

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA Ingeniería Electrónica

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
BACH. EN LA CARRERA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

PROYECTO

TÍTULO

**CONTROL DE ACELERACIÓN PARA MOTOR
DIÉSEL TOYOTA 3L MEDIANTE UNA PLACA
DE DESARROLLO CON MICRO CONTROLADOR,
2018**

Sustentante:

Hernán Felipe Sanabria Rodríguez

FACILITADOR:

Ing. José Alejandro Rojas López

Abril, 2018

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	II
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
CAPÍTULO I	11
PROBLEMA DEL PROYECTO.....	11
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.	12
1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa.	12
1.1.2 Justificación del proyecto.....	15
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.3.1 Objetivo General.	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.	17
1.4.1 Alcances.....	17
1.4.2 Limitaciones.....	18
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 CONTEXTO HISTÓRICO.....	21
2.1.1 Tipos de motores de combustión interna.	21
2.1.2 Etapas de trabajo Motor Otto.....	21
2.1.3 Inicio de los motores diésel.	22
2.2 CONTEXTO TEÓRICO.	22
2.2.1 Motor de combustión interna.	23
2.2.2 Motores diésel.	24
2.2.3 Sistemas de control electrónico.	25
2.3 CONTEXTO DE LA IMPLEMENTACIÓN	26
2.3.1 Sistemas de control.	31
2.3.2 Actuadores.	31
2.3.3 Sensores.	33

CAPÍTULO III	36
MARCO METODOLÓGICO.....	36
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	37
3.1.1 Enfoque de la investigación.....	37
3.1.2 Dimensión temporal.....	37
3.1.3 Marco.....	38
3.1.4 Naturaleza.....	39
3.1.5 Carácter.....	41
3.2 FUENTES Y SUJETOS DE INVESTIGACIÓN.....	43
3.2.1 Primera mano.....	43
3.2.2 Fuentes secundarias.....	44
3.2.1 Sujetos de información.....	44
3.3 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	45
3.3.1 La observación.....	45
3.3.1 La entrevista.....	47
3.4 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	49
3.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
CAPÍTULO IV	51
DIAGNÓSTICO	51
CAPÍTULO V	59
DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO.....	59
5.2.1 Desarrollo del Hardware	61
5.2.1.1 Control del acelerador	62
5.2.1.2 Montaje electrónico del servomotor	62
5.2.1.3 Montaje físico del servo en la cámara del motor	65
5.2.1.4 Manejo del servomotor mediante software	66
5.2.2.1 Medidor de revoluciones del motor	68
5.2.2.2 Montaje electrónico del medidor de revoluciones	68
5.2.2.3 Montaje físico del medidor de revoluciones en el motor.....	69
5.2.2.4 Lectura de revoluciones mediante software.....	69
5.2.3.1 Posición de pedal de acelerador.....	72
5.2.3.2 Montaje electrónico del transductor de posición de acelerador.....	72
5.2.3.3 Montaje físico del transductor en la cámara del motor.....	73

5.2.3.4	Manejo del transductor de posición del acelerador mediante software.....	74
5.2.4.1	Celda de ceca de hidrogeno.....	75
5.2.4.2	Montaje del control electrónico de la celda.....	77
5.2.4.3	Montaje físico de la celda en la cámara del motor.....	77
5.2.4.4	Manejo de la celda mediante software.....	79
5.5.6	Ahorros generados.....	84
CAPÍTULO VI.....		88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		88
BIBLIOGRAFÍA.....		92
GLOSARIO.....		95
ANEXOS.....		97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de flujo del sistema.....	15
Figura 2	Diagrama de diseño electrónico.....	16
Figura 3	Dibujo de sección de motor Toyota 3L.....	23
Figura 4	Motor TOYOTA 3L.....	25
Figura 5	Diagrama de bloques composición básica del proyecto.....	27
Figura 6	Imagen ilustrativa Arduino uno.....	29
Figura 7	Imagen ilustrativa RaspBerry.....	30
Figura 8	Imagen ilustrativa BasicStamp.....	30
Figura 9	Servomotor Giant Scale.....	32
Figura 10	Potenciómetro lineal.....	33
Figura 11	Sensor de temperatura resistente al agua.....	34
Figura 12	Diagrama tiempo de la elaboración del proyecto.....	50
Figura 13	Diagrama de flujo de la propuesta de diseño.....	56
Figura 14	Conexión Servomotor - Arduino.....	63
Figura 15	LM2596 convertidor de voltaje de corriente directa a corriente directa.....	63
Figura 16	Implementación de circuito de servomotor y fuente.....	64
Figura 17	Implementación de sistema mecánico para uso en caso de fallas.....	65
Figura 18	Código ligado al control de aceleración del motor 100% dependiente del pedal de acelerador.....	67
Figura 19	Divisor de voltaje para sensor de RPM.....	69
Figura 20	Imagen del código de lectura de RPM del motor.....	70
Figura 21	Voltaje de operación normal del vehículo.....	71
Figura 22	Voltaje de operación en mínimo de RPM y con la celda trabajando.....	71
Figura 23	Sensor de posición de pedal de acelerador.....	72
Figura 24	Imagen de la implementación del transductor.....	73
Figura 25	Imagen del código de control del acelerador.....	74

Figura 26 Celda ceca de hidrogeno.....	75
Figura 27 Diagrama electrónico del control PWM.....	77
Figura 28 Imagen del montaje de la celda en la cámara del motor.....	78
Figura 29 Imagen del código de lectura de la temperatura	79
Figura 30 Imagen del sensor de temperatura para comparación don el valor del código	80
Figura 31 Diagrama electrónico completo del sistema	86
Figura 32 Imagen de sistema completo implementado.....	87
Figura 33 sistema completo con periféricos.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Recolección de datos de combustibles vs distancia recorrida.....	47
Tabla 2 Recolección de datos de combustibles vs distancia recorrida previa a la instalación	53
Tabla 3 Costos de diseño	81
Tabla 4 Mano de obra de la implementación	81
Tabla 5 Costos de movilizaciones	82
Tabla 6 Costo de los materiales	82
Tabla 7 Costos de alimentación	83
Tabla 8 Costo total del proyecto	83
Tabla 9 diferencia entre el uso y no uso del controlador.....	84
Tabla 10 Análisis de rentabilidad con respecto a la distancia recorrida	84

DECLARACION JURADA

Yo Hernan Felipe Sanabria Rodríguez, mayor de edad, portador de la cedula de identidad número 3-0407-0933 egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica de la universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de este acto y debidamente apercibido y entiendo de las penas y consecuencias con las que se castiga en el código penal delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el titulo de bachillerato en ingeniería electrónica, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **CONTROL DE ACELERACIÓN PARA MOTOR DIÉSEL TOYOTA 3L MEDIANTE UNA PLACA DE DESARROLLO CON MICRO CONTROLADOR, 2018**, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las leyes penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derechos Conexos numero 6683 del 14 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; articulo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que esto s no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de Cartago, a los 21 días del mes de abril del año dos mil dieciocho.



