [Nm]	P-Rueda [kW]	P-Arrastre [kW]
2185.00	12.302	53.762	6.912	5.389
2190.00	12.325	53.741	6.923	5.402

2195.00	12.348	53.719	6.934	5.414
2200.00	12.372	53.698	6.945	5.426
2300.00	12.895	53.537	7.175	5.720
2495.00	14.186	54.295	7.719	6.467
2500.00	14.221	54.319	7.734	6.487
2600.00	14.889	54.683	8.030	6.860
2700.00	15.595	55.155	8.383	7.212
2800.00	16.394	55.910	8.768	7.627
2900.00	17.275	56.883	9.150	8.125
2980.00	17.855	57.213	9.447	8.408
3000.00	17.994	57.275	9.521	8.473
3100.00	18.736	57.711	9.891	8.844
3200.00	19.539	58.306	10.307	9.233
3300.00	20.399	59.029	10.751	9.649
3400.00	21.281	59.767	11.218	10.063
3600.00	22.947	60.867	12.120	10.827
3800.00	24.718	62.115	12.990	11.728
3900.00	25.466	62.353	13.260	12.206
4000.00	25.940	61.925	13.259	12.681
4100.00	26.559	61.857	13.417	13.142
4200.00	27.092	61.595	13.510	13.582
4300.00	27.835	61.813	13.766	14.068
4400.00	28.616	62.103	14.031	14.585
4500.00	29.205	61.972	14.090	15.115
4600.00	29.652	61.555	13.996	15.656
4700.00	29.989	60.930	13.768	16.221
5000.00	30.825	58.869	13.211	17.614
5100.00	31.379	58.753	13.168	18.211
5200.00	31.911	58.600	13.090	18.821
5300.00	32.438	58.443	12.993	19.445
5500.00	33.500	58.163	12.769	20.732
5600.00	34.003	57.982	12.608	21.396
5635.00	34.170	58.006	12.550	21.615

Fuente: Dinamómetro Universidad Salesiana De Cuenca.

Concluido la prueba de potencia, y con los datos establecidos correctamente tanto de la gráfica en la **Figura 7**, como en la **Tabla 4**, se logra determinar que la potencia máxima con el

sistema a carburación a las 5100 rpm es de, 31.3 kW equivalente a **42 HP**. No obstante, para realizar una comparativa con los valores de la ficha técnica del vehículo Suzuki Forsa, se toma los datos de 5100 rpm para la potencia y 3200 rpm para el torque, mismas que serán analizadas a continuación.

2.4.2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON LOS DATOS TÉCNICOS

Para comparar los valores teóricos con los prácticos, el banco dinamométrico otorga la facilidad de tener valores tanto de potencia como torque a distintas revoluciones como se mostró en la **Tabla 4**. Obteniendo las siguientes tablas como se indica a continuación.

Tabla 5

Datos técnicos de potencia y torque del Suzuki Forsa GA

Parámetros	Rpm	Unidad	Valor
Potencia	5100	HP	48
Torque	3200	lb-ft	57

Fuente: (Warren & Haynes, 1991)

Tabla 6

Datos obtenidos del banco dinamométrico.

Parámetros	Rpm	Unidad	Valor
Potencia	5100	KW / HP	31.3 / 42
Torque	3200	Nm / lb-ft	58.3 / 43

Fuente: Autores.

Una vez establecido los datos, tanto por el fabricante como por el dinamómetro, se realiza un análisis de los valores considerando las pérdidas por altura que se dan en el lugar, es decir por cada 1000 msnm se tiene que restar un 10 % en los datos otorgados por el fabricante.

Cabe recalcar que la prueba fue realizada en la ciudad de Cuenca que tiene una altura sobre el nivel de mar de 2560 m, obteniendo los siguientes datos como se muestra en la **Tabla 7**.

Tabla 7

Observación de datos con el motor estándar.

Parámetros	Dato de fabricante	Dato a 2560 msnm	Dato dinamométrico	Porcentaje
Potencia	48 HP	35.71 HP	42 HP	17.61 %
Torque	57 lb-ft	42.40 lb-ft	43 lb-ft	1.41 %

Fuente: Autores.

Con los valores del dinamómetro con respecto a los del fabricante a 2560 msnm se puede observar un incremento de potencia del 17.61 % y del torque del 1.41 %, estos datos demuestran el estado actual del motor, mismas que serán mejoradas con la implementación del sistema electrónico. Una vez implementado el sistema de inyección electrónico, estos datos servirán para realizar una comparación entre ambos sistemas.

2.4.3. PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Esta prueba de consumo de combustible con sistema convencional se ejecutó en el banco dinamométrico, para esta prueba se utilizó un sistema auxiliar donde se coloca una caneca de 5 galones misma que lleva 3 galones de gasolina conectada a la bomba mecánica de combustible y en la de retorno se acoplo una botella de 1 galón con el objetivo de medir el nivel de combustible restante en la probeta.

Imagen 22*Probeta.**Fuente: Autores.*

Prueba de consumo en carretera

La prueba se realizó desde la estación de servicio Terpel Narancay hasta la estación de servicio Felipe de Oña, teniendo una distancia de recorrido de 97 km en un tiempo de 1 hora con 36 minutos. En el tramo recorrido se pudo apreciar un consumo de 1.99 galones, estableciendo los datos pertinentes como se muestra en la **tabla 8**.

Tabla 8*Datos de carretera*

DATOS OBTENIDOS			
TIEMPO	DISTANCIA	VELOCIDAD	CONSUMO
1 hora 36 min	97 km	60-80 km/h	1.99 gal

Fuente: Autores.

Prueba de consumo en ciudad

Para esta prueba se escogió una ruta de bus donde la primera parada Redondel de la Pitas Ns quedaba cerca de la gasolinera P&S, aquí se llenó el tanque a full y se procedió a recorrer una distancia de 10km de ida, en el cual hay 31 paradas llegando a la parada final del bus, que es la entrada a la facultad de sistemas de la UNL, luego tomando como referencia el mismo punto de llegada se regresó al punto de partida, recorriendo la misma línea de bus en el cual, tiene 34 paradas de regreso dando un recorrido final de 20km con 65 paradas y con una duración de 1 hora con 12 minutos.

En el tramo recorrido se pudo apreciar un consumo de 0.56 galones, estableciendo los datos pertinentes como se muestra en la **tabla 9**.

Tabla 9

Datos de ciudad

DATOS OBTENIDOS			
TIEMPO	DISTANCIA	VELOCIDAD	CONSUMO
1 hora 12 min	20 km	20-40 km/h	0.56 gal

Fuente: Autores.

2.4.4. CALCULO DE CONSUMO

Calculo consumo de combustible en banco dinamométrico

Para ello se procede a medir con la probeta el combustible restante de la caneca

$$Combustible_{total} = Combustible_{inicial} - combustible_{final}$$

$$\text{Combustible}_{total} = 3\text{gal} - 2.916\text{gal}$$

$$\text{Combustible}_{total} = 0,084\text{ gal}$$

Finalmente se hace el cálculo de combustible por kilometro

$$\text{Combustible}_{total/km} = \frac{0.084\text{ gal}}{2\text{ km}}$$

$$\text{Combustible}_{total/km} = 0,042\text{ gal/km}$$

Con el resultado promedio obtenido se obtuvieron los siguientes valores:

10 km – 0, 21 gal – 0.79 L

50 km – 1.05 gal – 3.97 L

100 km – 2.1 gal – 7.94 L

Calculo consumo de combustible carretera -ciudad

Se muestran los cálculos pertinentes con forme a la ecuación de distancia recorrida por galón de consumo.

$$x = \frac{\text{Distancia}}{\text{Consumo}} \quad (1)$$

Calculo consumo de combustible en carretera

Datos:

- Distancia = 97 km

- Consumo = 1.99 gal

$$x = \frac{97 \text{ km}}{1.99 \text{ gal}} = 48.74 \text{ km/gal}$$

Con el resultado promedio obtenido se obtuvieron los siguientes valores:

50 km – 1.02 gal – 3.8 L

97 km – 1.99 gal – 7.19 L

100 km – 2.05 gal – 7.75 L

Calculo consumo de combustible en ciudad

Datos:

- Distancia = 20 km
- Consumo = 0.56 gal

$$x = \frac{20 \text{ km}}{0.56 \text{ gal}} = 35.71 \text{ km/gal}$$

Con el resultado promedio obtenido se obtuvieron los siguientes valores:

20 km – 0.56 gal – 2.1 L

30 km – 0.84 gal – 3.17 L

40 km – 1.12 gal – 4.2 L

Finalmente se puede observar que, con el sistema convencional a carburador el consumo en carretera es de 48.74 km/gal y el consumo en ciudad es de 35.71 km/gal, donde se puede

apreciar que el consumo en la ciudad es mayor por razones del estilo conducción y por los tiempos de paradas constantes, estos resultados servirán para hacer la comparativa una vez instalado el sistema de inyección electrónico.

2.4.5. PRUEBA DE GASES CONTAMINANTES

La prueba de gases contaminantes se realizó en el taller automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana De Cuenca. Para esta prueba se tomó como referencia la tabla de límites máximos permitidos de emisión de gases contaminantes según el año y el cilindraje del vehículo. Mismas que están establecidas por la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN_2204, 2017), como se indica en la **Tabla 10**.

Tabla 10

Emisión de gases contaminantes límites máximos permitidos.

Año modelo	% CO vol.		ppm HC	
	0 - 1500 cc	1500 - 3000 cc	0 - 1500 cc	1500 - 3000 cc
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

Fuente: (INEN 2204, 2017)

De igual manera, se tomará importancia a los datos sobre límites de emisión de gases nocivos por vehículos que son alimentados por un sistema a carburación e inyección electrónica como indica la siguiente tabla.

Tabla 11

Porcentajes de emisión según el tipo de motor.

Porcentajes Y Proporciones	Tipo De Motor	
	Carburador	Inyección
CO	2.5 y 0.5 %	1.5 y 0.5 %
HC	300 ppm	50 y 150 ppm
O2	1.5 y 0.7 %	0.8 y 0.4 %

Fuente: (NTE INEN 2017)

Una vez establecido los límites de emisión de gases contaminantes, se procede a realizar la medición de gases de escape, misma que consiste en determinar el exceso de gases nocivos que genera el motor hacia el medio ambiente. En este caso medidas en el tubo de escape como partes por millón.

Imagen 23

Colocación del analizador de gases.



Fuente: Autores.

En la **Imagen 23** se puede apreciar la colocación de la sonda de acero en el tubo de escape, apreciando los valores que se dan en el analizador como se muestra en la **Imagen 24**.

Imagen 24*Analizador de gases.**Fuente: Autores.*

Con los valores obtenidos gracias al analizador de gases, se da a conocer los Hidrocarburos no combustionados (HC), porcentaje del Monóxido de carbono (CO) y el oxígeno (O₂), que son generados en el tubo de escape, obteniendo los valores como se indica a continuación.

Tabla 12*Valores obtenidos en el analizador de gases.*

ANÁLISIS DE LA EMISIÓN		
CO	1.4	%
CO ₂	13.2	%
HC	765	Ppm
O ₂	0.06	%
Lambda	0.93	

Fuente: Autores.

2.4.6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

Una vez obtenido todos los datos tanto del analizador de gases como los de la Norma Técnica Ecuatoriana, se procede a realizar las comparaciones pertinentes entre la **Tabla 10** y la **Tabla 12**, como se indica a continuación.

Tabla 13

Análisis de datos de las emisiones de gases de escape.

DATOS NORMA INEN			DATOS DEL ANALIZADOR DE GASES	
Año modelo	% CO vol.	ppm HC	% CO vol.	ppm HC
	0 - 1500cc	0 - 1500cc	0 - 1500cc	0 - 1500cc
1990 a 1999	3,5	650	1.4	765

Fuente: Autores.

En la tabla 13, se puede apreciar que los datos del analizador con respecto al porcentaje de monóxido de carbono (% CO) están dentro de los límites permitidos por la norma INEN, sin embargo, los hidrocarburos no combustionados (HC) sobrepasan los límites permitidos por la norma, teniendo un HC de 765 ppm, mismas que hacen que el motor tenga un excesivo nivel de contaminación. Causas que serán corregidas con la implementación del sistema de inyección electrónico programable.

3. SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

3.1. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE VAN A CONFORMAR EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

Para la selección e implementación de los diferentes componentes que van a conformar el actual sistema de inyección electrónico se ejecutó conforme a un criterio técnico en base al funcionamiento principal del sistema de inyección electrónico, determinando espacio y ubicación adecuada en la que va a ir montado cada elemento. En la siguiente tabla se muestran los componentes básicos que van a conformar el sistema de inyección electrónica.

Tabla 14

Elementos que van a conformar el sistema de inyección electrónico

Elementos	Sensores	Actuadores
ECU	MAP (sensor presión absoluta en el colector de admisión).	IAC (válvula control de aire en ralentí).
Múltiple de admisión	CKP (sensor de posición y velocidad del cigüeñal).	Bobinas de encendido
Cuerpo de aceleración	TPS (sensor de la posición del acelerador).	Inyectores
Manguera de admisión	ECT (sensor temperatura de refrigerante).	Bomba eléctrica de combustible
Filtro del aire	IAT (sensor temperatura de admisión).	
Riel de inyectores	Knock (Sensor de detonación)	

Filtro de combustible	Sensor lambda	
Rueda fónica		

Fuente: Autores

3.2. ELEMENTOS

3.2.1. ECU

Para la selección del ecu programable se realizó un análisis comparativo teniendo en cuenta tres características principales de 3 marcas más comunes en el mercado.

Tabla 15

Comparación de ecus programables

Características	MS3	Haltech Sprint 500	RaceTec R1000
Durabilidad	Cualquier avería que exista, los elementos se pueden reemplazar fácilmente.	Los elementos a reemplazar representan una mayor complejidad al momento de buscarlos.	Al tener elementos más complejos impide que se puede reemplazar fácilmente.
Mantenimiento	Bajo costo al momento de requerir algún mantenimiento	Alto costo al momento de requerir algún mantenimiento	Alto costo al momento de requerir algún mantenimiento
Factor económico	\$600	\$1200	\$750

Fuente: Autores

Se llega a la conclusión en base a la comparación entre las ECU programables que la más idónea para el proyecto es la MS3, por razones de costo-beneficio, además de contar con una fácil programación.

Imagen 25

Ecu MS3.



Fuente: Autores.

3.2.2 MÚLTIPLE DE ADMISIÓN

Es el encargado de direccionar el aire aspirado hasta la cámara de ignición, el múltiple se mandó a fabricar en acero inoxidable porque representa un bajo coste de mantenimiento, una alta resistencia mecánica, al igual que las altas y bajas temperaturas, este nuevo múltiple cuenta con un sistema propio donde se pueda montar el riel de inyectores y se realice la correcta dosificación del combustible, para realizar el múltiple de admisión se partió del empaque de la base del múltiple de admisión original, consiguiendo de esta forma sacar las toberas de las mismas medidas del original. También se selló la cavidad en donde circulaba el refrigerante hasta el colector de admisión del carburador, mismo que con el actual múltiple no posee esa cavidad para ser refrigerado, cuando el múltiple se terminó de construir se revisó que tenga una buena hermeticidad, en la base del cuerpo de aceleración y la base de la admisión que va fijada a la culata del motor se verificó que tenga planicidad para evitar inconvenientes al momento de la programación y la instalación del mismo.

Imagen 26

Múltiple de admisión.



Fuente: Autores.

3.2.3 CUERPO DE ACELERACIÓN

Su función es la de controlar la cantidad de aire y regular el ingreso de aire en los distintos regímenes de carga. El cuerpo de aceleración que se selecciona es de la Chevrolet Van N200, por los siguientes motivos; representa un bajo costo a comparación de otras marcas y trae incorporado el tps y la válvula iac.

Imagen 27

Cuerpo de aceleración.



Fuente: Autores.

3.2.4. RIEL DE INYECTORES

Tiene como función principal de llevar el combustible hacia los inyectores, el riel de inyectores más idóneo para este proyecto es del Suzuki Swift twim cam 1.3, por su fácil adaptabilidad, necesidades del sistema como la distancia entre inyectores, y debido a los requerimientos se le anulo un orificio, garantizando un perfecto acoplamiento en el sistema de admisión, además contiene un regulador de presión que retiene esa presión constante en el mismo.

Imagen 28

Riel de inyectores



Fuente: Autores.

3.2.5. FILTRO DE AIRE

Es un elemento esencial para garantizar la vida del motor, tiene como función la de garantizar que el aire que llegue a los cilindros este completamente limpio y sin impurezas, el filtro que se selecciona es un filtro cónico de alto flujo universal, este es escogido de acuerdo al diámetro de la manguera de la admisión.

Imagen 29

Filtro de aire



Fuente: Autores.

3.2.6 MANGUERA DE ADMISIÓN

Permite direccionar el aire hacia el múltiple de admisión, la manguera que se incorporó en el nuevo sistema de admisión es del Chevrolet ave 1.4 debido a su bajo costo en el mercado, su fácil adquisición, además de traer incorporado el sensor IAT.

Imagen 30

Manguera de admisión



Fuente: Autores.

3.2.7 FILTRO DE COMBUSTIBLE

Se encarga de impedir el paso de impurezas que contenga el combustible, el filtro que llevará el nuevo sistema de combustible es del Chevrolet Aveo, por razones de espacio y rápida accesibilidad.

Imagen 31

Filtro de combustible.



Fuente: Autores.

3.2.8. RUEDA FÓNICA

Tiene como función principal de informar la posición exacta en la que se encuentra el cigüeñal, la rueda fónica que se escoge es del vehículo Chevrolet Sail, la misma que consta de 60 dientes con 2 faltantes, se escoge por su fácil adaptación al tener un dimensionamiento reducido y factor económico.

Imagen 32

Rueda fónica



Fuente: Autores.

3.3. SENSORES

3.3.1 MAP (sensor presión absoluta en el colector de admisión).

Tiene como función medir la presión total que existe en el múltiple de admisión para luego enviar una señal a la ECU, el sensor map vino integrado en la ECU MS3, lo que da una ventaja en la precisión de datos para el ajuste de la mezcla de estequiométrica en las distintas cargas a la que esté sometido el motor.

Imagen 33

MAP (sensor presión absoluta en el colector de admisión).



Fuente: Autores.

3.3.2. CKP (sensor posición y velocidad del cigüeñal).

Se encarga de informar a la ECU la posición del cigüeñal, el sensor que se elige es del Chevrolet Corsa Evolution, es un sensor tipo inductivo, de fácil disponibilidad en el mercado se escoge por su fácil conexión con la ECU MS3 brindando una toma de datos de mayor precisión.

Imagen 34

CKP (sensor de posición y velocidad del cigüeñal)



Fuente: Autores.

3.3.3. TPS (sensor posición de acelerador).

Esta encargado de informar la posición actual de la mariposa, el sensor que se selecciona para este proyecto es de la Chevrolet Van N200, por factor económico su fácil conexión con la ECU MS3.

Imagen 35

TPS (sensor de posición del acelerador)



Fuente: Autores.

3.3.4. ECT (sensor de temperatura de refrigerante).

Proporciona a la ECU la temperatura del refrigerante que tiene el motor, este sensor es un termistor de 3 pines del vehículo Hyundai Gets 1.3l, se lo escoge por su fácil conexión con la ECU MS3 y su disponibilidad en el mercado.