Firma del estudiante.

3-407-933

Cedula



CARTA DEL TUTOR

San José, 19 de abril de 2018

**Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

El estudiante **Hernán Felipe Sanabria Rodríguez**, cédula de identidad número **3-0407-0933**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: "**Control de aceleración para motor diésel Toyota 3L mediante una placa de desarrollo con microcontrolador, 2018**" el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Electrónica.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación, antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

Tabla 1 Calificación del proyecto

#	Rubro	% Teórico	% Asignado
a)	Original del tema	10%	10%
b)	Cumplimiento de entrega de avances	20%	16%
c)	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación	30%	28%
d)	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones	20%	18%
e)	Calidad, detalle del marco teórico	20%	18%
TOTAL:		100%	90%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Ing. José Alejandro Rojas López
Cédula identidad 1 1079 0035
Carné Colegio Profesional N°: IEL-15888

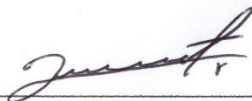
Cartago, Costa Rica 20 de abril de 2018

Señores(as)

Universidad Hispanoamericana

Yo Jaime Antonio Quesada Romero ced: 3-0192-0303 propietario de la empresa **Sociedad Q y Q de La Cangreja**, cedula Jurídica: **3- 101537972**, por este medio hago constar que el proyecto titulado: **CONTROL DE ACELERACIÓN PARA MOTOR DIÉSEL TOYOTA 3L MEDIANTE UNA PLACA DE DESARROLLO CON MICRO CONTROLADOR, 2018**; fue desarrollado satisfactoriamente en mi empresa por el estudiante Hernan Felipe Sanabria Rodríguez ced: 3 0407 0933 ya que cumplió ampliamente lo requerimientos planteados inicialmente, mismo que nos facilita generar ahorro en el uso de combustible obteniendo un impacto económico positivo.

Atentamente:



Jaime Antonio Quesada Romero



CARTA DEL LECTOR

San José, 24 de mayo del 2018

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Hernán Felipe Sanabria Rodríguez, cédula de identidad número 3-0407-0933, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "CONTROL DE ACELERACIÓN PARA MOTOR DIÉSEL TOYOTA 3L MEDIANTE UNA PLACA DE DESARROLLO CON MICRO CONTROLADOR, 2018", el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

Ing. Víctor H. Arguedas Arce
Cédula de identidad: 106690138
Carné colegio profesional: IE-6285

Resumen

Debido a la necesidad de viajar constantemente a la Zona Caribe y por más de 1200 kilómetros semanales, se ve que el costo económico de esto requiere una inversión elevada; asimismo, si se analiza el movimiento de cargas especialmente de Limón al Valle Central y viceversa, se logra determinar que el gasto, uso y contaminación por uso del diésel es muy alto y que este es uno de los mayores gastos en los cuales incurren las empresas de movimiento de cargas en el país; además, en muchos de los casos, las empresas logran optimizar a muy alto nivel sus recursos, para poder ser eficientes, sin poder hacer mucho debido a este factor, en el cual no tienen control, como son los combustibles.

Por esta razón nace la presente investigación, en la que se desarrolla una investigación de las condiciones de operación actuales y su dependencia de los costos de los combustibles.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa.

La empresa Q y Q de la Cangreja S.A. es una compañía familiar que nace del esfuerzo y emprendedurismo del señor Jaime Quesada, este logra iniciarla y hacerla funcionar. Dicha empresa empieza a operar en el año 1988, con varios camiones y solo este señor como único empleado y dueño de la empresa, con lo cual ha tenido un crecimiento importante desde entonces a la actualidad, y actualmente cuenta con la participación de todos sus hijos e hijas además de 23 empleados adicionales fuera de la familia.

Tomando en cuenta lo antes descrito, surge la gran inquietud de reafirmar que la economía costarricense está basada en la utilización de combustibles, que como ya se sabe es un recurso limitado en el planeta y como si fuera poco está controlado en costo y extracción por empresas y organismos internacionales, los cuales definen el precio de combustibles en el mundo. En este aspecto, Costa Rica no tiene ningún control ni influencia, pues solo es un consumidor que debe adaptarse a lo definido por el mercado internacional.

En respuesta a la escasez que se avecina de combustibles fósiles y la futura crisis económica mundial respecto a este tema, los fabricantes de autos empiezan a tomar medidas para la fabricación de vehículos de funcionamiento completamente eléctrico, mismo que elimina la utilización del combustible en la ecuación del transporte; lastimosamente este tema no avanza a la brevedad que se necesita ya que hay factores como la durabilidad, la estética y funcionalidad de estos

vehículos los cuales no han alcanzado los estándares requeridos para entrar a funcionar con los mismos beneficios tal y como los vehículos actuales ya lo hacen.

Por lo cual se debe tomar en cuenta que ya existen autos como los que manufactura Tesla Motors, estos son autos de rendimiento y diseños muy adaptados a los ya existentes en motores a combustión interna, con la gran desventaja de que su costo elevado los hace de acceso limitado y solo para personas de una muy alta percepción de ingresos.

Estas razones hacen sentir una total imposibilidad de lograr algún ahorro en la economía del país, y mucho menos en la economía familiar de los costarricenses, por lo cual se deben buscar medidas alternativas que logren disminuir dicho costo.

En el Costa Rica actual se han encontrado varios métodos de modificación de vehículos ya existentes para lograr usar otras tecnologías más económicas en cuanto a su costo de consumo de combustible por kilómetro.

Una de ellas es la conversión de los autos a uso de gas licuado de petróleo, ello tiene un costo por litro menor que el del diésel y cuenta con una mayor eficiencia en la explosión dentro de los cilindros del motor; una de las limitaciones de este sistema es que la conversión tiene un costo muy elevado pues requiere uso de inyectores especializados en la inyección de gas; se debe hacer la instalación de un tanque para almacenar el combustible y se corre el peligro de tener fugas y no detectarlas fácilmente porque al salir en estado gaseoso y no líquido como el diésel es más difícil de percibir.

Dicho costo ronda los dos y tres millones de colones y para un vehículo de costo bajo, sale más cara la modificación que el carro en sí. Otro factor a tomar en cuenta es que para que una inversión de esta dimensión se justifique, el uso del vehículo y el

gasto de combustible deben ser muy elevados para lograr una tasa de retorno menor a un año.

Asimismo, se ha tratado de implementar el uso del etanol en mezcla con el combustible para volverlo más económico y limpio, pero esta opción implica que el sistema del vehículo debe estar como nuevo pues si no se produce el desprendimiento de suciedad del tanque de combustible, el conducto y el sistema de inyección en general, dichos desprendimiento provocan que se tapen los inyectores del motor y se deba estar realizando una limpieza periódica para eliminar las impurezas, por lo cual la ganancia de la utilización del etanol, y si bien es cierto es solo por un periodo, genera que los usuarios no acepten el cambio y no sea viable establecerlo.

En el caso del diésel, se sabe que uno de los aditivos más utilizados es el azufre para abaratar sus costos, y es perfectamente funcional, con la dificultad de que este aditivo produce mayor contaminación y por ende el impacto ambiental es muy elevado, y si bien es cierto, se estarían reduciendo los costos, por el precio economizado, se estaría afectando la salud pública.

Costa Rica tiene el reto de lograr mayor eficiencia y competitividad a nivel global, por ende, la búsqueda de nuevas tecnologías debe ser incesante y tiene que procurar mantener el medio ambiente a un costo que sea accesible a todo tipo de personas, no solo a aquellas con un vehículo, sino a todo usuario de transporte público y de carga, pues debe existir la seguridad de la perpetuidad del servicio a un costo dentro de las posibilidades económicas de los usuarios.

1.1.2 Justificación del proyecto.

La maximización de los sistemas existentes capaces de generar ahorro y abaratar costos de funcionamiento en la economía actual, potenciados mediante el uso de la electrónica como plataforma de acople de tecnologías, logra un incremento considerable en las utilidades de dichos sistemas.

Las plataformas electrónicas se han convertido en la base de funcionamiento de los vehículos actuales, pues tomando el control de los sistemas, se logra una mayor eficiencia en el funcionamiento del motor y su rendimiento de combustible.

El propósito de esta investigación es montar un prototipo capaz de generar un ahorro significativo en la utilización de los motores diésel como fuente de movimiento económico del país.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Se propone el diseño e implementación de un sistema de control electrónico capaz de manipular la aceleración del motor y volver más eficiente el uso del combustible en los motores

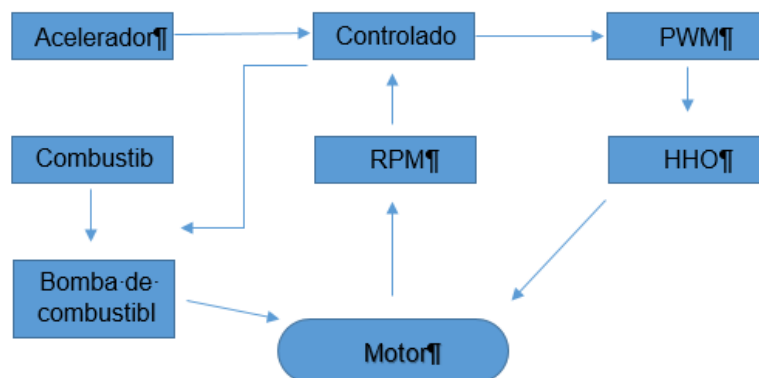


Figura 1 Diagrama de flujo del sistema

Fuente: Elaboración Propia

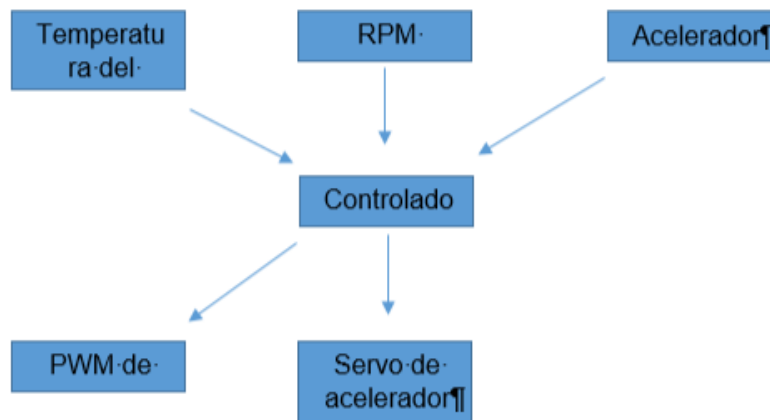


Figura 2 Diagrama de diseño electrónico

Fuente: Elaboración Propia

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general.

Desarrollar un sistema de control electrónico capaz de combinar el uso de dos tecnologías de combustible para optimizar el rendimiento del combustible en un motor diésel Toyota 3L.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Controlar el acelerador de un motor diésel Toyota 3L mediante una placa de desarrollo con micro controlador.
- Realizar lectura de revoluciones por minuto de un motor diésel Toyota 3L mediante el uso de transductores y una placa de desarrollo con micro controlador.

- Realizar la transducción de la señal mecánica del pedal de acelerador de un motor diésel Toyota 3L y transferir la señal a una placa de desarrollo con micro controlador.
- Fabricar un prototipo controlador para celda de hidrógeno mediante una placa de desarrollo con micro controlador.
- Fabricar un prototipo de monitoreo de temperatura de motor diésel Toyota 3L.
- Analizar el costo beneficio de la implementación del prototipo diseñado.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances.