Imagen 36

ECT (sensor de temperatura de refrigerante).



Fuente: Autores.

3.3.5. IAT (sensor temperatura de admisión).

Este sensor de temperatura trabaja en función a la temperatura del aire, para este proyecto el sensor que se selecciona es del Chevrolet Aveo, por razones de su costo y su fácil conexión con la ECU.

Imagen 37

IAT (sensor de temperatura de admisión).



Fuente: Autores.

3.3.6. KNOCK (Sensor de detonación)

Es el encargado de detectar la detonación del motor, el sensor que se elige es de la marca Bosch, por su alta precisión y su sensibilidad para detectar cualquier detonación que exista en el motor.

Imagen 38

Knock (Sensor de detonación)



Fuente: Autores.

3.3.7. Wideband

Se encarga de medir la cantidad de mezcla aire-combustible en el escape, el wideband que se elige es de la marca AEM, por motivos de la alta precisión en la toma de datos de la mezcla aire combustible para una correcta programación

Imagen 39

Wideband



Fuente: Autores.

3.4. ACTUADORES

3.4.1. IAC (válvula controladora de aire en ralentí).

Esta encargado de controlar la marcha mínima en el motor, para este sistema el IAC que se selecciona es del vehículo Chevrolet Van N200, por motivos de costo ya que viene incluido al momento de adquirir el cuerpo de aceleración.

Imagen 40

IAC (válvula de control de aire en ralentí).



Fuente: Autores.

3.4.2. Bobinas de encendido

Tiene como función principal de transformar la corriente normal en una de alto voltaje, para este proyecto se selecciona las bobinas independientes del vehículo Toyota Yaris, por motivos de su fácil adaptación al nuevo sistema y estética, dando como ventaja una mejor calidad de chispa.

Imagen 41

Bobinas de encendido



Fuente: Autores.

3.4.3. Inyectores

Son los encargados de pulverizar hacia la cámara de combustión una cierta cantidad de combustible, para la selección de los inyectores se realizó el cálculo del caudal de combustible en base a los requerimientos para este sistema.

Fórmula para el cálculo de caudal de combustible. (Cifuentes Vera & otros., 2009)

$$\text{Injector flow rate} = \frac{\text{Engine HP} \cdot \text{BSFC}}{\text{Number of injector} \cdot \text{Injector duty cycle}} \left[\frac{lb}{h} \right]$$

Donde:

Injector flow rate (lb/hr) = Caudal en lb/h.

Engine Hp = Potencia del motor (hp).

Number of injectors = Número de inyectores.

Injector duty cycle = Ciclo de trabajo del inyector

BSFC = Cantidad de consumo de combustible específico que utiliza el motor.

Datos:

- **Potencia del motor** = 48Hp
- **Ciclo de trabajo del inyector** = El ciclo de trabajo del inyector debe ser de 80% o menos.
- **Número de inyectores** = 3
- **Cantidad de consumo de combustible específico que utiliza el motor** = El valor BSFC para los motores de aspiración natural, se debe estimar de 0,4 a 0,5 (lb/Hp.h)

Desarrollo:

$$\text{Injector flow rate} = \frac{(48) \cdot (0.55)}{(3) \cdot (0.85)} \left[\frac{lb}{h} \right]$$

$$\text{Injector flow rate} = 10.35 \left[\frac{lb}{h} \right]$$

$$\text{Injector flow rate} = 108.67 \left[\frac{cc}{min} \right]$$

Realizado el cálculo se procedió a seleccionar inyectores conforme al caudal de combustible que va a requerir este sistema para ello se selecciona los inyectores de la marca Bosch por ser el más apto para el proyecto además de su fácil disponibilidad en el mercado.

Imagen 42

Inyectores



Fuente: Autores.

3.4.4. Bomba de combustible

Tiene como función primordial la de suministrar la presión adecuada para el óptimo funcionamiento del motor, de acuerdo a los requerimientos del sistema para una óptima inyección en todas las condiciones de funcionamiento, se optó por seleccionar la bomba de combustible de la marca Bosch que tiene una presión en la línea de combustible de (3-4,5 bares) garantizando un suministro de combustible suficiente para el motor.

Imagen 43

Bomba de combustible



Fuente: Autores.

3.5. IMPLEMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE VAN A CONFORMAR EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

Para la implementación de los nuevos elementos del sistema de inyección programable, se tomó en cuenta el espacio, procediendo a realizar el montaje de acuerdo a su función que cumple cada uno de estos.

Imagen 44

Sistema de inyección electrónica



Fuente: Autores.

3.5.1. Sistema de admisión de aire

Para la implementación del sistema de admisión de aire, se realizó el desmontaje de la admisión original, con ello se retiró el carburador y el depurador, para luego proceder acoplar el nuevo múltiple de admisión el cual incluye los respectivos agujeros para alojar a los tres inyectores, los vacíos para el servofreno, map, regulador de combustible, canister, cuerpo de aceleración mismo que incluye el sensor TPS y el IAC, la manguera de admisión que viene incorporado con el sensor IAT y el filtro de alto flujo como se puede observar en la siguiente ilustración.

Imagen 45

Sistema de admisión de aire



Fuente: Autores.

3.5.2. Sistema de escape

Se implementó un nuevo sistema de escape el cual fue diseñado para mejorar el desempeño del motor permitiendo la rápida salida de los gases de escape, este sistema está compuesto por un header el cual lleva un orificio para instalar el sensor de oxígeno, un catalizador para mejorar la reducción de los gases contaminantes como el CO y el HC y un silenciador en la parte posterior para tener una mejor comodidad acústica durante el viaje, con este sistema se logra reducir a un nivel más bajo los niveles de emisiones de contaminantes, de acuerdo con la legislación vigente.

Imagen 46

Sistema de escape



Fuente: Autores.

3.5.3. Sistema de alimentación de combustible.

De acuerdo a los nuevos requerimientos para el nuevo sistema de inyección, y a las nuevas exigencias a la que va estar sometido la alimentación del combustible va estar compuesto por: depósito de gasolina, bomba de gasolina, filtro de gasolina, riel de inyección, regulador de presión y por los inyectores, para ello se procedió a cambiar la bomba de combustible original por una bomba de alta presión que envía una presión de 3 a 4.5 bares, también se cambió de filtro de combustible implementándolo en el mismo lugar del original, de igual forma se realizó el montaje del riel de inyector misma que, incorpora al regulador de presión junto con los inyectores que van colocados a presión y herméticamente para evitar cualquier fuga de combustible, el riel va sujetado a las 2 bases que están soldadas al múltiple asegurando el ángulo de los inyectores para este sistema de 90°.

Imagen 47

Sistema de alimentación de combustible.



Fuente: Autores.

3.5.4. Rueda fónica

Para implementar la rueda fónica se procedió acoplar una polea dentada a la polea original, para ello se adaptó la rueda de forma que los dientes perdidos coincidan con la

ubicación del sensor CKP y se contó 16 dientes atrás para que la señal coincidiera con la señal que posee el motor indicándonos que el pistón 1 se encuentra en fase de compresión en PMS, con la finalidad de sincronizar a la rueda con el salto de chispa de las bobinas de encendido y de los inyectores.

Imagen 48

Rueda fónica



Fuente: Autores.

3.6. IMPLEMENTACIÓN DE LOS SENSORES

3.6.1. MAP (sensor de presión absoluta en el colector de admisión).

El sensor map viene incluido en la Ecu, este sensor para que realice la medición de datos se tuvo que conectar a través de una manguera instalada en una toma de vacío exclusiva que posee el colector de admisión para que el sensor map pueda captar la señal.

Imagen 49

MAP (sensor presión absoluta en el colector de admisión).



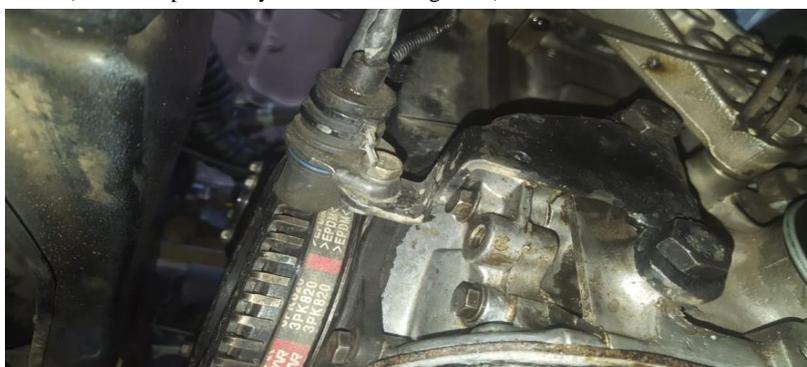
Fuente: Autores.

3.6.2. CKP (sensor de posición y velocidad del cigüeñal).

El sensor CKP tiene como función de indicarle a la ecu las revoluciones a las que está rotando el motor por este motivo se procedió a montar el sensor en una base adaptada al block, para lograr una comunicación más precisa, la punta del sensor se colocó a una distancia de 1mm de los dientes de la rueda fónica para una mejor toma de datos, luego se procedió a conectar la parte eléctrica el mismo que cuenta con 2 pines de conexión: el cable negro que envía la señal negativa y otro de color rojo que envía la señal positiva mismos que fueron conectados al ramal de cables de la ecu MS3.

Imagen 50

CKP (sensor de posición y velocidad del cigüeñal).



Fuente: Autores.

3.6.3. TPS (sensor de posición del acelerador).

Este sensor está adaptado en el cuerpo de aceleración, para la conexión de la parte eléctrica el sensor cuenta con 3 pines de conexión, que por medio de un socket se conectó al arnés de la ecu MS3: el cable blanco a la alimentación de 5 voltios, el cable negro a tierra y el cable rojo a la señal del sensor.

Imagen 51

TPS (sensor de posición del acelerador).



Fuente: Autores.

3.6.4. ECT (sensor de temperatura de refrigerante).

Este sensor está adaptado en el mismo orificio donde se alojaba el termo switch con la finalidad de tomar los valores de una forma más precisa sobre la temperatura del refrigerante e informarle a la ecu para que esta realice las debidas correcciones en la inyección del combustible y a su vez pueda activar el electro ventilador, este sensor cuenta con tres pines que se conecta con el arnés de la ecu MS3, donde el cable negro que es la tierra del sensor y el cable azul que viene hacer la señal del sensor

Imagen 52

ECT (sensor de temperatura de refrigerante).



Fuente: Autores.

3.6.5. IAT (sensor de temperatura de admisión).

El sensor IAT está incorporado en la manguera de admisión, este sensor cuenta con dos pines que por medio de un socket se conectó al ramal de la ecu MS3, el cable negro a tierra y el cable rojo a la señal del sensor.

Imagen 53

IAT (sensor de temperatura de admisión).



Fuente: Autores.

3.6.6. Knock (Sensor de detonación)

El sensor de detonación se adaptó en la parte posterior del block del motor, debajo de la admisión, el mismo que se fijó con un perno de media pulgada para una correcta toma de datos,

este sensor tiene dos pines que por medio de un socket se conectó al ramal de la ecu MS3, donde el cable de color blanco viene a ser la señal y el cable negro hacer la masa del sensor.

Imagen 54

Knock (Sensor de detonación)



Fuente: Autores.

3.6.7. Wideband

El Wideband está adaptado en el tubo de escape por medio de una tuerca M18 x 1.5 antes del catalizador, este se conecta una señal a 12v de la batería, otra a tierra y una a la señal de la ecu, lo que facilita una toma más rápida y efectiva en la toma de datos de la mezcla aire combustible.

Imagen 55

Wideband



Fuente: Autores.

3.6.8. Bobina de encendido.

Primero se procedió a retirar el distribuidor original del auto y se acoplo una placa para tapar el orificio del mismo, luego se instaló un sistema de encendido COP por su fácil adaptación, donde la bobina va sobre la bujía, para su conexión eléctrica tiene cuatro pines en el cual se conecta por medio de un socket al ramal de la ecu MS3, donde el cable amarillo viene hacer la tierra, el cable rojo la alimentación de 12v, y el cable negro la señal de activación pulso positivo.

Imagen 56

Bobina de encendido.



Fuente: Autores.

3.6.9. Inyectores

Van montados en el riel de inyectores y múltiple de admisión para la conexión eléctrica cada inyector tiene 2 pines, el cual por medio de un socket se conectado un pin a la ECU que es la señal y el otro pin son los 12v que es para la alimentación de los inyectores.

Imagen 57

Inyectores



Fuente: Autores.

3.6.10. Bomba de combustible

La bomba de combustible de alta presión esta implementada dentro del depósito, para ello se tuvo que retirar la bomba original de presión baja, y se instaló una nueva bomba, para su conexión eléctrica se instaló un relé que va a hacer el encargado de activar y desactivar la bomba de combustible.

Imagen 58

Bomba de combustible



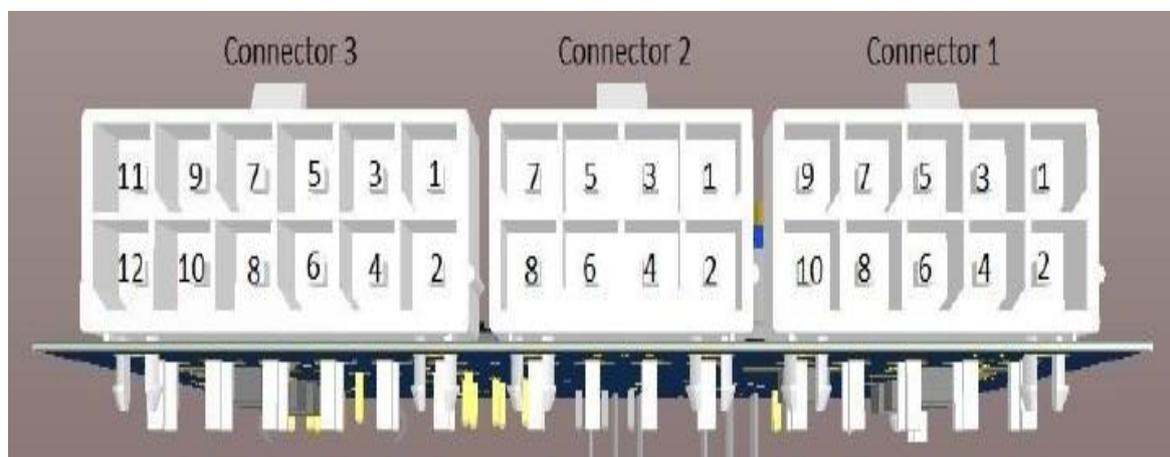
Fuente: Autores.

3.6.11. Unidad de control electrónica MS3

El ecu programable MS3 está ubicada en la guantera del carro, con ello se logra evitar cualquier contacto ya que es un componente electrónico y cualquier filtración de agua o altas temperaturas podrían dañar el componente, a continuación, se presenta el diagrama de cableado de la ECU MS3.

Figura 8

Unidad de control electrónica MS3



Fuente: Autores.

Donde:

Tabla 16

Conexión de la unidad de control

Conector 1			
Número	Nombre	Color de cable	Comentario
1	Salida del inyector 1	Marrón	
2	Salida del inyector 2	Marrón	
3	Salida del inyector 3	Marrón	

5	Salida de la bomba de combustible	Rosa claro	
6	Salida de lado bajo 1	Rosa claro	Violín
7	Salida 1 complementaria	Rosa claro	
8	Salida de lado bajo 2	Rosa claro	IAC 1
9	Salida de lado bajo 3	Rosa claro	IAC 2
10	GND	Negro	
Conector 2			
Número	Nombre	Color de cable	Comentario
1	Salida de encendido 1	Verde	
2	Salida de encendido 2	Verde	
3	Salida de encendido 3	Verde	
5	Salida de tacómetro	Azul	
6	Voltaje de referencia de los sensores 5v	Rosa	
7	12v conmutado	Rojo	
8	GND	Negro	
Conector 3			
Número	Nombre	Color de cable	Comentario
1	Entrada de manivela +	Amarillo	
2	Entrada de manivela -	Marrón claro	
3	Entrada de leva +	Amarillo	
4	Entrada de leva -	Marrón claro	
5	Entrada MAP/MAF	Blanco	
6	Entrada de temperatura del aire de admisión	Blanco	
7	Entrada de temperatura del refrigerante	Blanco	
8	Entrada del sensor de O2	Blanco	

9	Entrada de posición del acelerador	Blanco	
10	Entrada de sensor de detonación	Blanco	
11	Entrada externa 1	Blanco	PE0
12	Entrada externa 2	Blanco	PE1

Fuente: Autores

Para la conexión eléctrica de la ecu MS3 primeramente se debe verificar que la conexión a tierra este correctamente conectada al chasis y al motor, luego para el suministro de energía es recomendable primero revisar que la carga del vehículo este en perfectas condiciones ya que es recomendable que esta trabaja con una tensión máxima de 13.6 voltios y como mínimo de 10 voltios , luego de esto conectamos el cable rojo a ignición junto con el fusible a la fuente de la batería para evitar cualquier corto en el sistema.

Imagen 59

Ecu MS3.



Fuente: Autores.

3.7. PROGRAMACIÓN DE LA ECU PROGRAMABLE MS3

Para programar la ECU se debe instalar el software TunerStudio MS y proceder con su instalación, seguido a esto para poder comunicarse con la ECU programable se lo puede hacer a través del bluetooth o de un adaptador serial USB, la pantalla de inicio del programa se muestra en la siguiente imagen.

Figura 9

TunerStudio MS.



Fuente: Autores.

Antes de empezar con la programación se requiere seguir algunos pasos para que aparezca la pantalla de comunicación, en donde se va a poder realizar los respectivos ajustes en la programación de la ECU.

3.7.1. Creación de un nuevo proyecto

Para ello se selecciona en la pantalla principal, crear un proyecto nuevo, aquí se va dar el nombre al proyecto, y para que el ecu pueda detectar el cable serial USB es requisito verificar la conexión del cable serial USB y asegurarse que el ecu tenga energía.

3.7.2. Propiedades del proyecto

Una vez que la ECU este verificada aparecerá una nueva ventana, donde se seleccionara los parámetros con los que se va a trabajar.

3.7.3. Parámetros de comunicaciones

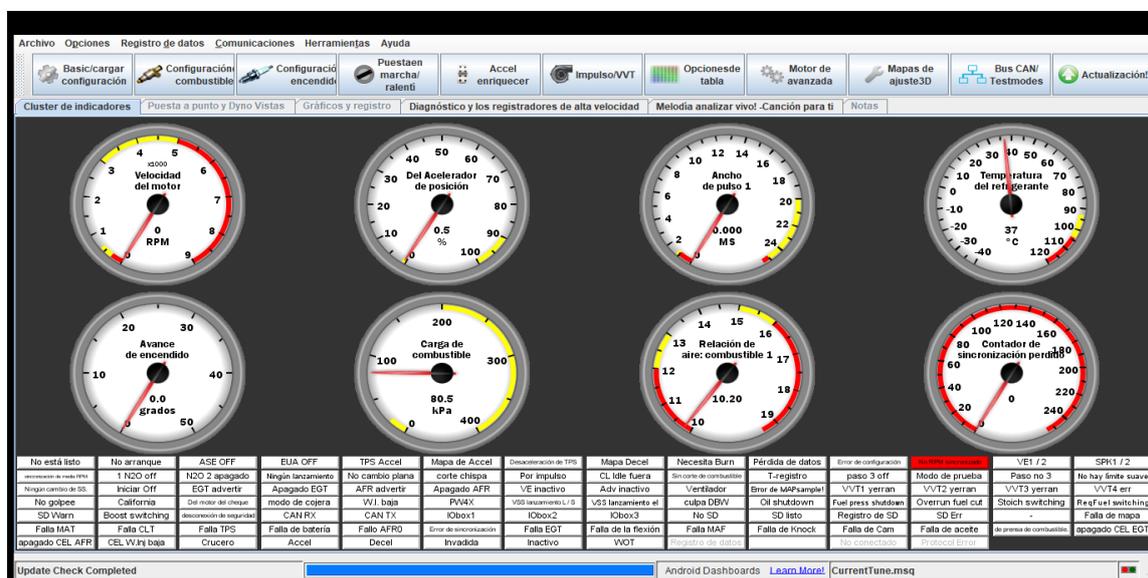
En esta ventana se dejó igual, porque al momento de que se detecta el ecu programable estos ya se configuran.

3.7.4. Pantalla de comunicación

Finalmente, luego de presionar siguiente a la ventana de parámetros de comunicación, debe salir ya la pantalla estándar de comunicación, como indica la figura a continuación.

Figura 10

Pantalla estándar de comunicación



Fuente: Autores.

3.8. CONFIGURACIONES BÁSICAS ANTES DEL PRIMER ARRANQUE

3.8.1. Calibración del TPS

Para la calibración del sensor de posición del acelerador, el acelerador tiene que estar completamente cerrado y se da clic en el botón obtener actual, de igual forma se presiona el acelerador para que la aleta de la mariposa se abra totalmente y se da clic en obtener el valor actual, para finalizar se presiona el botón aceptar y el TPS estará calibrado.

Figura 11

Calibración del TPS

Calibrar el Sensor de posición del Acelerador

Calibrar del Acelerador

Cerrada del Acelerador ADC Conde 96

Full throttle Conde de ADC 875

Fuente: Autores

3.8.2. Calibración del MAP

Primero se da clic en herramientas se escoge la opción de calibrar MAP, al estar haciendo uso del sensor Map que trae incorporado la ECU, este sensor por lo general se suministra con un sensor MPX4250AP de 2,5 bar que admite hasta 21 psi de impulso como se indica en la figura.

Figura 12

Calibración del MAP

The screenshot shows a software window titled "Calibrar el mapa/Baro" with a close button (X) in the top right corner. Below the title bar are "Ver" and "Ayuda" links. The main content area is divided into several sections:

- Sensor MAP**: A dropdown menu is set to "MPX4250". Below it are two input fields: "Valor en el 0,0 Voltios(%)" with a value of 10.0, and "Al valor de 5,0 voltios(%)" with a value of 260.0.
- Barómetro Sensor (normalmente idéntico al mapa)**: A dropdown menu is set to "Personalizada". Below it are two input fields: "Valor en el 0,0 Voltios(kPa)" with a value of 9.3, and "Al valor de 5,0 voltios(kPa)" with a value of 260.9.
- Corrección barométrica**: Two input fields: "Al vacío total(%)" with a value of 0.0, and "Tasa de(%)" with a value of 0.

At the bottom of the window, there are four buttons: a left arrow, a right arrow, a "Quemar" button with a flame icon, and a "Cerrar" button.

Fuente: Autores

3.8.3. Calibración del ECT

Como primer requisito debemos fijarnos en el tablero principal que el sensor de temperatura del refrigerante este casi igual de la temperatura exterior, con esto se puede corroborar que el sensor este marcando bien, y con una secadora se caliente el sensor para verificar haya una correcta lectura de datos, luego en la pestaña herramientas se da clic en calibrar tablas de termistor y desde aquí se va poder configurar la calibración del sensor temperatura del refrigerante para este proyecto se ha dejado la siguiente configuración como se muestra en la imagen.

Figura 13

Calibración del ECT

Calibrar termistor tablas...

Tabla Sensor
Sensor de temperatura del refrigerante

Solución de entrada de tabla
Generador de Therm 3 puntos

Mediciones del termistor
Valores comunes de Sensor Seleccione un sensor común

Valor de sesgo resistencia (ohmios) 2490.0

Fahrenheit Celsius

Temperatura(°C)	Resistencia (ohmios)
-20	100490.0
20	1500
110	580

Seleccione configuración, haga clic en "Escribir en controlador"

Escribir en controlador

Cerrar

Fuente: Autores

3.8.4. Calibración del IAT

Al igual que el sensor ECT primero se debe verificar en el indicador del tablero que este marcando bien, para ello cuando el vehículo este apagado el IAT debe estar marcando cero, y para verificar que sensor si está leyendo el flujo de aire se puede utilizar una secadora para simular una entrada de aire, una vez comprobado que el sensor este haciendo las tomas de datos correctamente damos clic en las tablas de termistor y configuramos, dejando la siguiente configuración como se muestra en la imagen.

Figura 14*Calibración del IAT*

Calibrar termistor tablas...

Tabla Sensor

Sensor de temperatura de aire

Solución de entrada de tabla

Generador de Therm 3 puntos

Mediciones del termistor

Valores comunes de Sensor GM

Valor de sesgo resistencia (ohmios) 2490.0

Fahrenheit Celsius

Temperatura(°C)	Resistencia (ohmios)
-40.0	100700.0
30.0	2238.0
99.0	177.0

Seleccione configuración, haga clic en "Escribir en controlador"

Escribir en controlador

Cerrar

Fuente: Autores

3.8.5. Configuración secuencial y del motor

En la pantalla principal se da clic en configuraciones básicas, configuración del motor y secuencial, aquí se va a desplegar una pantalla como la que se muestra a continuación dentro de la cual se va a necesitar los siguientes requisitos los cuales fueron llenados de acuerdo a las especificaciones del motor como se muestra en la imagen.

Figura 15

Configuración secuencial y del motor

Fuente: Autores

3.8.6. Cálculo del requerimiento de combustible

Para que el programa TunerStudio MS haga el cálculo del requerimiento de combustible, es necesario ingresar la configuración del motor correctamente, para ello la siguiente imagen muestra la configuración que se completó en base a los datos del motor GA para que el programa pueda calcular el 'Combustible requerido'.

Figura 16

Cálculo del requerimiento de combustible

Calculadora de combustible requerido

Calculadora de combustible requerido

Desplazamiento del motor 61.0

Número de cilindros 6

Flujo del inyector 17.1

Relación aire-combustible 14.7

Unidades

CID CC

lb / hr CC/min

Ok Cancelar

Fuente: Autores

3.8.7. Configuración de inyección secuencial

En la ventana de configuración del motor y secuencial se realiza la configuración de la inyección teniendo en cuenta el orden de encendido 1,2,3, para el motor GA 3 cilindros se dejó la siguiente configuración.

Figura 17

Configuración de inyección secuencial

Inyección de combustible secuencial

Las salidas principales de combustible MS3X fuel

Secuenciales en Apagado

Ángulo Especifica: Final de squirt

Guarnecido del inyector Apagado

Orden de disparar

A.	1
B.	2
C.	3
F.	0
E.	0
F.	0
G.	0
H.	0

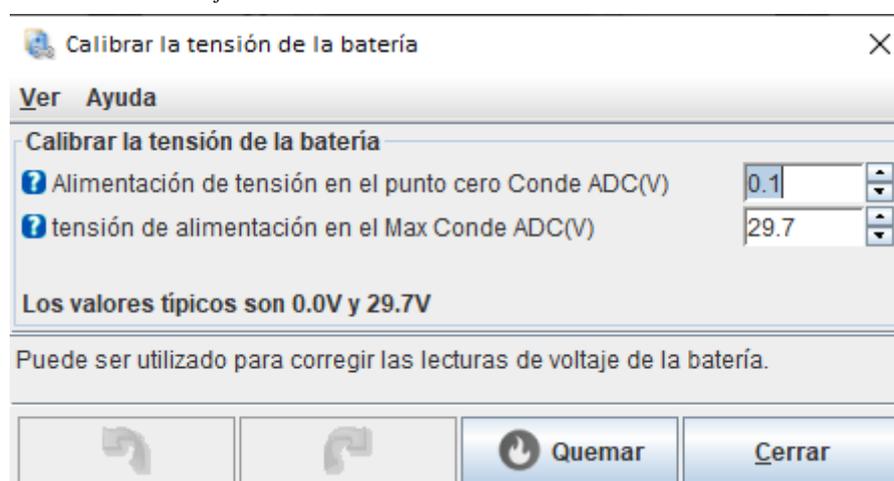
Fuente: Autores

3.8.8. Calibración del voltaje de la batería

Para ello se tiene que revisar que el indicador de voltaje de la batería este marcando, el cual debe estar entre 12 a 13 voltios, luego confirmado este valor se da clic en herramientas y se escoge la opción de calibrar la tensión de la batería, por lo general es recomendable dejar los valores predeterminados.

Figura 18

Calibración del voltaje de la batería



Fuente: Autores

3.8.9. Configuración de encendido

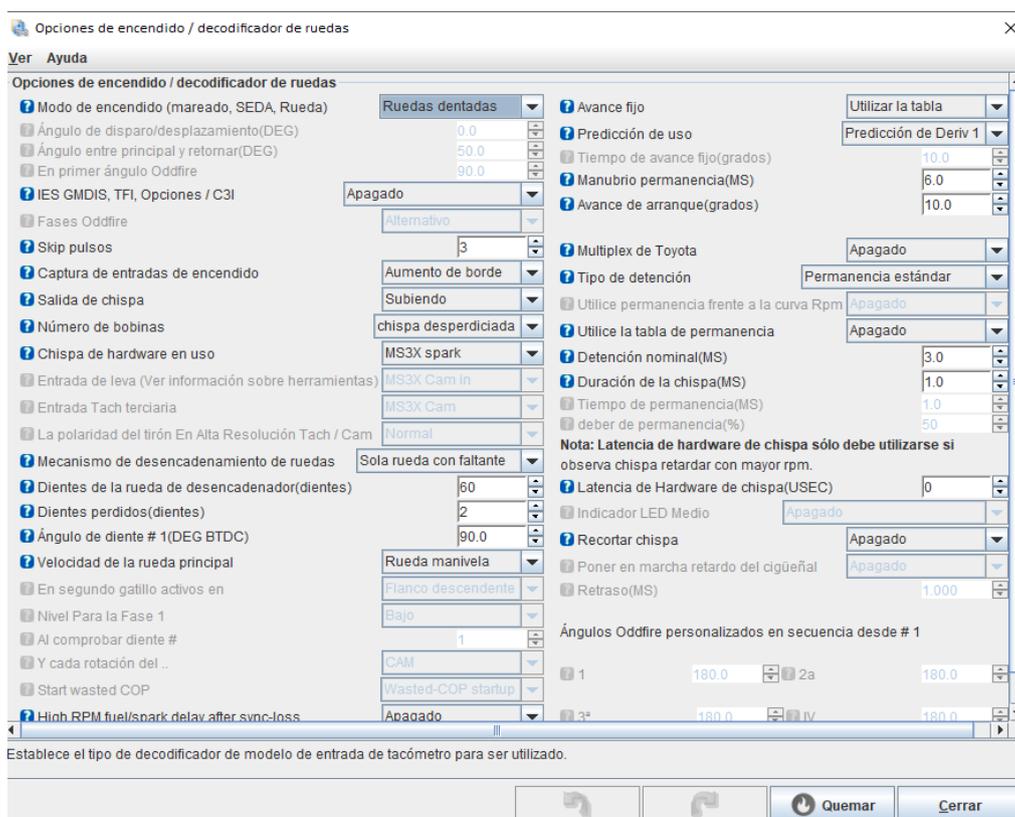
La configuración del encendido es una de las áreas más importantes a la hora de instalar y configurar la MS3, porque aquí una mala configuración puede dañar el motor, la ventaja de la ECU MS3 es que su firmware admite una amplia gama de ajustes y configuraciones de encendido para adaptarse a muchos motores de fábrica.

Para la configuración del encendido se debe hacer clic en configuración de encendido, decodificador de opciones y rueda de encendido, aquí se va a desplegar el siguiente menú, el

cual tiene incluido los ajustes primordiales como es el modo de chispa, las tablas de encendido, la corrección de la batería de avance, el retardo de sincronización basado en la temperatura del aire del múltiple de admisión, y los ajustes del sensor de detonación, para este proyecto se dejó la siguiente configuración como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 19

Configuración de encendido



Fuente: Autores

3.9. MAPAS DE INYECCIÓN

El software TunerStudio MS cuenta con una amplia variedad de mapas, para tener acceso a ellos se accede desde el menú de la barra de herramientas mapas 3D, donde se puede realizar cambios en cualquier momento ya sea en la tabla o en el mapa.

Figura 21

Tabla de encendido 3 mapa deportivo

	700	927	1200	1545	2013	2570	3133	3700	4300	4867	5430	5991	6498	6898	7226	7500
400.0	34.0	34.5	35.0	35.7	36.7	37.9	39.0	40.2	41.4	42.6	43.7	44.9	45.9	46.8	47.4	48.0
300.0	32.4	32.9	33.5	34.3	35.3	36.5	37.8	39.0	40.4	41.6	42.9	44.1	45.2	46.1	46.9	47.5
200.0	30.8	31.3	31.9	32.8	33.9	35.2	36.5	37.9	39.3	40.7	42.0	43.3	44.5	45.5	46.3	46.9
120.7	29.5	30.0	30.7	31.6	32.8	34.2	35.6	37.0	38.5	39.9	41.3	42.7	44.0	45.0	45.8	46.5
96.7	29.1	29.7	30.4	31.2	32.4	33.8	35.3	36.7	38.2	39.7	41.1	42.5	43.8	44.8	45.7	46.4
88.5	28.9	29.5	30.2	31.1	32.3	33.7	35.2	36.6	38.1	39.6	41.0	42.5	43.8	44.8	45.6	46.3
81.7	28.8	29.4	30.1	31.0	32.2	33.6	35.1	36.5	38.1	39.5	41.0	42.4	43.7	44.7	45.6	46.3
75.0	28.7	29.3	30.0	30.9	32.1	33.5	35.0	36.5	38.0	39.5	40.9	42.4	43.7	44.7	45.5	46.2
70.0	28.6	29.2	29.9	30.8	32.0	33.5	34.9	36.4	37.9	39.4	40.9	42.3	43.6	44.7	45.5	46.2
65.0	28.6	29.2	29.9	30.8	32.0	33.4	34.9	36.3	37.9	39.4	40.8	42.3	43.6	44.6	45.5	46.2
60.0	28.5	29.1	29.8	30.7	31.9	33.3	34.8	36.3	37.8	39.3	40.8	42.2	43.6	44.6	45.4	46.2
55.0	28.4	29.0	29.7	30.6	31.8	33.3	34.7	36.2	37.8	39.3	40.7	42.2	43.5	44.6	45.4	46.1
50.0	28.3	28.9	29.6	30.5	31.8	33.2	34.7	36.2	37.7	39.2	40.7	42.2	43.5	44.5	45.4	46.1
45.0	28.2	28.8	29.6	30.5	31.7	33.1	34.6	36.1	37.7	39.2	40.7	42.1	43.5	44.5	45.4	46.1
38.7	28.1	28.7	29.5	30.4	31.6	33.1	34.5	36.0	37.6	39.1	40.6	42.1	43.4	44.5	45.3	46.0
30.0	28.0	28.6	29.3	30.2	31.5	33.0	34.4	35.9	37.5	39.0	40.5	42.0	43.3	44.4	45.3	46.0

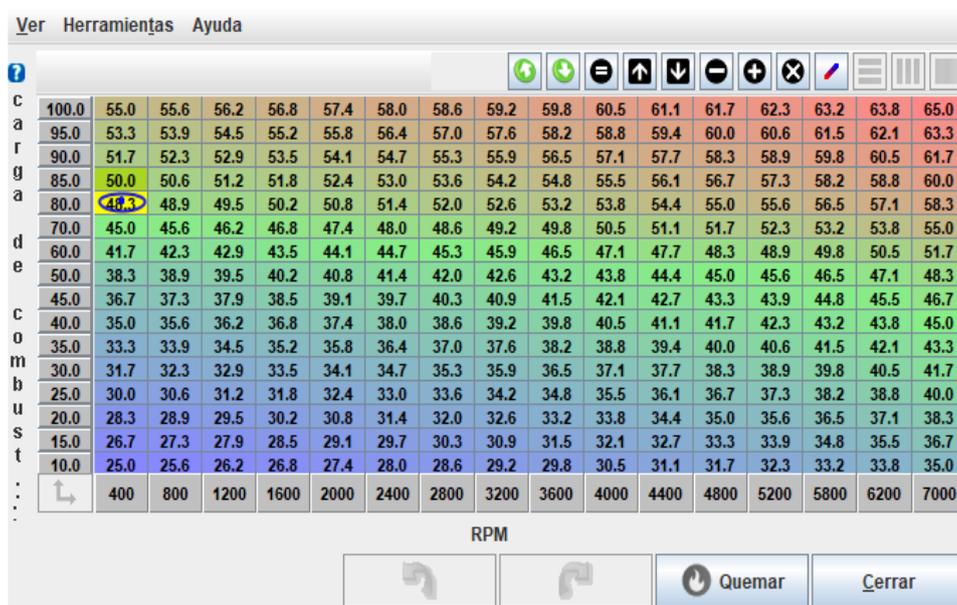
Fuente: Autores

3.9.2. Tablas de combustible VE 1 Y VE3

Para este proyecto las tablas de combustibles para ambos mapas las podemos visualizar en las siguientes imágenes donde el eje x representa las rpm y el eje y representa la carga de encendido y la altura en cada punto refleja los grados para el mismo punto en la tabla, estos valores se obtuvieron mediante la conducción del vehículo llevando el motor a diversos parámetros de carga donde se pudo obtener los valores más ideales tanto para altas y bajas revoluciones.