A través de la aceleración del motor de una manera electrónica se puede aumentar la eficiencia de este, con la finalidad de generar un ahorro de combustible

Se pretende obtener una lectura de las revoluciones del motor de forma electrónica, mediante la cual se pueden tomar los valores necesarios para controlar el sistema, y hacer que este funcione de una manera más continua para evitar posibles daños a los sistemas del motor.

La lectura electrónica del pedal de acelerador permite intervenir las reacciones del chofer que generan más desperdicio en la forma de conducción.

Mediante el monitoreo de la temperatura del motor se pueden evitar problemas por reacciones inesperadas de las mezclas de hidrógeno con el aire del motor, lo cual genera estabilidad en su funcionamiento y logra que el conductor se desentienda del funcionamiento del sistema.

La implementación del sistema de control electrónico con sus diferentes etapas de censado y actuadores pretende establecer una brecha antes y un después del uso del mismo; pretende mejorar el rendimiento del motor en el aspecto económico, logrando cuantificar de forma tangible el ahorro o reducción del gasto de dinero por el rubro de consumo de combustibles.

Además, busca dar muestra de que el uso de la tecnología como control del gasto en la operación de una empresa puede liderar y hacer un mejor aprovechamiento del recurso en busca de una mejora continua de los procesos naturales de la operación de la empresa.

Se demostrará que, mediante herramientas tecnológicas al alcance en el mercado actual, se logra medir, controlar y por ende auditar los gastos y costos, para un mayor autoconocimiento de la empresa que permita el aumento en la eficiencia de la misma.

1.4.2 Limitaciones.

Debido a la naturaleza de la actividad de la empresa y ya que esta debe estar usando sus unidades para hacer servicios de transporte a largas distancias y constantes a todas horas, se limita el acceso a las unidades para poder ser intervenidas en horarios de mantenimiento programados, ocasiones de mantenimiento correctivo y en última instancia, si el equipo está sin servicios pendientes; por lo cual ello reduce de forma muy significativa el acceso a tiempo para realizar instalación y ajustes del dispositivo a instalar.

Dado que el empresario realizó la solicitud explícita de invertir el menor capital necesario para la implementación del proyecto, se ve limitada la utilización de bases de aluminio para los componentes como servomotor y controlador del sistema y la base para el transductor del pedal del acelerador.

Uno de los puntos que más afecta el proyecto es la limitante de poder poner en relación directa el eje del servomotor y el eje de la bomba de diésel, esto permitiría un mejor control del acelerador, con mayor precisión y evitaría retardos relacionados con la posición física del servomotor con respecto a la bomba de inyección del combustible.

Por un asunto de presupuesto, la empresa decide no invertir en el desarrollo de un sistema de almacenamiento y comunicación o transmisión de información de operación del sistema, como lo puede ser información de la conducción del chofer, errores, como temperaturas elevadas entrada y salida de operación de la celda, entre otras.

También se encuentra una gran limitación en los alcances del desarrollo de software, ya que debido a la falta de tiempo asignado por la empresa, no se puede dedicar más recurso a desarrollar un software que genere más eficiencias en el uso del acelerador.

Debido al uso de un solo micro controlador, se ve limitada la gestión de códigos a secuencias que no quiten mucho tiempo de reacción ya que al volverse muy largo o pesado el programa, el controlador pierde reacción en la lectura del acelerador y reacción en el movimiento del servomotor de aceleración; ello da como resultado una conducción con saltos e inconsistencias en la aceleración.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

2.1.1 Tipos de motores de combustión interna.

Existen muchos tipos de motores de combustión interna diseñados desde la invención de este, de la gran gama de motores existentes, algunos de los más destacados son los siguientes: Motor cíclico Otto, Motor Diésel, Motor Rotatorio y la turbina de combustión.

En este sentido, casi todos los vehículos actuales utilizan motores de combustión interna de 4 tiempos, conocidos también por el nombre de la persona que se dio su origen, Otto.

Dentro de la empresa donde se realiza el proyecto, se encuentran carros con este tipo de motor y es en este tipo donde este se ejecutará.

2.1.2 Etapas de trabajo Motor Otto.

- Admisión: Pistón baja en el momento de que la válvula de admisión baja para permitir el ingreso de aire y combustible.
- Compresión: El pistón sube comprimiendo la mezcla de aire y combustible dentro de la cámara del motor.
- Explosión: El pistón llega al máximo de su recorrido, se genera una chispa para producir la explosión que impulsará al pistón hacia abajo.

- Escape: El pistón sube nuevamente, pero esta vez la válvula de escape permanece abierta y la de admisión se encuentra cerrada, para permitir la expulsión de los gases de escape.

2.1.3 Inicio de los motores diésel.

Inventado en 1893 por Rudolf Diésel, basado en la utilización de combustibles poco volátiles; en 1897 la empresa MAN produjo el primer motor basado en los estudios de este personaje, utilizando aceite liviano utilizado para la iluminación de lámparas de aceite.

2.2 CONTEXTO TEÓRICO

Tomando en cuenta que la investigación está basada en el uso y aplicación de tecnologías actuales y existentes y con bastantes años de estar en el mercado mundial, lo cual las convierte en máquinas y sistemas altamente eficientes, trabajados con años de ingeniería de desarrollo, se pretende usar estas mismas tecnologías como base para la optimización del uso del combustible diésel, en dichos sistemas.

Asimismo, debe entenderse a detalle cómo es que funcionan los motores de combustión interna y los diferentes tipos existentes, además cómo funcionan los sistemas de control, cuál es su lógica, sobre qué sistemas se pueden aplicar y bajo qué condiciones son capaces de operar.

2.2.1 Motor de combustión interna.

Un motor de combustión interna es una máquina capaz de convertir energía química en energía mecánica, dicha máquina tiene como parte primordial de funcionamiento, una cámara en la cual se consume mediante combustión una mezcla de combustible, aire y un detonante encargado de comenzar el proceso, en este se genera una explosión que empuja un embolo conectado a un eje rotativo llamado cigüeñal y este transmite la energía mecánica giratoria.

3L

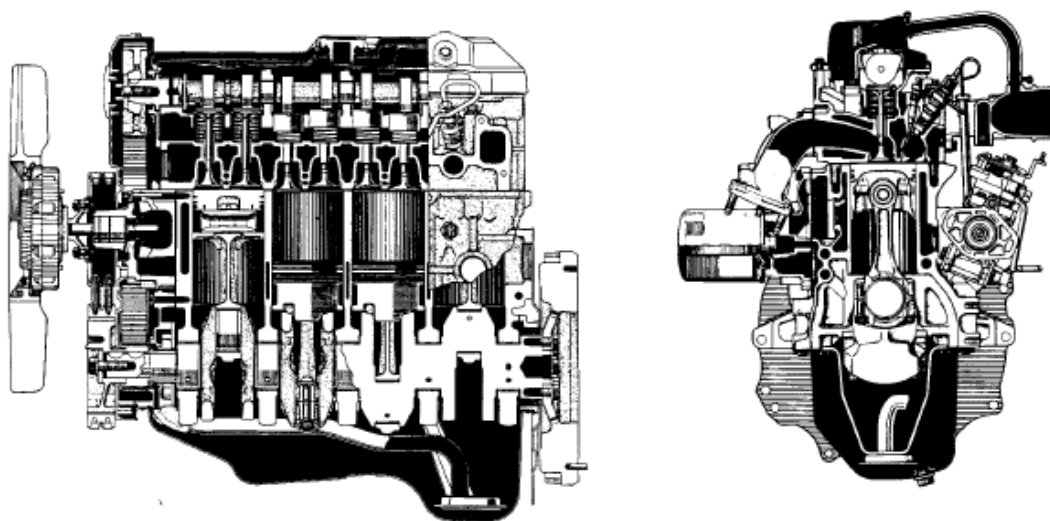


Figura 3 Dibujo de sección de motor Toyota 3L

Fuente: Toyota 2L-T, 3L engine repair manual supplement

La combustión es una reacción química de componentes en la cual se desprende una gran cantidad de calor. En toda combustión existe un elemento que se quema llamado combustible (gasolina) formados por hidrocarburos y otro que produce

la combustión llamado comburente, el cual corresponde al oxígeno procedente del aire atmosférico.

Los motores de combustión interna constan de una cámara formada por un cilindro fijo, cerrado en un extremo y dentro del cual se desliza un pistón que realiza las cuatro fases como son admisión, compresión, explosión y escape, cuenta con una entrada de la mezcla aire-combustible y una salida de los gases producidos por la combustión como se muestra en la figura 1.1. La cara exterior del pistón está unida por una biela al cigüeñal, que convierte en movimiento rotatorio el movimiento lineal del pistón (Cujilema y Ramírez, 2011).

Como se explica en la cita anterior, el motor de combustión, especialmente el utilizado en vehículos livianos de 4 tiempos los cuales conllevan admisión y compresión de aire, explosión y descarga de gases. Como detalle interesante se debe tomar en cuenta que el motor a utilizar es de combustión de combustible diésel, no gasolina, por lo cual vale la pena explicar las pequeñas diferencias de funcionamiento de este tipo de motores.

2.2.2 Motores diésel.

La diferencia más significativa entre el motor de gasolina y el motor diésel se basa en la utilización de dos métodos distintos de lograr la explosión del combustible, en los motores de gasolina la explosión se obtiene mediante la aplicación de una chispa generada por el sistema eléctrico, la cual genera que el combustible explote dentro del motor.



Figura 4 Motor TOYOTA 3L.

Fuente: Elaboración propia.

No así en lo motores diésel, en los cuales se logra la explosión mediante la inyección del combustible y esta se genera por alcanzar una temperatura muy elevada en el momento más alto de compresión de aire dentro de la cámara de explosión del motor.

Por tanto, se puede destacar que un motor de gasolina depende de la chispa de inicio de la explosión y el motor diésel depende del momento en que se inyecta el combustible dentro del motor.

2.2.3 Sistemas de control electrónico.

Un sistema de control electrónico, un dispositivo que posee entradas de información, una unidad central que analiza la información recibida de sus entradas, es capaz de tomar decisiones ya programadas o específicas para cada situación y genera una salida de información o respuesta a estas señales de entrada, por ende, se convierte en un sistema autónomo de toma de decisiones.

Dentro de los sistemas de control se tienen otros con una entrada y una salida, varias entradas una salida o varias entradas varias salidas, y los sistemas que poseen

retroalimentación o un lazo de información generada a partir de los datos obtenidos del mismo sistema o su salida o salidas; esto con el fin de obtener hechos de los resultados conseguidos por las determinaciones del sistema para determinar o reaccionar a estos.

2.3 CONTEXTO DE LA IMPLEMENTACIÓN

Dentro de la implementación del proyecto se tiene que tomar como base o sistema original el motor de combustión, el cual se pretende intervenir para lograr una mayor eficiencia en su operación y así generar un ahorro atractivo para la empresa. A continuación, se detalla el sistema de control del mismo.

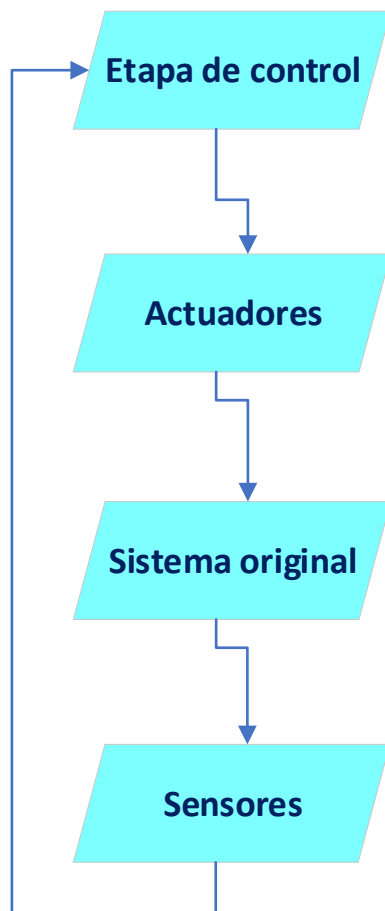


Figura 5 Diagrama de bloques composición básica del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la figura de bloques, el proyecto está basado en cuatro grandes bloques como pilar central de análisis al sistema a implementar; arranca en la etapa de control, esta se encarga de registrar las lecturas del sistema para procesarlas de la manera más eficiente y con base en los datos y la programación en su interior, poder hacer las modificaciones en el proceso por medio de los actuadores.