Figura 22

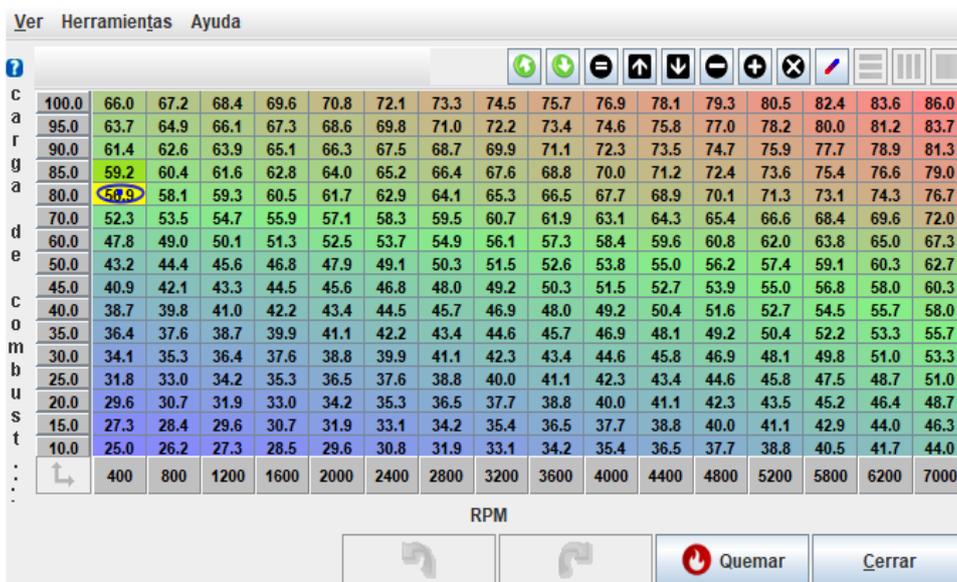
Tabla de combustible VE 1 mapa eco



Fuente: Autores

Figura 23

Tabla de combustible VE 3 mapa sport



Fuente: Autores

3.9.3. Check Engine

Para cualquier avería o daño que pueda a ver durante el funcionamiento del motor se instaló la luz Check Engine Light la misma que va permitir verificar el rango de varias entradas de los sensores para verificar el correcto funcionamiento y en caso de alguna falla establecer una luz de advertencia en el tablero, para la configuración de la luz damos clic en CAN Bus/Testmodes y clic en Check Engine Light donde se va a mostrar la siguiente pantalla

Figura 24

Check Engine

Luz del motor del cheque

Ver Ayuda

Luz del motor del cheque

Validación del sensor

Comprobación del sensor: En

Salida de luz: Apagado

Códigos Sólido / Flash CEL: Sólido

Quando la luz no está en ejecución: Apagado

No haga caso de fluctuaciones Para Primera(s): 20

Comprobar sensor de MAP: En

ADC mínimo: 0

Máximo ADC: 1023

Fluctuación mínima: 0

Fluctuación máxima: 7000

Comprobación del sensor MAT: Apagado

ADC mínimo: 5

Máximo ADC: 1018

Fluctuación máxima: 1500

Comprobación del sensor CLT: En

ADC mínimo: 5

Máximo ADC: 1018

Fluctuación máxima: 1000

Comprobar TPS: En

ADC mínimo: 0

Máximo ADC: 1023

Fluctuación máxima: 7000

Verificación de la batería: En

Voltaje mínimo: 7.0

Voltaje máximo: 23.0

Fluctuación máxima: 15

Comprobación del sensor EGO1: En

AFR mínima (AFR): 8.5

AFR máxima (AFR): 22.0

Fluctuación mínima: 10

Fluctuación máxima: 2000

La pérdida de sincronización-Check: En

Las pérdidas de sincronización N° de compañía: 1

Comprobación del sensor EGT: En

EGT mínimo (°C): -40.0

EGT máximo (°C): 1482.1

Fluctuación mínima: 0

Fluctuación máxima: 10000

Comprobar la flexión del sensor: Apagado

Seguridad AFR, presión de aceite situado CEL.

entrada STATUS5: Apagado

Shows STATUS5: Fluctuación

Quemar Cerrar

Fuente: Autores

4. EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR GA A INYECCIÓN ELECTRÓNICA

4.1 PRUEBA DESPUES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRONICO PROGRAMABLE

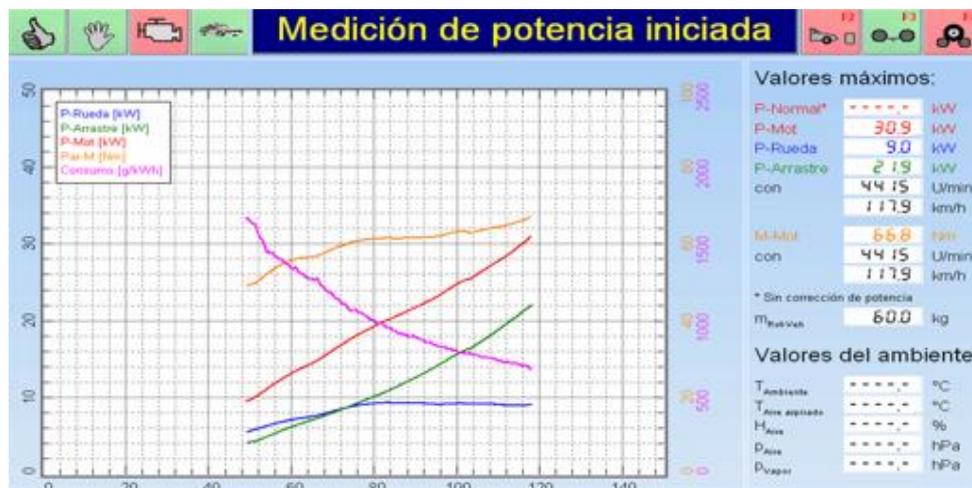
Concluida la implementación del sistema, con sus respectivas calibraciones, se empezó a realizar la prueba de potencia, consumo de combustible y emisión de gases dañinos para poder así tener un resultado final y analizar las mejoras que se dan.

4.1.1. PRUEBA DE POTENCIA

Al igual que con el anterior sistema la prueba de potencia se llevó a cabo en el banco dinamométrico de la Universidad colocando la tracción delantera sobre unos rodillos y sincronizando las rpm del motor con las del banco dinamométrico. De igual manera se utilizará la cuarta marcha donde las revoluciones son máximas, la relación de transmisión es 1:1 y así obtener los datos correspondientes.

Figura 25

Grafica de potencia y torque con el sistema de inyección electrónico implementado



Fuente: Autores.

De igual manera, los resultados obtenidos con el motor en marcha a distintas revoluciones se muestran en la siguiente **Tabla 17**.

Tabla 17

Valores obtenidos con el sistema de inyección implementado

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA DE CUENCA				
Matrícula: XBR426				
n [U/min]	P-Motor [kW]	M-Normal [Nm]	P-Rueda [kW]	P-Arrastre [kW]
1845.00	9.419	48.748	5.392	4.027
2100.00	11.763	53.488	6.510	5.253
2210.00	12.754	55.106	6.880	5.873
2215.00	12.795	55.160	6.892	5.903
2220.00	12.833	55.201	6.909	5.925
2225.00	12.872	55.241	6.925	5.946
3010.00	19.261	61.104	9.143	10.118
3015.00	19.295	61.111	9.149	10.146
3020.00	19.329	61.117	9.155	10.175
3100.00	19.881	61.241	9.230	10.651
3200.00	20.511	61.207	9.192	11.319
3285.00	21.077	61.269	9.162	11.915
3290.00	21.119	61.296	9.168	11.951
3300.00	21.180	61.289	9.167	12.013
3305.00	21.207	61.274	9.161	12.046
3310.00	21.240	61.276	9.160	12.080
3855.00	25.301	62.672	9.082	16.220
3860.00	25.309	62.611	9.072	16.237
3990.00	26.519	63.466	9.080	17.439
3995.00	26.567	63.502	9.080	17.487
4000.00	26.616	63.538	9.080	17.536
4305.00	29.561	65.569	8.879	20.682
4400.00	30.705	66.637	8.966	21.739
4405.00	30.777	66.717	8.981	21.796
4410.00	30.849	66.799	8.997	21.853
4415.00	30.922	66.880	9.013	21.909
4600.00	32.194	69.394	9.336	22.604
4700.00	32.797	70.595	9.461	22.843

4800.00	33.395	71.793	9.572	23.042
5000.00	34.687	74.499	9.857	23.767
5100.00	35.292	75.690	9.958	23.941

Fuente: Banco dinamométrico de la Universidad Salesiana sede Cuenca.

Concluido la prueba de potencia, y con los datos establecidos correctamente tanto de la gráfica en la **Figura 25**, como en la **Tabla 17**, se logra determinar la potencia máxima con el sistema a inyección electrónico programable a las 5100 rpm es de, 35.2 kW equivalente a **47 HP**.

4.1.2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE POTENCIA Y TORQUE

Para realizar un análisis comparativo del sistema a carburación y a inyección electrónico programable, se establece los datos otorgados por el dinamómetro como se muestra en la **Tabla 18**.

Tabla 18

Comparación de datos del sistema implementado

VALORES DE POTENCIA Y TORQUE			
Parámetros	Rpm	Sistema a carburador	Sistema a inyección electrónica
Potencia	5100	42 HP	47 HP
Torque	3200	43 lb-ft	45 lb-ft

Fuente: Autores.

Al observar los valores de potencia y torque otorgados por el banco dinamométrico de los dos sistemas, se procede a realizar un análisis. El aumento de potencia y torque del sistema

implementado es evidente. Al realizar una comparación del antes y después de la implementación, se obtiene la siguiente relación.

$$\Delta \text{Potencia} = \text{potencia } f - \text{potencia } i$$

$$\Delta \text{Potencia} = 47 \text{ HP} - 42 \text{ HP}$$

$$\Delta \text{Potencia} = 5 \text{ HP}$$

El incremento que se da, en el sistema de inyección electrónico programable es de 5 HP correspondiente al aumento del 12 % con respecto al sistema a carburador, esto demuestra la superación que tiene el sistema implementado.

De igual manera realizaremos una comparación con el torque como se muestra en la siguiente relación:

$$\Delta \text{Torque} = (\text{lb-ft}) f - (\text{lb-ft}) i$$

$$\Delta \text{Torque} = (45 \text{ lb-ft}) - (43 \text{ lb-ft})$$

$$\Delta \text{Torque} = 2 \text{ lb-ft}$$

Obteniendo así un incremento de 2 lb-ft, demostrando una vez más la eficiencia que tiene la implementación del sistema de inyección electrónico programable con respecto al sistema a carburador.

Ahora se procederá a realizar un análisis con respecto a los datos de la ficha técnica otorgados por el fabricante con la reducción del 10% por cada 1000 msnm y el sistema implementado.

Tabla 19

Comparación de datos del sistema implementado

VALORES DE LA FICHA TECNICA				
Parámetros	Rpm	Ficha técnica a 2560 msnm	Sistema a carburador	Sistema a inyección electrónica
Potencia	5100	35.71 HP	42 HP	47 HP
Torque	3200	42.40 lb-ft	43 lb-ft	45 lb-ft

Fuente: Autores.

Teniendo la siguiente relación con respecto a la potencia

$$\Delta \text{Potencia} = \text{potencia } f - \text{potencia } i$$

$$\Delta \text{Potencia} = 47 \text{ HP} - 35.71 \text{ HP}$$

$$\Delta \text{HC} = 11.29 \text{ HP}$$

El incremento que se da en el sistema de inyección electrónica programable es 11.29 HP correspondiente al aumento del 31.61 % con respecto al sistema a carburador, esto demuestra la mejora de la potencia con el sistema implementado.

De igual manera realizaremos la misma comparación realizada anteriormente, pero esta vez con el torque como se muestra en la siguiente relación:

$$\Delta \text{Torque} = (\text{lb-ft}) f - (\text{lb-ft}) i$$

$$\Delta \text{Torque} = (45 \text{ lb-ft}) - (42.40 \text{ lb-ft})$$

$$\Delta \text{Torque} = 3 \text{ lb-ft}$$

Obteniendo así un incremento del 6.13 % equivalente a 3 lb-ft, demostrando una vez más la eficiencia que tiene la implementación del sistema de inyección electrónico programable con respecto al sistema a carburador.

4.1.3. PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Esta prueba se llevó a cabo en el banco dinamométrico de la Universidad Politécnica Salesiana, al igual que para la medición en el sistema a carburador se utilizó el mismo sistema auxiliar donde se utilizó una caneca de 5 galones con 3 galones de gasolina conectada a la bomba eléctrica de alta presión de combustible y en la de retorno se acoplo una botella de 1 galón con el objetivo de medir el nivel de combustible restante en la probeta.

Imagen 60

Probeta



Fuente: Autores.

Prueba de consumo en carretera

Para esta prueba y con el sistema ya implementado se hizo el mismo recorrido saliendo como punto de partida la estación de servicio Terpel Narancay ubicada en la ciudad de Cuenca hasta la estación de servicio Felipe de Oña que se ubica en el cantón Oña que limita con la provincia de Loja. Se recorrió una distancia de 97 km en un tiempo de 1 hora con 36 minutos. En el recorrido se obtuvo un consumo de 1.51 galones, estableciendo los siguientes datos como se muestra en tabla.

Tabla 20

Prueba de carretera con el sistema implementado

DATOS OBTENIDOS			
TIEMPO	DISTANCIA	VELOCIDAD	CONSUMO
1 hora 36 min	97 km	60-80 km/h	1.51 gal

Fuente: Autores.

Prueba de consumo en ciudad

Para esta prueba se hizo el mismo recorrido que con el sistema a carburación, se siguió la ruta de bus teniendo como punto de partida el Redondel de la Pitas Ns que estaba cerca de la gasolinera P&S ubicada en la ciudad de Loja, donde se llenó el tanque a full y se procedió a recorrer una distancia total de 20km en la que se tuvo 65 paradas, con una duración de 1 hora con 13 minutos llegando al mismo punto de partida donde se llenó nuevamente el tanque y se pudo apreciar un consumo de 0.41 galones, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 21*Prueba de ciudad con el sistema implementado*

DATOS OBTENIDOS			
TIEMPO	DISTANCIA	VELOCIDAD	CONSUMO
1 hora 13 min	20 km	20-40 km/h	0.41 gal

*Fuente: Autores.***4.1.4. CALCULO DE CONSUMO****Calculo consumo de combustible en banco dinamométrico**

Para ello se procede a medir con la probeta el combustible restante de la caneca

$$Combustible_{total} = Combustible_{inicial} - combustible_{final}$$

$$Combustible_{total} = 3 gal - 2.937 gal$$

$$Combustible_{total} = 0,063 gal$$

Finalmente se hace el cálculo de combustible por kilometro

$$Combustible_{total/km} = \frac{0.063 gal}{2 km}$$

$$Combustible_{total/km} = 0,0315 km/gal$$

Con el resultado promedio obtenido se obtuvieron los siguientes valores:

10 km – 0,15 gal – 0.56 L

50 km – 0.78 gal – 2.95 L

100 km – 1.57 – 5.94 L

Ahora se muestran los cálculos pertinentes con forme a la ecuación de distancia recorrida por galón de consumo.

$$x = \frac{\text{Distancia}}{\text{Consumo}} \quad (1)$$

Calculo consumo de combustible en carretera

Datos:

- Distancia = 97 km
- Consumo = 1.51 gal

$$x = \frac{97 \text{ km}}{1.51 \text{ gal}} = 64.23 \text{ km/gal}$$

Con el resultado promedio obtenido se obtuvieron los siguientes valores:

50 km – 0.77 gal – 2.91 L

97 km – 1.51 gal – 5.71 L

100 km – 1.55 gal – 5.86 L

Calculo consumo de combustible en ciudad

Datos:

- Distancia = 20 km
- Consumo = 0.41 gal

$$x = \frac{20 \text{ km}}{0.41 \text{ gal}} = 48.78 \text{ km/gal}$$

Con el resultado promedio obtenido se obtuvieron los siguientes valores:

20 km – 0.41 gal – 1.55 L

30 km – 0.61 gal – 2.30 L

40 km – 0.82 gal – 3.10 L

Como se puede observar con el sistema a inyección se tiene un consumo en el banco dinamométrico de 0,0315 km/gal, en carretera 64,23 km/gal y en ciudad 48.78 km/gal, estos resultados servirán para la comparación con el sistema convencional a carburador.

4.1.5. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Se establece los datos de consumo tanto por el sistema a carburador como por el sistema a inyección electrónico programable para poder realizar un análisis definitivo.

Tabla 22

Comparación de datos

VALORES DE CONSUMO			
Pruebas	Distancia (km)	Carburador (km/gal)	Inyección electrónica (km/gal)
Dinamómetro	2	0.042	0,0315
Carretera	97	48.74	64.23
Ciudad	20	35.71	48.78

Fuente: autores.

Con los resultados obtenidos se puede demostrar que el sistema de inyección electrónico es muy eficiente con respecto al sistema a carburación, logrando obtener un mayor rendimiento del combustible por la misma distancia de recorrido.

4.1.6. PRUEBA DE GASES CONTAMINANTES

De igual manera que con el sistema anterior, la prueba se realizó en el taller automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, realizando la medición de gases mediante una sonda de acero colocada en el tubo de escape, reflejando así los datos en el analizador de gases como se muestra en la Imagen

Imagen 61

Analizador de gases con el sistema de inyección electrónica programable



Fuente: Autores.

Con los valores obtenidos se da a conocer los Hidrocarburos no combustionados (HC), porcentaje del Monóxido de carbono (CO) y el oxígeno (O₂), que son generados en el tubo de escape, obteniendo los datos como se indica en la siguiente **Tabla**.

Tabla 23

Datos de emisión con el sistema de inyección electrónica programable.

DATOS DE LA EMISIÓN		
CO	0.7	%
CO2	14.7	%
HC	105	Ppm
O2	0.3	%
Lambda	1	

Fuente: Autores.

4.1.7. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE GASES CONTAMINANTES

Con los datos establecidos tanto del sistema a carburador como del sistema a inyección electrónica programable implementada, se procede a realizar las comparaciones pertinentes del CO y el HC como se indica en la tabla.

Tabla 24

Comparación de emisiones entre sistemas.

VALOR DE EMISIONES		
Medidas	Sistema a carburador	Sistema a inyección
CO (%)	1.4	0.7
HC (ppm)	765	105

Fuente: Autores

Al analizar los valores otorgados por el analizador de gases entre los dos sistemas se puede apreciar una reducción como me muestra en la siguiente relación.

$$\Delta \text{ Monóxido de carbono} = CO_i - CO_f$$

$$\Delta \text{ Monóxido de carbono} = 1.4 \% - 0.7 \%$$

$$\Delta \text{ Monóxido de carbono} = 0.7 \%$$

En donde el CO ha disminuido en un 0.7 % equivalente al 50 % con respecto al dato obtenido cuando el vehículo era a carburación. De igual manera para los hidrocarburos no combustionados se tiene la siguiente comparación.

$$\Delta \text{ Hidrocarburos no Combustionados} = HC_i - HC_f$$

$$\Delta \text{ Hidrocarburos no Combustionados} = 765 \text{ ppm} - 105 \text{ ppm}$$

$$\Delta \text{ Hidrocarburos no Combustionados} = 660 \text{ ppm}$$

Aquí se puede apreciar una reducción de los Hidrocarburos no combustionados de 660 ppm con respecto al dato obtenido del sistema a carburador. Es decir, una reducción del 86.27 %, cumpliendo con todo lo establecido en el proyecto técnico.

Ahora se realizará un análisis comparativo con respecto a la norma técnica ecuatoriana INEN que al ser un sistema plenamente modificado a inyección se toma los siguientes datos como se muestra en la tabla.

Tabla 25

Comparación de emisiones con la norma INEN

VALOR DE EMISIONES CON LA NORMA INEN		
Medidas	Norma INEN para motores alimentados a inyección	Sistema a inyección
CO (%)	1,5 y 0,5 %	0.7

HC (ppm)	50 y 150 ppm	105
----------	--------------	-----

Fuente: Autores

Como se puede apreciar en la tabla los datos que se proporcionan sobre el monóxido de carbono (CO) es de 0.7 el cual están dentro de los límites permitidos por las normas INEN, de igual forma los hidrocarburos no combustionados (HC) son de 105 ppm mismas que están en el límite permitido por la norma, teniendo así un sistema de inyección electrónica programable menos contaminante que un sistema convencional como lo es el carburador.

Ahora bien, si los datos planteados han sido favorables para la reducción de la contaminación, se puede mejorar aún más estos datos, esto se lo puede lograr con la colocación de un catalizador como se mostró en el capítulo anterior, teniendo así una disminución muy favorable para la contaminación en el parque automotor como se indica a continuación.