Se puede describir esta sección como la parte inteligente del sistema y que dependiendo de los ajustes y programas que este maneje, así será el rendimiento residual al final de la operación.

El segundo bloque corresponde a los actuadores, estos son los instrumentos mediante los cuales un controlador ejecuta las instrucciones en su interior, hay dispositivos electrónicos capaces de hacer modificaciones en la operación original del motor y con estas aumentar la eficiencia al punto de generar ahorro.

El tercer bloque corresponde al sistema original o sistema a ser intervenido para lograr mejorar la eficiencia y automatizar el control del motor; este es un sistema perfectamente funcional, pero con una forma de trabajo muy mecánica dependiente en su totalidad de la forma de manejo del chofer de turno.

Por último, se presenta el bloque de sensores, esto se especializan en la medición de variables de uso común en el motor con la finalidad de recibir una retroalimentación de información proveniente de los componentes que están en constante modificación por los actuadores, estos permiten saber al controlador si la acción ejecutada mediante los actuadores es la idónea, mayor o menor y con base en esta información se encarga de tomar las acciones necesarias en los actuadores para corregir o sostener una condición.

La etapa de control consiste en un dispositivo electrónico de muy fácil acceso en el mercado, además de contar con una gran variedad tanto de tipos, como de fabricantes, dentro de esta gran gama de posibilidades en la actualidad, se pueden destacar los controladores Arduino, RaspBerry, BasicStam, entre otros.

Todos estos con características no iguales, pero sí muy similares y a nivel equitativo para lograr controlar lo que se requiere en el proyecto, todos son dispositivos electrónicos de programación por software que poseen entradas y salidas y las mismas pueden ser programadas acorde a lo requerido.



Figura 6 Imagen ilustrativa Arduino uno

Fuente: www.arduino.cc

En la figura anterior se aprecia el arduino uno, micro controlador de bajo costo con entradas digitales, analógicas y PWM, este tiene la ventaja de ser de bajo costo, muy fácil acceso en mercados locales y cuenta con muchos periféricos compatibles, dentro de sus desventajas esta la dificultad al tratar de trabajar más de un proceso en tiempo real.

A diferencia del Arduino, el controlador RaspBerry, tiene la ventaja de poder manejar varios procesos en tiempo real, una amplia plataforma de programación y funciona como un computador, para sus desventajas están los voltajes de operación

son poco compatibles con accesorios ya que la mayoría trabajan a 5V y el controlador trabaja a 3.5V.



Figura 7 Imagen ilustrativa RaspBerry

Fuente: www.raspberrypi.org



Figura 8 Imagen ilustrativa BasicStamp

Fuente: www.parallax.com

El último de los controladores es el BasicStamp II que se muestra en la figura anterior, este tiene muchas similitudes con el Arduino y las desventajas más claras

son, la escasa memoria de trabajo y almacenamiento, por otro lado este no cuenta con estradas analógicas, lo que llevaría a utilizar convertidores analógico-digitales

2.3.1 Sistemas de control.

De las opciones mencionadas y mostradas en las figuras anteriores, se implementará la utilización del Arduino uno ya que de las opciones analizadas es una de las de menor costo y tal como lo menciona el gerente de la empresa, la reducción de costos es una de las prioridades del proyecto.

En adición a esto, el Arduino es una de las opciones que ya posee entradas analógicas lo cual permite interpretar lecturas como las de temperatura y posición del pedal de forma analógica y directa, por tanto, no se necesita de convertidores analógico-digitales que incrementan el costo y la complejidad innecesariamente.

Por último, cabe destacar que el Arduino es uno de los dispositivos que más fácilmente se encuentran en el mercado costarricense, pues en caso de ser requerido su cambio, se consiguen de manera expedita y económica. También cuenta con una gran variedad de accesorios perfectamente compatibles y ya disponibles en el mercado.

2.3.2 Actuadores.

Dentro de la zona de actuadores se tienen básicamente dos, uno es el control del acelerador y el otro es la celda de hidrógeno o el controlador de la misma.

En el caso de la celda de hidrógeno se usará un generador PWM que produzca un tren de pulsos capaces de limitar tanto el consumo, como la generación de hidrógeno de la celda y adicionalmente un relé el cual permita que dicha celda entre o salga de operación, según la necesidad del carro.

Para el controlador del acelerador se usa un servomotor, este es un motor de corriente directa y que, mediante la utilización de un sensor de posición, es capaz de saber con precisión dónde o en qué posición está ubicado su eje con respecto a su posición inicial, la cual es controlada mediante un tren de pulsos provenientes del Arduino, estos pulsos son capaces de decirle a qué velocidad y dirección debe desplazarse el motor, así como la cantidad de desplazamiento que este debe tener.



Figura 9 Servomotor Giant Scale

Fuente: WWW.microjpm.com

Como se muestra en la figura anterior, se muestra el motor utilizado para lograr mover de forma mecánica el acelerador y así poder tener la compresión de señal electrónica a mecánica para el acelerador.

2.3.3 Sensores.

Los sensores electrónicos o eléctricos, son dispositivos capaces de detectar variables analógicas del medio, como lo pueden ser los sonidos, humedad, temperatura y peso, y convertirlas en variables o valores eléctricos como lo son el voltaje o la corriente.

De este modo se obtienen señales del medio que no se pueden medir o dimensionar y de este modo se correlacionan con un valor de magnitud eléctrica que se pueda manejar de forma electrónica

Dentro de los sensores o transductores se encuentran muchas variedades, dependiendo de para qué se utilizan o qué tipo de magnitud se desea leer de forma eléctrica.

Para este proyecto se utilizarán sensores de posición, que funcionan mediante un sensor capaz de enviar un valor de voltaje determinado, dependiendo de la posición mecánica del eje lineal de un potenciómetro; mientras más presionado esté el pedal del acelerador, mayor será el valor de voltaje a la entrada del controlador.