Imagen 62

Analizador de gases con el catalizador



Fuente: Autores.

Teniendo los siguientes datos:

Tabla 26*Datos de emisión con el catalizador*

DATOS DE LA EMISIÓN		
CO	0.03	%
CO2	14.7	%
HC	40	Ppm
O2	0.19	%
Lambda	1	

Fuente: Autores

Para así tener la siguiente tabla 27 de comparación con la norma INEN, teniendo como norma general que los motores provistos de catalizador deben tener un CO entre 0,3 y 0,1 % y los HC deben tener menos de 50 ppm.

Tabla 27*Comparación de emisiones con un catalizador*

VALOR DE EMISIONES CON LA COLOCACIÓN DE UN CATALIZADOR		
Medidas	Norma INEN para motores alimentados a inyección	Sistema a inyección con catalizador
CO (%)	1,5 y 0,5 %	0.03
HC (ppm)	50 y 150 ppm	40

Fuente: Autores

Con estos datos, se pudo demostrar la eficiencia de un sistema a inyección electrónica programable con la integración de un catalizador, logrando una disminución de contaminantes muy eficaz, teniendo así un vehículo menos contaminante que puede aprobar la revisión técnica vehicular sin tener ningún inconveniente.

VII. MARCO METODOLOGICO

Para llevar a cabo este proyecto se hizo uso de los procedimientos metodológicos que sirvieron para alcanzar con los objetivos planteados.

Método científico

Para dar solución con el primer objetivo planteado se aplicó el método científico a través de la recolección de información bibliográfica; es decir a través de libros, artículos científicos, revistas, etc. ya que define una serie de pasos que conducen a la búsqueda de conocimientos referentes a un sistema de inyección electrónico programable.

Método analítico

Con el segundo objetivo se aplicó el método analítico porque permite desglosar a totalidad el sistema de inyección electrónica permitiendo analizar el funcionamiento del motor GA, estableciendo causas y efectos mediante procesos de diagnóstico automotriz, para así determinar el estado del motor, y obtener datos para su posterior implementación.

Método descriptivo

En el tercer punto de los objetivos planteados se aplicó la metodología descriptiva, que posibilita evaluar el estado del motor GA, y de igual manera permite describir características del sistema de inyección electrónica programable más idóneo, para su respectiva selección e implementación en el motor GA.

Método comparativo

Finalmente, en el último objetivo se hizo uso del método comparativo que permitió comparar los datos adquiridos con respecto a la mejora de la eficiencia del motor y la disminución de emisiones de gases de escape entre el sistema a carburador y el sistema a inyección electrónica, obtenidos en la investigación.

VIII. RESULTADOS

En base a la comparación del sistema a carburación y el nuevo sistema implementado de inyección electrónico programable se obtuvo los siguientes resultados.

Potencia

Los resultados obtenidos de la comparación de datos entre el carburador y el sistema de inyección fueron de 5 HP, mismas que demuestran un incremento del 12 %. De igual manera, los resultados que se dieron con la comparación entre el sistema a inyección con respecto al manual del fabricante demuestran un incremento del 31.61 % es decir un aumento de potencia de 11.29 HP, demostrando así que los elementos seleccionados y parámetros adquiridos fueron los más adecuados para seleccionar este tipo de sistema.

Consumo de combustible

Con los resultados obtenidos tanto de las pruebas de laboratorio y pruebas realizadas en carretera como en ciudad se pudo apreciar que existe un menor consumo de combustible por distancia, es decir lo que el carburador recorre con 1 galón en carretera es de 48.74 km en una distancia de 97 km, teniendo una diferencia notable de la reducción de consumo en la inyección que al tener el mismo recorrido de 97 km, la inyección con un galón se tiene un recorrido de 64.23 km, logrando obtener un mayor rendimiento del combustible por la misma distancia de recorrido.

Gases contaminantes

Al implementar el sistema de inyección los gases contaminantes en este caso el Monóxido De Carbono (CO) ha disminuido en un 0.7 % equivalente al 50 % con respecto al dato obtenido cuando el vehículo era a carburación de 1.4 %, de igual manera la reducción que se obtuvo de los Hidrocarburos no Combustionados (HC) es de 660 ppm equivalentes a una reducción del 86.27 % con respecto al carburador que poseía un HC sumamente elevado. De igual forma los datos establecidos con la implementación del sistema de inyección está dentro del rango permitido por la norma INEN, teniendo así un sistema de inyección electrónica programable menos contaminante que un sistema convencional como lo es el carburador.

Esto demuestra la eficacia que se tiene al tener un sistema alimentado a inyección. Logrando una disminución de contaminantes muy eficaz, teniendo así un vehículo menos contaminante que puede aprobar la revisión técnica vehicular sin tener ningún inconveniente.

IX. CONCLUSIONES

Con el estudio del arte mediante revisiones bibliográficas se pudo entender, analizar e interpretar de mejor manera los tipos de sistemas de inyección que existen y las unidades de control programables aplicables al vehículo. Obteniendo así una guía y un conocimiento adecuado para saber qué elementos van a ir incorporados en la implementación del sistema electrónico.

Con los equipos y procesos de diagnósticos automotrices como el vacuómetro, fugómetro, dinamómetro y analizador de gases se pudo determinar el estado del motor de una manera precisa, logrando obtener datos específicos como la compresión del motor, potencia, consumo de gasolina y emisiones de gases contaminantes que se generaban en el tubo de escape. Permittiéndonos seleccionar una computadora programable adecuada como la Megasquirt MS3 que cubrió con todos los parámetros y nos facilitó maniobrar dichos datos e información adquirida y compararlos de una forma precisa.

En conclusión, al tener implementado un sistema de inyección electrónica programable se obtuvieron grandes beneficios, logrando un aumento de potencia del 12 % con respecto al carburador y un 31.61 % con respecto a los datos del fabricante, también una gran disminución de los gases contaminantes como el CO y HC en un 50% y 86 % respectivamente, en las pruebas realizadas en el taller automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, aportando así una mejora a la problemática ambiental, cumpliendo a cabalidad con todo lo establecido en el proyecto técnico.

También se puede concluir que el sistema de inyección multipunto fue el más adecuado para el motor GA, ya que con este sistema se distribuye de manera homogénea la mezcla aire-

combustible, teniendo un lambda de 1, aprovechando de esta manera el combustible en cantidades exactas que necesite el motor. En cuanto respecta al factor económico, la modificación de este sistema caracterizado por el control electrónico de la dosificación de combustible ha reducido notablemente el consumo de gasolina, disminuyendo el costo de desplazamiento y también prolongando la vida útil de nuestro motor.

X. RECOMENDACIONES

Para realizar una implementación de un sistema electrónico en un sistema convencional, lo más recomendable es tener como referencia el manual de fabricante del vehículo a modificar, además investigar normas y leyes de regulación que te permitan tener una idea de cuánto deben ser las emisiones generadas por el motor. De igual manera, tener una clara visión de los cálculos ayudara a seleccionar de manera correcta los elementos que formaran parte de la modificación.

Al instalar la computadora programable Megasquirt MS3 se recomienda seguir al pie de la letra las instrucciones de la marca, ya que al alterar valores en la programación o hacer una mala instalación eléctrica se corre con el peligro de causar daños en el motor y en la ECU.

Es importante mantener un correcto funcionamiento del sistema para evitar posibles averías, teniendo como recomendaciones: limpiar inyectores de forma seguida, utilizar combustible de excelente calidad, en general realizar mantenimientos preventivos y correctivos para así mantener el sistema implementado en buenas condiciones con una vida útil del motor prolongado.

XI. BIBLIOGRAFIA

- Becerra, D. A. (9 de 2014). *Implementacion de un sistema de inyeccion electronica multipunto, en un vehiculo Suzuki Forsa 2*. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4824/1/58353_1.pdf
- Benitez , R., & Ochoa, J. C. (2018). *Sistema de combustible con carburador e introducción a la inyección electronica*. Ecatepec: Sur 6 No. 10, Col. Hogares Mexicanos, estado de Mexico C.P.55040.
- Bowling & Grippo. (15 de 06 de 2018). *MegaSquirt EFI*. Obtenido de <http://www.msefi.com/viewforum.php?f=95>
- Cabrera, R. V. (2009). *Adaptación de un sistema de inyección programable en un vehículo a carburador*. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/418/3/65t00001.pdf>
- Cifuentes Vera, Victor Xavier, Cabrera Escobar, & Raul Vinicio. (2009). *Adaptación de un sistema de inyección programable en un vehiculo a carburador (tesis).(pregrado)*. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Mecanica.
- INEN_2204. (01 de 2017). *GESTIÓN AMBIENTAL, AIRE, VEHÍCULOS AUTOMOTORES: LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA*. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf
- Martínez, J. E. (12 de 2010). *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DE UN MOTOR DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA RESPECTO A LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8478/3/CD-3325.pdf>
- Moran, M. J., & Shapiro, H. N. (2004). *Fundamentos de Termodinamica Técnica*. Reverté.
- Mundo Del Motor. (10 de 3 de 2018). *Inyección Electrónica: Descripción, Funcionamiento Y Tipos De Inyección*. Obtenido de <https://www.mundodelmotor.net/inyeccion-electronica/>
- Panchi, F. (2007). *ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE MULTIPUNTO MPFI EN UN VEHÍCULO LADA MODELO 2104 FABRICADO EN EL AÑO 1994*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/3421/T-ESPEL-0228.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Perero, E. F. (10 de 6 de 2014). *ELABORACIÓN DE UN PLAN DE CAPACITACIÓN VIRTUAL SOBRE INYECCIÓN ELECTRÓNICA E IMPLEMENTACIÓN EN EL GREMIO DE*

MAESTROS MECÁNICOS AUTOMOTRICES DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.
Obtenido de <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/3729/1/65T00134.pdf>

Taylor, C. (1985). *The internal combustion engine in theory and practice*. MIT Press.

Warren, L., & Haynes, J. (1991). *Automotive Repair Manual Chevrolet Sprint- Geo Metro*. Philadelphia- USA: edit.Haynes.

XII. ANEXOS

Anexo 1

Tabla de datos primera prueba carburador

Matrícula	XBR-426			
Inspector	Ing. Christian Pulla			
Comentarios 1	Prueba carburador potencia			
Comentarios 2				
Comentarios 3				
Comentarios 4				
Comentarios 5				
P-Normal	Sin corrección de potencia			
P-Mot	34.1	kW		
P-Rueda	12.5	kW		
P-Arrastre	21.6	kW		
en	5635	U/min		
	127.1	km/h		
Par-M	62.4	Nm	Sin corrección de potencia	
en	3885	U/min		
	87.7	km/h		
T-ambiente	----.-	°C		
T-aspiración	----.-	°C		
H-aire	-----.-	%		
p-aire	-----.-	hPa		
p-vapor	-----.-	hPa		
n [U/min]	P-Normal [kW]	M-Normal [Nm]	P-Rueda [kW]	P-Arrastre [kW]
2185.00	12.302	53.762	6.912	5.389
2190.00	12.325	53.741	6.923	5.402
2195.00	12.348	53.719	6.934	5.414
2200.00	12.372	53.698	6.945	5.426
2205.00	12.395	53.677	6.956	5.439

2210.00	12.418	53.656	6.967	5.451
2215.00	12.442	53.636	6.978	5.463
2220.00	12.465	53.617	6.990	5.476
2225.00	12.489	53.598	7.001	5.488
2230.00	12.512	53.579	7.012	5.500
2235.00	12.536	53.560	7.023	5.513
2240.00	12.559	53.540	7.035	5.525
2245.00	12.583	53.520	7.045	5.537
2250.00	12.606	53.500	7.056	5.550
2255.00	12.630	53.481	7.068	5.562
2260.00	12.653	53.462	7.079	5.574
2265.00	12.677	53.444	7.090	5.587
2270.00	12.703	53.436	7.101	5.602
2275.00	12.735	53.451	7.113	5.622
2280.00	12.768	53.473	7.124	5.644
2285.00	12.798	53.482	7.135	5.663
2290.00	12.827	53.487	7.147	5.680
2295.00	12.859	53.504	7.160	5.699
2300.00	12.895	53.537	7.175	5.720
2305.00	12.930	53.567	7.190	5.741
2310.00	12.961	53.580	7.202	5.760
2315.00	12.990	53.584	7.213	5.778
2320.00	13.019	53.587	7.224	5.795
2325.00	13.048	53.589	7.236	5.812
2330.00	13.076	53.590	7.247	5.829
2335.00	13.110	53.613	7.261	5.849
2340.00	13.146	53.648	7.277	5.870
2345.00	13.181	53.675	7.291	5.890
2350.00	13.211	53.682	7.303	5.908
2355.00	13.239	53.683	7.314	5.925
2360.00	13.272	53.701	7.328	5.944
2365.00	13.308	53.734	7.342	5.966
2370.00	13.345	53.769	7.357	5.988
2375.00	13.378	53.788	7.373	6.005
2380.00	13.411	53.807	7.388	6.022
2385.00	13.443	53.824	7.403	6.041
2390.00	13.475	53.839	7.414	6.061
2395.00	13.507	53.853	7.426	6.081
2400.00	13.539	53.867	7.439	6.100
2405.00	13.571	53.882	7.454	6.117
2410.00	13.603	53.900	7.469	6.134

2415.00	13.640	53.933	7.485	6.155
2420.00	13.676	53.965	7.500	6.176
2425.00	13.711	53.989	7.516	6.195
2430.00	13.742	54.002	7.531	6.212
2435.00	13.774	54.017	7.546	6.229
2440.00	13.810	54.044	7.561	6.249
2445.00	13.846	54.074	7.576	6.270
2450.00	13.880	54.100	7.591	6.290
2455.00	13.913	54.117	7.606	6.307
2460.00	13.946	54.135	7.622	6.324
2465.00	13.981	54.159	7.637	6.343
2470.00	14.016	54.187	7.652	6.364
2475.00	14.052	54.214	7.667	6.384
2480.00	14.085	54.233	7.680	6.405
2485.00	14.118	54.250	7.691	6.426
2490.00	14.151	54.268	7.704	6.447
2495.00	14.186	54.295	7.719	6.467
2500.00	14.221	54.319	7.734	6.487
2505.00	14.252	54.328	7.747	6.505
2510.00	14.280	54.328	7.759	6.522
2515.00	14.310	54.334	7.771	6.539
2520.00	14.345	54.357	7.786	6.559
2525.00	14.380	54.383	7.801	6.580
2530.00	14.416	54.410	7.816	6.600
2535.00	14.452	54.439	7.831	6.621
2540.00	14.487	54.462	7.846	6.640
2545.00	14.517	54.469	7.859	6.658
2550.00	14.545	54.467	7.870	6.675
2555.00	14.575	54.474	7.883	6.693
2560.00	14.610	54.498	7.898	6.713
2565.00	14.646	54.525	7.913	6.733
2570.00	14.682	54.551	7.931	6.751
2575.00	14.717	54.574	7.950	6.767
2580.00	14.752	54.598	7.968	6.784
2585.00	14.787	54.622	7.984	6.803
2590.00	14.822	54.647	7.999	6.823
2595.00	14.857	54.669	8.014	6.843
2600.00	14.889	54.683	8.030	6.860
2605.00	14.921	54.697	8.045	6.876
2610.00	14.956	54.717	8.063	6.893
2615.00	14.990	54.740	8.082	6.909

2620.00	15.025	54.760	8.100	6.925
2625.00	15.057	54.773	8.115	6.941
2630.00	15.089	54.784	8.131	6.958
2635.00	15.123	54.803	8.147	6.975
2640.00	15.161	54.836	8.166	6.995
2645.00	15.199	54.872	8.185	7.014
2650.00	15.237	54.905	8.204	7.033
2655.00	15.272	54.929	8.223	7.049
2660.00	15.307	54.949	8.242	7.065
2665.00	15.339	54.960	8.257	7.081
2670.00	15.370	54.969	8.272	7.098
2675.00	15.403	54.984	8.289	7.114
2680.00	15.441	55.017	8.308	7.133
2685.00	15.480	55.052	8.327	7.153
2690.00	15.518	55.086	8.346	7.173
2695.00	15.557	55.121	8.364	7.192
2700.00	15.595	55.155	8.383	7.212
2705.00	15.632	55.184	8.402	7.230
2710.00	15.668	55.206	8.421	7.247
2715.00	15.704	55.235	8.442	7.263
2720.00	15.745	55.277	8.464	7.281
2725.00	15.787	55.323	8.486	7.301
2730.00	15.827	55.359	8.506	7.321
2735.00	15.865	55.393	8.525	7.341
2740.00	15.904	55.426	8.544	7.360
2745.00	15.943	55.462	8.562	7.381
2750.00	15.985	55.504	8.581	7.403
2755.00	16.026	55.546	8.600	7.426
2760.00	16.066	55.584	8.618	7.448
2765.00	16.104	55.615	8.636	7.468
2770.00	16.142	55.648	8.655	7.488
2775.00	16.183	55.687	8.674	7.509
2780.00	16.225	55.731	8.692	7.533
2785.00	16.267	55.776	8.711	7.556
2790.00	16.310	55.821	8.730	7.580
2795.00	16.352	55.865	8.749	7.603
2800.00	16.394	55.910	8.768	7.627
2805.00	16.440	55.967	8.786	7.654
2810.00	16.486	56.023	8.805	7.681
2815.00	16.532	56.079	8.824	7.708
2820.00	16.578	56.135	8.843	7.735

2825.00	16.624	56.191	8.862	7.762
2830.00	16.672	56.253	8.881	7.791
2835.00	16.721	56.320	8.899	7.822
2840.00	16.770	56.385	8.917	7.852
2845.00	16.819	56.453	8.935	7.884
2850.00	16.870	56.522	8.954	7.916
2855.00	16.917	56.583	8.973	7.945
2860.00	16.960	56.627	8.992	7.969
2865.00	17.001	56.665	9.010	7.991
2870.00	17.041	56.698	9.028	8.013
2875.00	17.080	56.729	9.048	8.032
2880.00	17.122	56.769	9.070	8.051
2885.00	17.163	56.807	9.093	8.070
2890.00	17.202	56.838	9.113	8.089
2895.00	17.239	56.863	9.132	8.108
2900.00	17.275	56.883	9.150	8.125
2905.00	17.309	56.896	9.169	8.140
2910.00	17.343	56.910	9.187	8.156
2915.00	17.379	56.931	9.205	8.174
2920.00	17.417	56.956	9.224	8.193
2925.00	17.454	56.980	9.243	8.211
2930.00	17.489	56.997	9.261	8.228
2935.00	17.523	57.010	9.280	8.243
2940.00	17.557	57.025	9.298	8.259
2945.00	17.594	57.047	9.316	8.278
2950.00	17.631	57.072	9.335	8.296
2955.00	17.669	57.097	9.354	8.315
2960.00	17.706	57.121	9.373	8.334
2965.00	17.744	57.145	9.392	8.352
2970.00	17.781	57.169	9.410	8.371
2975.00	17.818	57.191	9.428	8.390
2980.00	17.855	57.213	9.447	8.408
2985.00	17.891	57.234	9.465	8.426
2990.00	17.926	57.248	9.484	8.442
2995.00	17.960	57.261	9.503	8.457
3000.00	17.994	57.275	9.521	8.473
3005.00	18.031	57.297	9.539	8.492
3010.00	18.068	57.319	9.558	8.510
3015.00	18.105	57.343	9.576	8.529
3020.00	18.143	57.367	9.595	8.548
3025.00	18.180	57.389	9.614	8.566

3030.00	18.217	57.410	9.632	8.585
3035.00	18.254	57.432	9.650	8.604
3040.00	18.291	57.455	9.669	8.622
3045.00	18.329	57.478	9.688	8.641
3050.00	18.366	57.501	9.706	8.660
3055.00	18.404	57.524	9.725	8.678
3060.00	18.441	57.547	9.744	8.697
3065.00	18.478	57.569	9.762	8.716
3070.00	18.515	57.590	9.781	8.734
3075.00	18.550	57.603	9.799	8.751
3080.00	18.583	57.614	9.818	8.766
3085.00	18.617	57.626	9.836	8.781
3090.00	18.655	57.649	9.855	8.800
3095.00	18.695	57.680	9.873	8.822
3100.00	18.736	57.711	9.891	8.844
3105.00	18.775	57.741	9.912	8.864
3110.00	18.816	57.772	9.933	8.882
3115.00	18.856	57.803	9.955	8.901
3120.00	18.894	57.827	9.975	8.919
3125.00	18.931	57.847	9.994	8.938
3130.00	18.969	57.872	10.013	8.956
3135.00	19.011	57.908	10.035	8.977
3140.00	19.055	57.949	10.056	8.999
3145.00	19.098	57.986	10.077	9.021
3150.00	19.135	58.006	10.095	9.040
3155.00	19.172	58.025	10.114	9.058
3160.00	19.210	58.050	10.134	9.076
3165.00	19.250	58.079	10.156	9.094
3170.00	19.290	58.108	10.177	9.113
3175.00	19.330	58.137	10.199	9.131
3180.00	19.373	58.173	10.221	9.152
3185.00	19.416	58.212	10.243	9.173
3190.00	19.459	58.248	10.264	9.195
3195.00	19.499	58.278	10.285	9.214
3200.00	19.539	58.306	10.307	9.233
3205.00	19.580	58.337	10.328	9.252
3210.00	19.623	58.373	10.350	9.272
3215.00	19.666	58.411	10.372	9.294
3220.00	19.709	58.449	10.394	9.315
3225.00	19.750	58.478	10.416	9.334
3230.00	19.789	58.504	10.437	9.352

3235.00	19.829	58.531	10.458	9.371
3240.00	19.871	58.564	10.480	9.391
3245.00	19.914	58.601	10.501	9.413
3250.00	19.957	58.638	10.523	9.434
3255.00	20.001	58.675	10.545	9.456
3260.00	20.044	58.712	10.567	9.477
3265.00	20.087	58.749	10.589	9.499
3270.00	20.132	58.790	10.612	9.520
3275.00	20.178	58.834	10.636	9.542
3280.00	20.224	58.879	10.661	9.563
3285.00	20.268	58.917	10.684	9.585
3290.00	20.311	58.952	10.705	9.606
3295.00	20.354	58.986	10.726	9.628
3300.00	20.399	59.029	10.751	9.649
3305.00	20.446	59.073	10.776	9.670
3310.00	20.492	59.116	10.801	9.691
3315.00	20.534	59.150	10.822	9.712
3320.00	20.577	59.184	10.844	9.734
3325.00	20.621	59.221	10.866	9.755
3330.00	20.666	59.262	10.890	9.776
3335.00	20.712	59.304	10.915	9.797
3340.00	20.756	59.342	10.938	9.818
3345.00	20.800	59.377	10.960	9.839
3350.00	20.843	59.412	10.982	9.861
3355.00	20.888	59.452	11.006	9.882
3360.00	20.934	59.493	11.031	9.903
3365.00	20.980	59.535	11.055	9.924
3370.00	21.025	59.575	11.080	9.945
3375.00	21.069	59.612	11.105	9.965
3380.00	21.112	59.645	11.129	9.983
3385.00	21.152	59.669	11.151	10.001
3390.00	21.192	59.695	11.172	10.021
3395.00	21.235	59.728	11.194	10.042
3400.00	21.281	59.767	11.218	10.063
3405.00	21.326	59.807	11.243	10.083
3410.00	21.371	59.846	11.267	10.104
3415.00	21.416	59.884	11.291	10.125
3420.00	21.460	59.920	11.315	10.145
3425.00	21.501	59.946	11.338	10.163
3430.00	21.540	59.966	11.359	10.181
3435.00	21.579	59.987	11.380	10.199

3440.00	21.618	60.008	11.401	10.216
3445.00	21.656	60.028	11.423	10.234
3450.00	21.695	60.049	11.444	10.252
3455.00	21.736	60.075	11.467	10.269
3460.00	21.778	60.103	11.491	10.287
3465.00	21.820	60.131	11.514	10.305
3470.00	21.862	60.161	11.536	10.326
3475.00	21.904	60.191	11.558	10.346
3480.00	21.946	60.220	11.579	10.367
3485.00	21.989	60.250	11.603	10.386
3490.00	22.031	60.280	11.628	10.403
3495.00	22.073	60.307	11.652	10.421
3500.00	22.114	60.333	11.673	10.441
3505.00	22.155	60.360	11.693	10.462
3510.00	22.197	60.388	11.715	10.483
3515.00	22.241	60.421	11.739	10.502
3520.00	22.283	60.450	11.764	10.519
3525.00	22.325	60.478	11.788	10.537
3530.00	22.369	60.510	11.812	10.557
3535.00	22.414	60.546	11.836	10.578
3540.00	22.457	60.577	11.859	10.598
3545.00	22.497	60.599	11.879	10.618
3550.00	22.535	60.616	11.900	10.635
3555.00	22.575	60.637	11.922	10.652
3560.00	22.618	60.668	11.947	10.671
3565.00	22.663	60.704	11.972	10.691
3570.00	22.706	60.734	11.994	10.712
3575.00	22.747	60.758	12.014	10.733
3580.00	22.785	60.775	12.035	10.750
3585.00	22.823	60.792	12.055	10.768
3590.00	22.862	60.811	12.076	10.786
3595.00	22.903	60.835	12.097	10.806
3600.00	22.947	60.867	12.120	10.827
3605.00	22.992	60.902	12.145	10.847
3610.00	23.037	60.937	12.169	10.868
3615.00	23.079	60.963	12.190	10.889
3620.00	23.120	60.988	12.211	10.910
3625.00	23.162	61.012	12.231	10.930
3630.00	23.202	61.036	12.252	10.951
3635.00	23.243	61.059	12.272	10.971
3640.00	23.287	61.091	12.294	10.994

3645.00	23.335	61.132	12.317	11.018
3650.00	23.383	61.174	12.341	11.042
3655.00	23.430	61.212	12.365	11.064
3660.00	23.475	61.246	12.390	11.085
3665.00	23.520	61.279	12.414	11.105
3670.00	23.565	61.315	12.439	11.127
3675.00	23.613	61.354	12.462	11.151
3680.00	23.660	61.394	12.485	11.175
3685.00	23.705	61.428	12.507	11.198
3690.00	23.747	61.452	12.528	11.219
3695.00	23.788	61.474	12.548	11.239
3700.00	23.830	61.502	12.570	11.260
3705.00	23.877	61.540	12.594	11.283
3710.00	23.925	61.579	12.618	11.307
3715.00	23.970	61.613	12.640	11.330
3720.00	24.012	61.638	12.661	11.351
3725.00	24.053	61.660	12.682	11.372
3730.00	24.096	61.687	12.704	11.392
3735.00	24.142	61.723	12.728	11.414
3740.00	24.189	61.760	12.752	11.438
3745.00	24.235	61.794	12.774	11.461
3750.00	24.279	61.824	12.794	11.485
3755.00	24.323	61.853	12.815	11.508
3760.00	24.367	61.883	12.835	11.532
3765.00	24.411	61.913	12.856	11.555
3770.00	24.455	61.942	12.876	11.579
3775.00	24.496	61.964	12.894	11.602
3780.00	24.537	61.986	12.911	11.626
3785.00	24.581	62.014	12.929	11.652
3790.00	24.627	62.048	12.949	11.678
3795.00	24.674	62.084	12.970	11.704
3800.00	24.718	62.115	12.990	11.728
3805.00	24.760	62.137	13.008	11.752
3810.00	24.800	62.157	13.025	11.775
3815.00	24.841	62.176	13.042	11.798
3820.00	24.881	62.196	13.060	11.821
3825.00	24.922	62.216	13.078	11.844
3830.00	24.962	62.236	13.094	11.869
3835.00	25.003	62.255	13.108	11.895
3840.00	25.043	62.275	13.121	11.922
3845.00	25.083	62.293	13.135	11.948

3850.00	25.120	62.304	13.149	11.971
3855.00	25.157	62.315	13.163	11.994
3860.00	25.194	62.325	13.177	12.017
3865.00	25.230	62.335	13.191	12.040
3870.00	25.267	62.345	13.205	12.062
3875.00	25.302	62.351	13.217	12.085
3880.00	25.336	62.355	13.228	12.109
3885.00	25.371	62.359	13.238	12.132
3890.00	25.402	62.356	13.246	12.156
3895.00	25.434	62.353	13.254	12.180
3900.00	25.466	62.353	13.260	12.206
3905.00	25.496	62.346	13.264	12.232
3910.00	25.525	62.337	13.268	12.257
3915.00	25.552	62.323	13.271	12.281
3920.00	25.578	62.308	13.275	12.304
3925.00	25.605	62.293	13.278	12.327
3930.00	25.633	62.283	13.284	12.349
3935.00	25.664	62.277	13.291	12.372
3940.00	25.694	62.273	13.299	12.395
3945.00	25.727	62.272	13.308	12.418
3950.00	25.760	62.274	13.319	12.441
3955.00	25.794	62.276	13.329	12.464
3960.00	25.827	62.279	13.340	12.487
3965.00	25.861	62.281	13.351	12.510
3970.00	25.892	62.278	13.359	12.533
3975.00	25.908	62.237	13.351	12.556
3980.00	25.925	62.200	13.343	12.582
3985.00	25.935	62.145	13.327	12.608
3990.00	25.936	62.072	13.303	12.634
3995.00	25.937	61.996	13.279	12.658
4000.00	25.940	61.925	13.259	12.681
4005.00	25.943	61.856	13.240	12.703
4010.00	25.954	61.805	13.228	12.726
4015.00	25.973	61.772	13.224	12.749
4020.00	25.993	61.742	13.222	12.771
4025.00	26.017	61.724	13.223	12.794
4030.00	26.046	61.716	13.227	12.819
4035.00	26.077	61.712	13.232	12.845
4040.00	26.110	61.714	13.239	12.871
4045.00	26.140	61.710	13.246	12.895
4050.00	26.172	61.707	13.255	12.917

4055.00	26.204	61.708	13.265	12.939
4060.00	26.238	61.711	13.276	12.962
4065.00	26.275	61.723	13.290	12.985
4070.00	26.316	61.742	13.308	13.008
4075.00	26.356	61.761	13.326	13.031
4080.00	26.397	61.780	13.344	13.053
4085.00	26.437	61.799	13.362	13.075
4090.00	26.478	61.819	13.380	13.098
4095.00	26.519	61.838	13.398	13.120
4100.00	26.559	61.857	13.417	13.142
4105.00	26.589	61.850	13.424	13.165
4110.00	26.603	61.808	13.415	13.187
4115.00	26.614	61.759	13.404	13.210
4120.00	26.631	61.722	13.397	13.233
4125.00	26.649	61.691	13.393	13.256
4130.00	26.669	61.662	13.391	13.279
4135.00	26.696	61.649	13.395	13.301
4140.00	26.722	61.635	13.399	13.323
4145.00	26.750	61.626	13.405	13.346
4150.00	26.780	61.620	13.412	13.368
4155.00	26.810	61.614	13.419	13.390
4160.00	26.843	61.616	13.430	13.413
4165.00	26.877	61.619	13.441	13.435
4170.00	26.911	61.624	13.453	13.457
4175.00	26.947	61.633	13.468	13.479
4180.00	26.982	61.639	13.483	13.499
4185.00	27.012	61.634	13.494	13.519
4190.00	27.040	61.623	13.502	13.538
4195.00	27.069	61.616	13.509	13.559
4200.00	27.092	61.595	13.510	13.582
4205.00	27.114	61.573	13.510	13.604
4210.00	27.139	61.556	13.513	13.626
4215.00	27.169	61.552	13.521	13.649
4220.00	27.200	61.548	13.529	13.671
4225.00	27.233	61.549	13.539	13.694
4230.00	27.268	61.556	13.550	13.718
4235.00	27.304	61.565	13.561	13.743
4240.00	27.340	61.573	13.573	13.768
4245.00	27.377	61.583	13.584	13.792
4250.00	27.415	61.596	13.597	13.818
4255.00	27.455	61.615	13.612	13.843

4260.00	27.496	61.634	13.627	13.869
4265.00	27.539	61.658	13.645	13.894
4270.00	27.583	61.684	13.664	13.919
4275.00	27.627	61.709	13.682	13.945
4280.00	27.667	61.727	13.697	13.969
4285.00	27.707	61.743	13.712	13.994
4290.00	27.748	61.764	13.729	14.019
4295.00	27.792	61.789	13.748	14.044
4300.00	27.835	61.813	13.766	14.068
4305.00	27.876	61.831	13.783	14.093
4310.00	27.915	61.848	13.798	14.118
4315.00	27.958	61.870	13.813	14.145
4320.00	28.001	61.895	13.828	14.174
4325.00	28.045	61.919	13.843	14.202
4330.00	28.087	61.940	13.858	14.229
4335.00	28.126	61.956	13.873	14.254
4340.00	28.166	61.971	13.887	14.278
4345.00	28.203	61.981	13.900	14.303
4350.00	28.239	61.989	13.911	14.328
4355.00	28.275	61.997	13.922	14.352
4360.00	28.311	62.005	13.934	14.377
4365.00	28.348	62.014	13.946	14.402
4370.00	28.384	62.022	13.957	14.427
4375.00	28.420	62.030	13.968	14.451
4380.00	28.457	62.041	13.980	14.477
4385.00	28.499	62.061	13.995	14.504
4390.00	28.542	62.084	14.011	14.531
4395.00	28.582	62.100	14.023	14.559
4400.00	28.616	62.103	14.031	14.585
4405.00	28.648	62.103	14.039	14.610
4410.00	28.681	62.103	14.046	14.634
4415.00	28.714	62.104	14.054	14.660
4420.00	28.747	62.105	14.061	14.686
4425.00	28.778	62.103	14.065	14.713
4430.00	28.809	62.099	14.069	14.740
4435.00	28.840	62.096	14.073	14.768
4440.00	28.872	62.094	14.077	14.795
4445.00	28.904	62.092	14.081	14.823
4450.00	28.934	62.089	14.085	14.850
4455.00	28.964	62.081	14.089	14.875
4460.00	28.990	62.068	14.090	14.900

4465.00	29.014	62.051	14.090	14.924
4470.00	29.041	62.038	14.090	14.951
4475.00	29.068	62.026	14.090	14.978
4480.00	29.095	62.014	14.090	15.005
4485.00	29.122	62.003	14.090	15.032
4490.00	29.149	61.993	14.090	15.059
4495.00	29.177	61.982	14.090	15.087
4500.00	29.205	61.972	14.090	15.115
4505.00	29.232	61.961	14.090	15.142
4510.00	29.256	61.944	14.087	15.169
4515.00	29.279	61.924	14.083	15.196
4520.00	29.302	61.904	14.079	15.223
4525.00	29.326	61.885	14.075	15.250
4530.00	29.349	61.867	14.071	15.278
4535.00	29.373	61.848	14.067	15.306
4540.00	29.396	61.828	14.063	15.333
4545.00	29.419	61.808	14.059	15.360
4550.00	29.442	61.789	14.055	15.387
4555.00	29.465	61.769	14.051	15.414
4560.00	29.487	61.749	14.047	15.441
4565.00	29.510	61.729	14.043	15.468
4570.00	29.531	61.705	14.037	15.495
4575.00	29.550	61.677	14.028	15.522
4580.00	29.569	61.650	14.021	15.549
4585.00	29.591	61.629	14.016	15.576
4590.00	29.614	61.609	14.011	15.603
4595.00	29.634	61.584	14.005	15.629
4600.00	29.652	61.555	13.996	15.656
4605.00	29.671	61.526	13.987	15.683
4610.00	29.689	61.498	13.979	15.710
4615.00	29.708	61.470	13.971	15.737
4620.00	29.726	61.441	13.962	15.764
4625.00	29.745	61.412	13.953	15.791
4630.00	29.766	61.389	13.945	15.821
4635.00	29.787	61.367	13.936	15.851
4640.00	29.807	61.341	13.926	15.881
4645.00	29.822	61.307	13.913	15.909
4650.00	29.835	61.268	13.900	15.935
4655.00	29.849	61.230	13.887	15.962
4660.00	29.862	61.191	13.874	15.988
4665.00	29.875	61.152	13.858	16.017

4670.00	29.887	61.112	13.841	16.047
4675.00	29.901	61.075	13.825	16.077
4680.00	29.917	61.043	13.811	16.106
4685.00	29.934	61.013	13.799	16.135
4690.00	29.954	60.988	13.790	16.165
4695.00	29.974	60.964	13.781	16.194
4700.00	29.989	60.930	13.768	16.221
4705.00	30.003	60.892	13.755	16.248
4710.00	30.016	60.855	13.741	16.275
4715.00	30.030	60.819	13.728	16.303
4720.00	30.048	60.789	13.716	16.332
4725.00	30.068	60.765	13.707	16.361
4730.00	30.088	60.742	13.698	16.390
4735.00	30.107	60.716	13.689	16.418
4740.00	30.124	60.687	13.679	16.445
4745.00	30.138	60.651	13.666	16.472
4750.00	30.151	60.614	13.653	16.499
4755.00	30.164	60.575	13.639	16.525
4760.00	30.177	60.537	13.625	16.552
4765.00	30.192	60.504	13.614	16.578
4770.00	30.210	60.478	13.605	16.605
4775.00	30.227	60.449	13.593	16.634
4780.00	30.243	60.416	13.579	16.663
4785.00	30.259	60.386	13.567	16.692
4790.00	30.278	60.360	13.558	16.720
4795.00	30.295	60.331	13.549	16.746
4800.00	30.312	60.302	13.540	16.772
4805.00	30.329	60.273	13.530	16.799
4810.00	30.346	60.244	13.521	16.825
4815.00	30.363	60.215	13.511	16.852
4820.00	30.380	60.186	13.502	16.878
4825.00	30.397	60.157	13.492	16.904
4830.00	30.414	60.128	13.483	16.931
4835.00	30.430	60.099	13.473	16.957
4840.00	30.444	60.065	13.461	16.983
4845.00	30.455	60.024	13.447	17.008
4850.00	30.467	59.985	13.435	17.031
4855.00	30.480	59.950	13.425	17.055
4860.00	30.494	59.916	13.416	17.078
4865.00	30.508	59.881	13.406	17.101
4870.00	30.521	59.846	13.397	17.125