Figura 10 Potenciómetro lineal

Fuente: WWW.microjpm.com

La figura anterior muestra el sensor lineal al cual se le adapta la línea de aceleración del pedal y permite convertir la posición mecánica en una posición eléctrica.

Para el caso del sensor de temperatura, se trata de un transductor que dependiendo de la temperatura en el área de sensado del mismo y dependiendo de la temperatura que este detecte, así será el valor de voltaje en su salida; mientras mayor la temperatura, menor el nivel de voltaje en la entrada del controlador; este se muestra en la siguiente figura.



Figura 11 Sensor de temperatura resistente al agua

Fuente: WWW.microjpm.com

Para más detalles del sensor de temperatura ver: Anexo 3 MF-58 hoja de datos, en la cual se detallan todas las especificaciones del mismo.

Por lo demás, para el caso del último de los sensores, se aprovecha el sensor existente, el cual consiste en un interruptor que deja pasar la corriente cuando detecta una revolución de motor y por ende mientras más revoluciones por minuto, menor es el

ancho de pulso percibido por el controlador; este se encarga de medir qué tan ancho es el pulso que está recibiendo y de esta manera se determina el valor de revoluciones a las cuales está sometido el sensor y por ende el motor del vehículo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Se puede decir que “La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema” (Hernández Sampieri et al., 2014), y debido a este proceso sistemático se puede desglosar la investigación en diferentes secciones u etapas.

3.1.1 Enfoque de la investigación.

La presente investigación hace referencia al tipo cuantitativa, ya que se basa en la recolección de datos medibles, para generar un criterio de los datos obtenidos y así poder evaluar el resultado del diseño aplicado. El diseño es tipo experimento que se basa en modificar o poner a intervenir una variable y observar si el comportamiento de la segunda variable tiene alguna variación para un fin específico.

3.1.2 Dimensión temporal.

La dimensión temporal hace referencia al momento o periodo en que se lleva a cabo la investigación, dentro de estos se pueden encontrar tipos de investigación, como lo es la longitudinal, o la evolutiva.

En este sentido, se afirma:

En ocasiones, el interés del investigador es analizar cambios al paso del tiempo en determinadas categorías, conceptos, sucesos, variables, contextos o comunidades, o bien, de las relaciones entre éstas. Aún más, a veces ambos tipos de cambios. Entonces disponemos de los diseños longitudinales, los cuales recolectan datos en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias (Hernández Sampieri et al., 2014) (p.159).

Como lo mencionan los autores mencionados y analizando la investigación actual, dado que se tienen que tomar datos iniciales o dicho de otra forma, se toma una foto de la situación antes de la implementación del proyecto y otra posterior a su instalación, esto con el objetivo de poder hacer una comparación de los dos estados y determinar cambios o mejoras en relación a un determinado periodo, deja la presente investigación como evolutiva.

3.1.3 Marco.

El marco de la investigación se clasifica en tres niveles según el alcance de estos y su impacto en el medio en que se desarrolla, tal y como se detalla a continuación.

- **Mega:** En el marco mega de la investigación se refiere o apunta a toda flota de vehículos diésel que tengan recorridos mensuales elevados como lo pueden ser las empresas de buses o transporte de carga, donde se deba obtener el máximo rendimiento y horas de operación de los equipos.
- **Macro:** El nivel macro de la investigación contempla la aplicación de este a todos los carros y camiones diésel que posea la empresa, para así masificar el beneficio para la misma por el uso de la tecnología.

Micro: Es aplicado a un solo vehículo diésel con motor Toyota 3L, mismo en el que el presente proyecto será instalado y puesto a prueba.

3.1.4 Naturaleza.

Al respecto, se separa la investigación en cualitativa o cuantitativa, taql y como se indica en la siguiente cita:

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis” (Hernández Sampieri et al., 2014, p.4).

Derivada de la definición antes mencionada, se determina la presente investigación como Cuantitativa, ya que hace referencia a la comparación y análisis de datos obtenidos del proceso investigativo, basado en números y resultados obtenidos.

Por otra parte los autores definen la investigación cualitativa como sigue:

El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circular” en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio (Hernández Sampieri et al., 2014, p.7).

La presente investigación no cuenta con un flujo de información de este tipo, dado que solo se tienen datos iniciales y finales y una comparación de los mismos, dichos datos son numéricos y se obtienen diferencias numéricas que no varían a cómo avanza la investigación, no responde preguntas, solamente se analizan los resultados.

3.1.5 Carácter.

El carácter de la investigación puede ser: exploratorio, descriptivo, experimental, explicativo o correlacional.

Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas (Hernández Sampieri et al., 2014, p.90).

Como se expresa en esta cita, estudios exploratorios son aquellos en donde la rama de la investigación no está desarrollada y se encuentra poca información al respecto.

Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas (Hernández Sampieri et al., 2014, p.92).

Estos estudios son de carácter más social, donde se pretende describir un grupo de individuos o comportamientos dentro del área investigada, pretende determinar características específicas de estos.

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (Hernández Sampieri et al., 2014, p.95).

Como lo menciona la cita anterior, este tipo de investigación busca dar explicación a una teoría o suposición de un tema a tratar

Los estudios experimentales según Muñoz (2011):

Es reproducir un fenómeno dentro de un ambiente específico de pruebas e ir modificando diferentes elementos para observar qué sucede con el fenómeno. Desde luego, todo esto se realiza mediante un método formal de investigación con manipulación de variables experimentales en condiciones rigurosamente controladas para simular las posibles condiciones a las que se enfrentará el objeto de estudio (p.23).

Por último se mencionan los estudios experimentales y correlacionales, donde se detalla que los experimentales se basan en la construcción de un prototipo que busca dar solución a algo en específico, por lo que se puede catalogar la presente investigación dentro de este tipo, ya que se fabrica un prototipo que busca solventar una situación dada; por ello, se contempla esta investigación como correlacional ya que se busca una relación de ahorro entre la primera muestra y una segunda, los datos deben ser analizados y arrojan resultados debido a la relación de los primeros con los segundos.