4875.00	30.535	59.810	13.387	17.148
4880.00	30.547	59.774	13.377	17.170
4885.00	30.559	59.735	13.368	17.191
4890.00	30.570	59.696	13.358	17.212
4895.00	30.581	59.657	13.349	17.232
4900.00	30.590	59.613	13.339	17.251
4905.00	30.598	59.567	13.329	17.269
4910.00	30.606	59.522	13.319	17.286
4915.00	30.613	59.476	13.309	17.303
4920.00	30.620	59.429	13.301	17.319
4925.00	30.629	59.386	13.295	17.334
4930.00	30.638	59.344	13.289	17.349
4935.00	30.643	59.294	13.280	17.363
4940.00	30.646	59.239	13.271	17.376
4945.00	30.653	59.192	13.265	17.388
4950.00	30.659	59.144	13.259	17.400
4955.00	30.661	59.088	13.250	17.411
4960.00	30.662	59.031	13.241	17.421
4965.00	30.666	58.978	13.235	17.430
4970.00	30.670	58.928	13.230	17.440
4975.00	30.692	58.909	13.225	17.466
4980.00	30.716	58.897	13.220	17.496
4985.00	30.745	58.894	13.220	17.525
4990.00	30.774	58.890	13.219	17.555
4995.00	30.799	58.879	13.215	17.584
5000.00	30.825	58.869	13.211	17.614
5005.00	30.853	58.865	13.210	17.643
5010.00	30.882	58.862	13.210	17.673
5015.00	30.908	58.851	13.205	17.702
5020.00	30.933	58.840	13.200	17.732
5025.00	30.962	58.837	13.200	17.762
5030.00	30.991	58.833	13.199	17.792
5035.00	31.016	58.823	13.195	17.821
5040.00	31.042	58.814	13.191	17.851
5045.00	31.071	58.810	13.190	17.881
5050.00	31.101	58.808	13.190	17.911
5055.00	31.131	58.806	13.190	17.941
5060.00	31.160	58.804	13.189	17.971
5065.00	31.185	58.792	13.184	18.000
5070.00	31.211	58.784	13.181	18.030
5075.00	31.240	58.781	13.180	18.060

5080.00	31.270	58.780	13.180	18.090
5085.00	31.301	58.779	13.180	18.121
5090.00	31.329	58.774	13.178	18.151
5095.00	31.354	58.764	13.173	18.181
5100.00	31.379	58.753	13.168	18.211
5105.00	31.404	58.742	13.163	18.241
5110.00	31.429	58.732	13.158	18.271
5115.00	31.454	58.721	13.153	18.302
5120.00	31.482	58.715	13.150	18.332
5125.00	31.512	58.714	13.150	18.362
5130.00	31.540	58.708	13.147	18.393
5135.00	31.565	58.698	13.142	18.423
5140.00	31.594	58.694	13.140	18.454
5145.00	31.623	58.692	13.139	18.484
5150.00	31.650	58.685	13.136	18.514
5155.00	31.676	58.675	13.131	18.545
5160.00	31.701	58.665	13.125	18.576
5165.00	31.726	58.655	13.120	18.606
5170.00	31.751	58.645	13.115	18.637
5175.00	31.777	58.635	13.110	18.667
5180.00	31.802	58.625	13.104	18.698
5185.00	31.828	58.616	13.099	18.729
5190.00	31.853	58.606	13.093	18.760
5195.00	31.881	58.600	13.090	18.790
5200.00	31.911	58.600	13.090	18.821
5205.00	31.939	58.595	13.087	18.852
5210.00	31.964	58.585	13.082	18.883
5215.00	31.990	58.576	13.076	18.914
5220.00	32.016	58.566	13.071	18.945
5225.00	32.041	58.557	13.065	18.976
5230.00	32.067	58.548	13.060	19.007
5235.00	32.092	58.539	13.055	19.038
5240.00	32.118	58.530	13.049	19.069
5245.00	32.144	58.520	13.044	19.100
5250.00	32.169	58.511	13.038	19.131
5255.00	32.195	58.502	13.033	19.162
5260.00	32.221	58.494	13.027	19.194
5265.00	32.247	58.486	13.022	19.225
5270.00	32.276	58.483	13.020	19.256
5275.00	32.307	58.483	13.019	19.288
5280.00	32.334	58.477	13.015	19.319

5285.00	32.360	58.468	13.009	19.350
5290.00	32.386	58.460	13.004	19.382
5295.00	32.412	58.451	12.999	19.413
5300.00	32.438	58.443	12.993	19.445
5305.00	32.463	58.434	12.987	19.476
5310.00	32.489	58.426	12.982	19.508
5315.00	32.515	58.417	12.976	19.539
5320.00	32.541	58.409	12.970	19.571
5325.00	32.567	58.401	12.965	19.603
5330.00	32.593	58.393	12.959	19.634
5335.00	32.619	58.385	12.953	19.666
5340.00	32.646	58.377	12.948	19.698
5345.00	32.672	58.369	12.942	19.730
5350.00	32.698	58.361	12.937	19.761
5355.00	32.724	58.353	12.931	19.793
5360.00	32.750	58.345	12.925	19.825
5365.00	32.775	58.335	12.918	19.857
5370.00	32.796	58.318	12.907	19.889
5375.00	32.819	58.304	12.898	19.921
5380.00	32.845	58.297	12.892	19.953
5385.00	32.871	58.289	12.886	19.985
5390.00	32.897	58.280	12.880	20.017
5395.00	32.919	58.265	12.869	20.049
5400.00	32.941	58.250	12.859	20.081
5405.00	32.967	58.242	12.853	20.114
5410.00	32.993	58.235	12.847	20.146
5415.00	33.019	58.226	12.841	20.178
5420.00	33.041	58.213	12.831	20.210
5425.00	33.064	58.198	12.821	20.243
5430.00	33.089	58.189	12.814	20.275
5435.00	33.115	58.182	12.808	20.307
5440.00	33.142	58.175	12.802	20.340
5445.00	33.172	58.175	12.800	20.372
5450.00	33.204	58.177	12.799	20.405
5455.00	33.232	58.172	12.794	20.437
5460.00	33.260	58.169	12.790	20.470
5465.00	33.293	58.172	12.790	20.503
5470.00	33.321	58.169	12.786	20.535
5475.00	33.349	58.164	12.781	20.568
5480.00	33.381	58.166	12.780	20.601
5485.00	33.411	58.167	12.778	20.633

5490.00	33.439	58.161	12.773	20.666
5495.00	33.469	58.161	12.770	20.699
5500.00	33.500	58.163	12.769	20.732
5505.00	33.528	58.158	12.763	20.765
5510.00	33.555	58.152	12.757	20.798
5515.00	33.582	58.146	12.751	20.830
5520.00	33.604	58.131	12.740	20.863
5525.00	33.625	58.116	12.729	20.896
5530.00	33.653	58.110	12.723	20.930
5535.00	33.683	58.109	12.720	20.963
5540.00	33.714	58.112	12.719	20.996
5545.00	33.743	58.108	12.714	21.029
5550.00	33.767	58.097	12.705	21.062
5555.00	33.788	58.081	12.693	21.095
5560.00	33.814	58.073	12.685	21.129
5565.00	33.841	58.067	12.679	21.162
5570.00	33.867	58.061	12.672	21.195
5575.00	33.894	58.055	12.666	21.229
5580.00	33.920	58.046	12.658	21.262
5585.00	33.942	58.032	12.646	21.295
5590.00	33.962	58.015	12.633	21.329
5595.00	33.982	57.998	12.620	21.362
5600.00	34.003	57.982	12.608	21.396
5605.00	34.024	57.966	12.595	21.429
5610.00	34.046	57.950	12.582	21.463
5615.00	34.071	57.942	12.574	21.497
5620.00	34.096	57.933	12.565	21.530
5625.00	34.117	57.917	12.553	21.564
5630.00	34.140	57.956	12.540	21.598
5635.00	34.170	58.006	12.550	21.615

Anexo 2

Tabla de datos segunda prueba implementación completa

P-Mot	30.9	kW		
P-Rueda	9.0	kW		
P-Arrastre	21.9	kW		
en	4415	U/min		

	117.9	km/h		
Par-M	66.8	Nm	Sin corrección de potencia	
en	4415	U/min		
	117.9	km/h		
T-ambiente	----.-	°C		
T-aspiración	----.-	°C		
H-aire	-----.-	%		
p-aire	-----.-	hPa		
p-vapor	-----.-	hPa		
n [U/min]	P-Normal [kW]	M-Normal [Nm]	P-Rueda [kW]	P-Arrastre [kW]
1845.00	9.419	48.748	5.392	4.027
1850.00	9.463	48.845	5.425	4.038
1855.00	9.507	48.941	5.459	4.048
1860.00	9.551	49.033	5.491	4.059
1865.00	9.587	49.089	5.517	4.070
1870.00	9.621	49.127	5.539	4.081
1875.00	9.654	49.165	5.562	4.092
1880.00	9.687	49.204	5.584	4.103
1885.00	9.721	49.246	5.607	4.114
1890.00	9.755	49.286	5.630	4.125
1895.00	9.788	49.323	5.652	4.136
1900.00	9.822	49.363	5.675	4.147
1905.00	9.855	49.400	5.698	4.158
1910.00	9.884	49.416	5.716	4.169
1915.00	9.924	49.485	5.732	4.192
1920.00	9.967	49.571	5.750	4.217
1925.00	10.010	49.657	5.767	4.243
1930.00	10.053	49.741	5.785	4.268
1935.00	10.099	49.838	5.806	4.294
1940.00	10.150	49.961	5.828	4.322
1945.00	10.197	50.063	5.845	4.352
1950.00	10.240	50.146	5.863	4.377
1955.00	10.287	50.244	5.885	4.402
1960.00	10.334	50.346	5.907	4.427
1965.00	10.384	50.463	5.929	4.455
1970.00	10.437	50.591	5.951	4.486

1975.00	10.490	50.718	5.974	4.516
1980.00	10.542	50.843	5.996	4.546
1985.00	10.594	50.963	6.018	4.576
1990.00	10.645	51.081	6.040	4.606
1995.00	10.697	51.203	6.061	4.636
2000.00	10.749	51.322	6.083	4.666
2005.00	10.801	51.439	6.105	4.695
2010.00	10.851	51.552	6.127	4.725
2015.00	10.905	51.677	6.151	4.754
2020.00	10.961	51.817	6.178	4.783
2025.00	11.015	51.942	6.202	4.813
2030.00	11.066	52.052	6.224	4.842
2035.00	11.113	52.147	6.242	4.871
2040.00	11.160	52.237	6.259	4.901
2045.00	11.209	52.338	6.280	4.929
2050.00	11.258	52.443	6.301	4.957
2055.00	11.310	52.553	6.323	4.986
2060.00	11.361	52.663	6.345	5.016
2065.00	11.412	52.770	6.367	5.045
2070.00	11.462	52.877	6.388	5.074
2075.00	11.513	52.982	6.411	5.102
2080.00	11.562	53.079	6.429	5.132
2085.00	11.611	53.178	6.445	5.166
2090.00	11.663	53.286	6.466	5.197
2095.00	11.713	53.388	6.488	5.225
2100.00	11.763	53.488	6.510	5.253
2105.00	11.812	53.584	6.531	5.282
2110.00	11.857	53.661	6.547	5.310
2115.00	11.904	53.745	6.566	5.338
2120.00	11.953	53.840	6.588	5.365
2125.00	11.998	53.915	6.605	5.393
2130.00	12.040	53.976	6.615	5.424
2135.00	12.086	54.058	6.630	5.457
2140.00	12.130	54.128	6.646	5.484
2145.00	12.174	54.197	6.663	5.511
2150.00	12.218	54.266	6.680	5.538
2155.00	12.261	54.332	6.696	5.566
2160.00	12.305	54.398	6.712	5.593
2165.00	12.348	54.465	6.729	5.620
2170.00	12.393	54.535	6.747	5.646
2175.00	12.442	54.625	6.768	5.674

2180.00	12.493	54.722	6.787	5.705
2185.00	12.541	54.805	6.804	5.736
2190.00	12.583	54.867	6.820	5.763
2195.00	12.626	54.926	6.836	5.789
2200.00	12.668	54.984	6.852	5.815
2205.00	12.711	55.046	6.868	5.843
2210.00	12.754	55.106	6.880	5.873
2215.00	12.795	55.160	6.892	5.903
2220.00	12.833	55.201	6.909	5.925
2225.00	12.872	55.241	6.925	5.946
2230.00	12.913	55.294	6.941	5.972
2235.00	12.952	55.338	6.955	5.997
2240.00	12.990	55.374	6.966	6.023
2245.00	13.030	55.423	6.980	6.050
2250.00	13.072	55.479	6.996	6.076
2255.00	13.111	55.519	7.009	6.102
2260.00	13.153	55.573	7.021	6.132
2265.00	13.198	55.642	7.036	6.162
2270.00	13.240	55.696	7.052	6.188
2275.00	13.277	55.727	7.063	6.214
2280.00	13.313	55.758	7.074	6.239
2285.00	13.350	55.789	7.086	6.264
2290.00	13.389	55.832	7.100	6.290
2295.00	13.432	55.886	7.117	6.315
2300.00	13.469	55.920	7.129	6.340
2305.00	13.506	55.950	7.140	6.366
2310.00	13.542	55.978	7.151	6.391
2315.00	13.577	56.004	7.162	6.415
2320.00	13.613	56.031	7.173	6.440
2325.00	13.649	56.057	7.185	6.464
2330.00	13.684	56.082	7.196	6.488
2335.00	13.712	56.075	7.204	6.508
2340.00	13.738	56.062	7.210	6.528
2345.00	13.772	56.081	7.220	6.552
2350.00	13.807	56.102	7.230	6.577
2355.00	13.837	56.106	7.236	6.601
2360.00	13.869	56.115	7.244	6.625
2365.00	13.904	56.139	7.255	6.649
2370.00	13.937	56.152	7.263	6.673
2375.00	13.967	56.156	7.269	6.697
2380.00	14.001	56.175	7.280	6.721

2385.00	14.037	56.200	7.291	6.745
2390.00	14.073	56.226	7.303	6.770
2395.00	14.106	56.240	7.312	6.793
2400.00	14.132	56.227	7.318	6.814
2405.00	14.161	56.226	7.328	6.833
2410.00	14.192	56.233	7.340	6.853
2415.00	14.224	56.242	7.351	6.873
2420.00	14.255	56.248	7.363	6.892
2425.00	14.286	56.254	7.374	6.912
2430.00	14.319	56.267	7.386	6.933
2435.00	14.355	56.293	7.398	6.957
2440.00	14.395	56.334	7.413	6.981
2445.00	14.435	56.378	7.429	7.006
2450.00	14.473	56.407	7.442	7.031
2455.00	14.515	56.456	7.455	7.059
2460.00	14.561	56.521	7.472	7.089
2465.00	14.601	56.563	7.487	7.115
2470.00	14.639	56.593	7.499	7.140
2475.00	14.679	56.636	7.515	7.165
2480.00	14.721	56.683	7.532	7.189
2485.00	14.763	56.729	7.549	7.214
2490.00	14.802	56.763	7.564	7.237
2495.00	14.838	56.787	7.576	7.261
2500.00	14.877	56.822	7.592	7.285
2505.00	14.918	56.867	7.610	7.309
2510.00	14.964	56.930	7.632	7.332
2515.00	15.010	56.989	7.653	7.356
2520.00	15.054	57.043	7.671	7.383
2525.00	15.101	57.110	7.690	7.411
2530.00	15.151	57.183	7.713	7.437
2535.00	15.197	57.245	7.736	7.461
2540.00	15.244	57.308	7.758	7.486
2545.00	15.290	57.368	7.775	7.514
2550.00	15.336	57.427	7.793	7.543
2555.00	15.386	57.502	7.815	7.571
2560.00	15.436	57.578	7.837	7.599
2565.00	15.486	57.651	7.859	7.627
2570.00	15.536	57.724	7.882	7.654
2575.00	15.586	57.797	7.904	7.682
2580.00	15.636	57.872	7.926	7.710
2585.00	15.686	57.946	7.949	7.738

2590.00	15.736	58.017	7.971	7.765
2595.00	15.786	58.087	7.993	7.793
2600.00	15.835	58.158	8.015	7.820
2605.00	15.885	58.228	8.038	7.847
2610.00	15.935	58.300	8.060	7.875
2615.00	15.985	58.373	8.082	7.903
2620.00	16.035	58.443	8.104	7.931
2625.00	16.084	58.510	8.127	7.958
2630.00	16.133	58.576	8.149	7.984
2635.00	16.183	58.644	8.171	8.011
2640.00	16.231	58.708	8.192	8.039
2645.00	16.275	58.757	8.209	8.066
2650.00	16.319	58.805	8.226	8.093
2655.00	16.363	58.852	8.243	8.120
2660.00	16.410	58.908	8.263	8.147
2665.00	16.458	58.971	8.285	8.174
2670.00	16.503	59.021	8.303	8.200
2675.00	16.546	59.065	8.319	8.227
2680.00	16.589	59.109	8.336	8.253
2685.00	16.633	59.153	8.353	8.280
2690.00	16.677	59.199	8.370	8.306
2695.00	16.720	59.244	8.388	8.333
2700.00	16.764	59.287	8.404	8.359
2705.00	16.804	59.320	8.421	8.383
2710.00	16.843	59.348	8.438	8.405
2715.00	16.884	59.383	8.455	8.429
2720.00	16.927	59.424	8.472	8.455
2725.00	16.969	59.465	8.489	8.480
2730.00	17.012	59.506	8.506	8.507
2735.00	17.056	59.549	8.523	8.533
2740.00	17.105	59.610	8.543	8.562
2745.00	17.158	59.689	8.566	8.593
2750.00	17.207	59.749	8.584	8.623
2755.00	17.256	59.809	8.602	8.654
2760.00	17.308	59.880	8.623	8.685
2765.00	17.359	59.951	8.644	8.715
2770.00	17.408	60.009	8.661	8.746
2775.00	17.455	60.064	8.678	8.777
2780.00	17.502	60.116	8.695	8.806
2785.00	17.548	60.167	8.712	8.836
2790.00	17.592	60.210	8.729	8.863

2795.00	17.630	60.233	8.740	8.890
2800.00	17.670	60.260	8.751	8.918
2805.00	17.712	60.297	8.763	8.949
2810.00	17.754	60.332	8.774	8.980
2815.00	17.795	60.364	8.786	9.010
2820.00	17.840	60.409	8.800	9.039
2825.00	17.884	60.451	8.817	9.067
2830.00	17.923	60.474	8.830	9.093
2835.00	17.959	60.492	8.841	9.119
2840.00	17.996	60.510	8.852	9.144
2845.00	18.033	60.527	8.863	9.170
2850.00	18.073	60.553	8.874	9.198
2855.00	18.114	60.585	8.886	9.228
2860.00	18.155	60.617	8.897	9.258
2865.00	18.192	60.634	8.904	9.288
2870.00	18.228	60.649	8.911	9.317
2875.00	18.266	60.669	8.921	9.345
2880.00	18.302	60.683	8.931	9.371
2885.00	18.335	60.685	8.937	9.397
2890.00	18.373	60.708	8.946	9.427
2895.00	18.414	60.739	8.958	9.457
2900.00	18.451	60.756	8.965	9.487
2905.00	18.488	60.773	8.972	9.516
2910.00	18.529	60.801	8.983	9.546
2915.00	18.567	60.823	8.992	9.575
2920.00	18.602	60.831	8.998	9.604
2925.00	18.644	60.864	9.007	9.637
2930.00	18.689	60.907	9.018	9.670
2935.00	18.727	60.928	9.025	9.701
2940.00	18.758	60.927	9.031	9.727
2945.00	18.790	60.924	9.037	9.753
2950.00	18.826	60.938	9.046	9.780
2955.00	18.866	60.965	9.057	9.809
2960.00	18.903	60.980	9.064	9.838
2965.00	18.937	60.989	9.070	9.867
2970.00	18.972	60.998	9.076	9.896
2975.00	19.009	61.013	9.084	9.925
2980.00	19.049	61.041	9.095	9.954
2985.00	19.086	61.057	9.103	9.983
2990.00	19.117	61.054	9.109	10.008
2995.00	19.148	61.050	9.115	10.033

3000.00	19.182	61.056	9.122	10.060
3005.00	19.223	61.085	9.134	10.089
3010.00	19.261	61.104	9.143	10.118
3015.00	19.295	61.111	9.149	10.146
3020.00	19.329	61.117	9.155	10.175
3025.00	19.364	61.125	9.160	10.203
3030.00	19.399	61.134	9.166	10.232
3035.00	19.433	61.143	9.173	10.261
3040.00	19.465	61.143	9.179	10.287
3045.00	19.501	61.155	9.189	10.312
3050.00	19.539	61.173	9.200	10.339
3055.00	19.577	61.193	9.207	10.371
3060.00	19.613	61.203	9.210	10.403
3065.00	19.643	61.197	9.210	10.433
3070.00	19.675	61.198	9.215	10.461
3075.00	19.709	61.205	9.220	10.489
3080.00	19.742	61.207	9.220	10.522
3085.00	19.778	61.217	9.223	10.555
3090.00	19.815	61.236	9.228	10.587
3095.00	19.849	61.241	9.230	10.619
3100.00	19.881	61.241	9.230	10.651
3105.00	19.914	61.241	9.230	10.684
3110.00	19.946	61.241	9.230	10.716
3115.00	19.978	61.241	9.230	10.748
3120.00	20.010	61.241	9.230	10.780
3125.00	20.042	61.241	9.230	10.812
3130.00	20.075	61.246	9.230	10.845
3135.00	20.107	61.244	9.226	10.880
3140.00	20.136	61.236	9.221	10.915
3145.00	20.167	61.233	9.220	10.947
3150.00	20.197	61.225	9.217	10.979
3155.00	20.223	61.208	9.212	11.012
3160.00	20.254	61.203	9.210	11.044
3165.00	20.286	61.203	9.210	11.076
3170.00	20.319	61.207	9.210	11.110
3175.00	20.349	61.202	9.205	11.144
3180.00	20.379	61.196	9.200	11.179
3185.00	20.414	61.204	9.200	11.214
3190.00	20.449	61.213	9.200	11.249
3195.00	20.483	61.217	9.199	11.284
3200.00	20.511	61.207	9.192	11.319

3205.00	20.544	61.208	9.190	11.354
3210.00	20.578	61.214	9.189	11.389
3215.00	20.606	61.202	9.182	11.424
3220.00	20.634	61.191	9.176	11.459
3225.00	20.662	61.180	9.169	11.493
3230.00	20.691	61.168	9.162	11.528
3235.00	20.723	61.170	9.160	11.563
3240.00	20.758	61.179	9.160	11.598
3245.00	20.793	61.187	9.160	11.633
3250.00	20.829	61.200	9.160	11.669
3255.00	20.867	61.216	9.160	11.707
3260.00	20.904	61.231	9.160	11.744
3265.00	20.937	61.234	9.160	11.777
3270.00	20.968	61.232	9.160	11.808
3275.00	21.001	61.233	9.160	11.841
3280.00	21.038	61.246	9.160	11.878
3285.00	21.077	61.269	9.162	11.915
3290.00	21.119	61.296	9.168	11.951
3295.00	21.152	61.299	9.170	11.982
3300.00	21.180	61.289	9.167	12.013
3305.00	21.207	61.274	9.161	12.046
3310.00	21.240	61.276	9.160	12.080
3315.00	21.270	61.269	9.156	12.114
3320.00	21.299	61.260	9.151	12.148
3325.00	21.332	61.263	9.150	12.182
3330.00	21.362	61.256	9.145	12.217
3335.00	21.394	61.258	9.140	12.254
3340.00	21.432	61.272	9.140	12.292
3345.00	21.468	61.284	9.140	12.328
3350.00	21.498	61.278	9.137	12.361
3355.00	21.524	61.263	9.130	12.394
3360.00	21.559	61.271	9.130	12.429
3365.00	21.601	61.297	9.134	12.467
3370.00	21.644	61.330	9.140	12.504
3375.00	21.681	61.343	9.140	12.541
3380.00	21.713	61.343	9.135	12.578
3385.00	21.745	61.341	9.130	12.615
3390.00	21.778	61.346	9.130	12.648
3395.00	21.812	61.349	9.130	12.682
3400.00	21.842	61.343	9.127	12.715
3405.00	21.876	61.349	9.121	12.755

3410.00	21.915	61.368	9.120	12.795
3415.00	21.955	61.389	9.120	12.835
3420.00	21.991	61.402	9.120	12.871
3425.00	22.028	61.414	9.120	12.908
3430.00	22.066	61.430	9.120	12.946
3435.00	22.106	61.452	9.120	12.986
3440.00	22.146	61.474	9.120	13.026
3445.00	22.184	61.492	9.120	13.064
3450.00	22.216	61.490	9.115	13.101
3455.00	22.248	61.490	9.110	13.138
3460.00	22.284	61.500	9.110	13.174
3465.00	22.313	61.490	9.103	13.210
3470.00	22.341	61.480	9.096	13.245
3475.00	22.372	61.476	9.088	13.284
3480.00	22.404	61.476	9.081	13.323
3485.00	22.436	61.475	9.074	13.362
3490.00	22.468	61.476	9.067	13.402
3495.00	22.503	61.482	9.061	13.442
3500.00	22.542	61.502	9.060	13.482
3505.00	22.579	61.514	9.054	13.525
3510.00	22.614	61.522	9.047	13.567
3515.00	22.651	61.534	9.041	13.610
3520.00	22.692	61.559	9.040	13.652
3525.00	22.729	61.571	9.034	13.695
3530.00	22.768	61.589	9.030	13.738
3535.00	22.810	61.616	9.030	13.780
3540.00	22.852	61.641	9.029	13.823
3545.00	22.888	61.653	9.023	13.865
3550.00	22.928	61.673	9.020	13.908
3555.00	22.968	61.693	9.017	13.951
3560.00	23.004	61.704	9.011	13.993
3565.00	23.046	61.729	9.010	14.036
3570.00	23.088	61.756	9.010	14.078
3575.00	23.127	61.772	9.006	14.121
3580.00	23.164	61.785	9.000	14.164
3585.00	23.208	61.816	9.001	14.206
3590.00	23.256	61.859	9.008	14.248
3595.00	23.300	61.889	9.010	14.290
3600.00	23.341	61.913	9.010	14.331
3605.00	23.385	61.943	9.012	14.373
3610.00	23.434	61.986	9.019	14.415

3615.00	23.483	62.031	9.027	14.456
3620.00	23.533	62.077	9.035	14.498
3625.00	23.581	62.117	9.040	14.541
3630.00	23.625	62.147	9.042	14.583
3635.00	23.675	62.194	9.048	14.627
3640.00	23.722	62.231	9.050	14.672
3645.00	23.767	62.264	9.050	14.717
3650.00	23.813	62.299	9.052	14.761
3655.00	23.864	62.346	9.058	14.805
3660.00	23.909	62.379	9.060	14.849
3665.00	23.953	62.410	9.060	14.893
3670.00	24.001	62.449	9.063	14.938
3675.00	24.052	62.497	9.069	14.983
3680.00	24.097	62.527	9.070	15.026
3685.00	24.144	62.564	9.077	15.067
3690.00	24.187	62.592	9.080	15.107
3695.00	24.233	62.625	9.084	15.149
3700.00	24.283	62.670	9.090	15.193
3705.00	24.328	62.701	9.091	15.237
3710.00	24.377	62.742	9.097	15.280
3715.00	24.420	62.770	9.100	15.320
3720.00	24.461	62.790	9.100	15.361
3725.00	24.503	62.814	9.102	15.402
3730.00	24.551	62.851	9.109	15.442
3735.00	24.593	62.874	9.110	15.483
3740.00	24.633	62.894	9.110	15.523
3745.00	24.677	62.922	9.113	15.564
3750.00	24.724	62.956	9.119	15.605
3755.00	24.764	62.976	9.120	15.644
3760.00	24.801	62.986	9.120	15.681
3765.00	24.838	62.995	9.120	15.718
3770.00	24.874	63.003	9.120	15.754
3775.00	24.908	63.005	9.120	15.788
3780.00	24.941	63.005	9.120	15.821
3785.00	24.974	63.006	9.120	15.854
3790.00	25.004	62.999	9.120	15.885
3795.00	25.029	62.979	9.114	15.915
3800.00	25.055	62.961	9.110	15.945
3805.00	25.088	62.960	9.112	15.975
3810.00	25.124	62.969	9.119	16.005
3815.00	25.156	62.965	9.120	16.036

3820.00	25.176	62.933	9.113	16.062
3825.00	25.196	62.901	9.110	16.086
3830.00	25.215	62.867	9.106	16.110
3835.00	25.233	62.830	9.100	16.133
3840.00	25.254	62.800	9.097	16.157
3845.00	25.270	62.759	9.091	16.180
3850.00	25.291	62.729	9.089	16.202
3855.00	25.301	62.672	9.082	16.220
3860.00	25.309	62.611	9.072	16.237
3865.00	25.322	62.562	9.063	16.259
3870.00	25.359	62.572	9.054	16.305
3875.00	25.401	62.596	9.050	16.351
3880.00	25.448	62.629	9.050	16.398
3885.00	25.494	62.662	9.050	16.444
3890.00	25.540	62.695	9.050	16.490
3895.00	25.588	62.732	9.051	16.537
3900.00	25.642	62.784	9.059	16.584
3905.00	25.697	62.838	9.067	16.630
3910.00	25.752	62.892	9.075	16.677
3915.00	25.804	62.938	9.080	16.724
3920.00	25.853	62.978	9.082	16.771
3925.00	25.908	63.030	9.090	16.818
3930.00	25.955	63.065	9.090	16.865
3935.00	26.002	63.100	9.090	16.912
3940.00	26.050	63.135	9.090	16.960
3945.00	26.097	63.169	9.090	17.007
3950.00	26.139	63.191	9.084	17.055
3955.00	26.183	63.215	9.080	17.103
3960.00	26.230	63.251	9.080	17.150
3965.00	26.278	63.286	9.080	17.198
3970.00	26.326	63.322	9.080	17.246
3975.00	26.374	63.358	9.080	17.294
3980.00	26.422	63.393	9.080	17.342
3985.00	26.470	63.430	9.080	17.390
3990.00	26.519	63.466	9.080	17.439
3995.00	26.567	63.502	9.080	17.487
4000.00	26.616	63.538	9.080	17.536
4005.00	26.664	63.575	9.080	17.584
4010.00	26.710	63.605	9.077	17.633
4015.00	26.752	63.625	9.070	17.682
4020.00	26.801	63.662	9.070	17.731

4025.00	26.850	63.699	9.070	17.780
4030.00	26.899	63.736	9.070	17.829
4035.00	26.948	63.774	9.070	17.878
4040.00	26.997	63.811	9.070	17.927
4045.00	27.047	63.849	9.070	17.977
4050.00	27.096	63.887	9.070	18.026
4055.00	27.143	63.917	9.067	18.076
4060.00	27.183	63.934	9.058	18.126
4065.00	27.224	63.951	9.049	18.175
4070.00	27.264	63.968	9.039	18.225
4075.00	27.305	63.984	9.030	18.275
4080.00	27.345	64.000	9.020	18.325
4085.00	27.386	64.017	9.011	18.375
4090.00	27.427	64.034	9.001	18.426
4095.00	27.467	64.049	8.991	18.476
4100.00	27.507	64.065	8.981	18.527
4105.00	27.548	64.082	8.971	18.577
4110.00	27.589	64.098	8.961	18.628
4115.00	27.629	64.114	8.951	18.679
4120.00	27.671	64.134	8.942	18.729
4125.00	27.720	64.170	8.940	18.780
4130.00	27.771	64.210	8.940	18.831
4135.00	27.815	64.232	8.932	18.883
4140.00	27.864	64.269	8.930	18.934
4145.00	27.915	64.309	8.930	18.985
4150.00	27.959	64.332	8.922	19.037
4155.00	28.007	64.365	8.918	19.088
4160.00	28.050	64.387	8.910	19.140
4165.00	28.100	64.423	8.908	19.192
4170.00	28.143	64.445	8.899	19.243
4175.00	28.185	64.464	8.890	19.295
4180.00	28.227	64.483	8.879	19.348
4185.00	28.271	64.506	8.871	19.400
4190.00	28.322	64.546	8.870	19.452
4195.00	28.372	64.583	8.868	19.504
4200.00	28.418	64.610	8.861	19.557
4205.00	28.469	64.650	8.860	19.609
4210.00	28.519	64.687	8.857	19.662
4215.00	28.566	64.715	8.851	19.715
4220.00	28.618	64.756	8.850	19.768
4225.00	28.671	64.799	8.850	19.821

4230.00	28.724	64.842	8.850	19.874
4235.00	28.780	64.892	8.853	19.927
4240.00	28.843	64.957	8.863	19.980
4245.00	28.906	65.023	8.873	20.034
4250.00	28.967	65.084	8.880	20.087
4255.00	29.021	65.127	8.880	20.141
4260.00	29.074	65.171	8.880	20.194
4265.00	29.128	65.215	8.880	20.248
4270.00	29.179	65.253	8.877	20.302
4275.00	29.227	65.283	8.871	20.356
4280.00	29.280	65.326	8.870	20.410
4285.00	29.334	65.370	8.870	20.464
4290.00	29.389	65.415	8.870	20.519
4295.00	29.443	65.460	8.870	20.573
4300.00	29.499	65.508	8.872	20.627
4305.00	29.561	65.569	8.879	20.682
4310.00	29.618	65.620	8.881	20.737
4315.00	29.681	65.683	8.889	20.792
4320.00	29.736	65.730	8.890	20.846
4325.00	29.791	65.775	8.890	20.901
4330.00	29.847	65.821	8.890	20.957
4335.00	29.902	65.867	8.890	21.012
4340.00	29.957	65.913	8.890	21.067
4345.00	30.013	65.959	8.890	21.123
4350.00	30.068	66.005	8.890	21.178
4355.00	30.123	66.048	8.889	21.234
4360.00	30.171	66.078	8.881	21.290
4365.00	30.229	66.130	8.883	21.345
4370.00	30.292	66.191	8.890	21.401
4375.00	30.352	66.248	8.895	21.457
4380.00	30.419	66.318	8.906	21.514
4385.00	30.487	66.390	8.917	21.570
4390.00	30.561	66.474	8.934	21.626
4395.00	30.631	66.551	8.948	21.683
4400.00	30.705	66.637	8.966	21.739
4405.00	30.777	66.717	8.981	21.796
4410.00	30.849	66.799	8.997	21.853
4415.00	30.921	66.880	9.013	21.909
4410.00	30.849	66.799	8.997	21.853
4415.00	30.922	66.880	9.013	21.909

4600.00	32.194	69.394	9.336	22.604
4700.00	32.797	70.595	9.461	22.843
4800.00	33.395	71.793	9.572	23.042
5000.00	34.687	74.499	9.857	23.767
5100.00	35.292	75.690	9.958	23.941

Anexo 3

Revisión técnica vehicular con sistema a carburador



REPUBLICA DEL ECUADOR
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO
MUNICIPIO DE LOJA
REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR

0017322

CERTIFICADO DE REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR 2020

No. Reporte: 17322	Marca: CHEVROLET	APROBADO	XBR0426
Fecha Revisión: 2/JUN/2020	Modelo: FORSA 1.0L T/M	RESULTADO	PLACA
	Año: 1998		
Encargado de Revisión	Jefe de Matriculación	No. Chasis: 0BBEAA44SW0124392	VALIDO HASTA: 31/07/21
		Servicio: PARTICULAR	No. Defectos TIPO 3: 0
		Proceso: RENOVACION PERMISO	No. Defectos TIPO 2: 0
		No. Revisión: PRIMERA	No. Defectos TIPO 1: 0
			Kilometraje: 0

Codigo	Descripcion Defecto Mecatronico	Unidad	Valor	Limites	Calificacion	Ubicacion
Codigo	Descripcion Prueba Mecatronica	Unidad	Valor	Limites	Calificacion	Ubicacion
03090101	CONVERGENCIA O DIVERGENCIA EN DIRECCIÓN SUPER	m/m	1,40	0.000<=X<=4.000	OK	0
03090102	CONVERGENCIA O DIVERGENCIA EN DIRECCIÓN SUPER	m/m	0,30	-15.000<=X<=15.000	OK	0
05010301	INCORRECTA EFICACIA DE SUSPENSIÓN 1 EJE	%	95,00	60.001<=X<=100	OK	18
05010301	INCORRECTA EFICACIA DE SUSPENSIÓN 1 EJE	%	97,00	60.001<=X<=100	OK	19
05010401	DESEQUILIBRIO DE SUSPENSIÓN 1ER EJE	%	2,00	0.000<=X<=25.000	OK	0
05010501	INCORRECTA EFICACIA DE SUSPENSIÓN 2DO. EJE.	%	96,00	60.001<=X<=100	OK	18
05010501	INCORRECTA EFICACIA DE SUSPENSIÓN 2DO. EJE.	%	97,00	60.001<=X<=100	OK	19
05010601	DESEQUILIBRIO DE SUSPENSIÓN 2DO. EJE.	%	1,00	0.000<=X<=25.000	OK	1
10030101	RUIDO DE ESCAPE SUPERIOR AL LÍMITE.	dB	77,80	66.000<=X<=94.9	OK	-
04030201	DESEQUILIBRIO DEL FRENO DE SERVICIO EN EL 1º EJE.	%	5,00	0.000<=X<=14.999	OK	0
04030301	DESEQUILIBRIO DEL FRENO DE SERVICIO EN 2 EJES.	***	9,00	0.000<=X<=14.999	OK	-
04030101	INCORRECTA EFICACIA DEL FRENO DE SERVICIO.	%	68,00	85.001<=X<=100	OK	-
10020101	INCORRECTA EMISIÓN DE CO CORREGIDO EN RALENTI	%	2,84	0.000<=X<=4.499	OK	-
10020104	INCORRECTA EMISIÓN DE HC EN RALENTI	ppm	359,00	0.000<=X<=699.9	OK	-
10020103	INCORRECTA EMISIÓN DE O2 EN RALENTI	%	0,82	0.000<=X<=3.999	OK	-
10020501	INCORRECTA EMISIÓN DE CO CORREGIDO EN ALTAS R	%	1,41	0.000<=X<=4.499	OK	-
10020504	INCORRECTA EMISIÓN DE CO CORREGIDO EN ALTAS R	ppm	492,00	0.000<=X<=899.9	OK	-
10020504	INCORRECTA EMISIÓN DE HC EN ALTAS RPM	ppm	492,00	0.000<=X<=899.9	OK	-
10020106	MEDICIÓN DE RPM	***	1080,00	800.000<=X<=1100	OK	-