Los estudios correlacionales tienen como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables. Pretenden responder a preguntas de investigación como las siguientes: ¿aumenta la autoestima de los pacientes conforme reciben una psicoterapia gestáltica? ¿A mayor variedad y autonomía en el trabajo corresponde mayor motivación intrínseca respecto de las tareas laborales? (Hernández Sampieri et al., 2014, p.93).

3.2 FUENTES Y SUJETOS DE INVESTIGACIÓN.

Las fuentes hacen referencia al lugar donde se obtiene la información para fundamentar la investigación, estos dan soporte y dan pie al tema tratado; estas se pueden catalogar en:

3.2.1 Primera mano.

En este sentido, se afirma que: “Las referencias o fuentes primarias proporcionan datos de primera mano, pues se trata de documentos que incluyen los resultados de los estudios correspondientes” (Hernández Sampieri et al., 2014, p.61). Dentro de estas se pueden encontrar: tesis, encuestas, entrevistas, etc.

Para efectos de esta investigación se aplica el uso de fuentes de primera mano en el caso de entrevistas, tesis y observación de datos, mismos que sirven de base fundamental para la investigación.

3.2.2 Fuentes secundarias.

“Son compilaciones, resúmenes y listados de referencias publicadas en un área de conocimiento en particular (son listados de fuentes primarias), donde se mencionan y comentan brevemente artículos, libros, tesis, disertaciones y otros documentos relevantes” (Gómez, 2006, p.51).

Dichas fuentes son las que utilizan información que ya ha sido utilizada en otros estudios y que no obtienen la información de ellos mismos, este tipo de fuentes son de mucha utilidad ya que hacen análisis de información ya brindada y aplicable al desarrollo de la investigación en curso.

3.2.1 Sujetos de información

Estos son individuos o personas a las que se les consulta información que solo ellos poseen, no está definida como estándar y no hay forma de obtenerla de otro modo que con las personas relacionadas con el proyecto. Para efectos de esta investigación se tomó como fuente de información al gerente de la empresa.

3.3 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Al respecto Hernández et al afirman que:

La recolección de datos es el acopio de la información en ambientes naturales y cotidianos de los participantes o unidades de análisis; en un estudio de enfoque cualitativo el instrumento recolector de información es el propio investigador, el cuál no solamente analiza la información, sino que también mediante el empleo de diversos métodos es el responsable de recolectar los datos para la investigación. Tales métodos de indagación cualitativa no son estandarizados, se puede implementar diferentes herramientas como observación, entrevistas, encuentros o encuestas (Hernández Sampieri et al., 2014)

En la recolección de datos de la investigación se utilizan diferentes métodos de recolección de información que representan las bases más importantes de obtención de resultados.

Las técnicas de recolección de datos, son Fundamental mente 4, dentro de las que se encuentran las siguientes: Entrevistas, la encuesta, la observación y la sesión de grupo:

3.3.1 La observación.

En este sentido Arias (2012) afirma que: “La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p.69).

Basado en la cita anterior, para la investigación en curso se utiliza la observación, ya que los datos se toman constantemente de un instrumento de medición de distancia utilizado en todo tipo de vehículos y una máquina expendedora de diésel.

Los instrumentos antes mencionados y conocidos por una gran parte de la población del país reciben nombre científicos como:

En el caso de los medidores de distancia recorrida, se les conoce como odómetros, y los medidores de las máquinas expendedoras de combustible se les conoce como flujómetros y utilizan la cantidad de litros que pasan por minuto al vehículo.

Flujómetro o caudalímetro: “Dispositivo para medir el caudal que pasa por una tubería y se clasifican en dispositivo de presión diferencial, de desplazamiento positivo, y velocímetros” (Real Academia de Ingeniería, 2016).

Odómetro: “Instrumento para medir distancia recorrida” (Real Academia de Ingeniería, 2016).

Tabla 1 Recolección de datos de combustibles vs distancia recorrida

Recolección de datos de consumos de combustibles vs distancia recorrida						
	Distancia Recorrida		Distancia / Litros		Litros Depositados	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Fuente: Elaboración propia.

Utilización de una tabla de medida capaz de obtener los datos de distancia recorrida y cantidad de combustible consumido al momento de llenar el tanque de combustible, dicha tabla utiliza un método de observación para la recolección de datos que se obtienen del vehículo evaluado.

3.3.1 La entrevista.

Nahoum cree que la entrevista es “un encuentro de carácter privado y cordial, donde una persona se dirige a otra y cuenta su historia o da la versión de los hechos, respondiendo a preguntas relacionadas con un problema específico” (Nahoum, 1985).

Por tanto, si se considera que la resolución de un problema específico es la base de toda investigación, se determina que la entrevista es una herramienta muy útil y aplicable al proyecto que se busca desarrollar y solventar el presente estudio.

Las entrevistas se clasifican según su tipo, esto dependerá del objetivo que se esté buscando en la investigación, las más comunes son las entrevistas estructuradas, las semiestructuradas y las no-estructuradas o abiertas.

Las entrevistas estructuradas son las que poseen una línea de preguntas o guion que se debe seguir y no se debe responder nada más de lo escrito o preguntado en este.

Las entrevistas abiertas resultan más un tipo de conversación abierta donde ambas partes exponen su punto de vista y de esta se logra rescatar información que no estaba planeada, pero resulta muy útil para la investigación.

La entrevista semi-estructurada se apoya en una guía o base de preguntas que la orientan inicialmente y le dan el sentido o dirección a la información que se desea obtener, pero la misma está abierta a generar nuevas preguntas y obtener la información de que en inicio no estaba contemplada pero esta resulta muy útil ya que se pueden haber dejado temas que terminan siendo de mucho provecho.

Debido a esta característica, la entrevista semiestructurada se convierte en el método de información de la empresa más fuerte y que permite obtener la mayor cantidad de datos (en el anexo 1 se encuentra la entrevista realizada).

3.4 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.

En este sentido, los autores afirman:

Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. Ejemplos de variables son el género, la presión arterial, el atractivo físico, el aprendizaje de conceptos, la religión, la resistencia de un material, la masa, la personalidad autoritaria, la cultura fiscal y la exposición a una campaña de propaganda política. El concepto de variable se aplica a personas u otros seres vivos, objetos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren diversos valores respecto de la variable referida. Las variables adquieren valor para la investigación científica cuando llegan a relacionarse con otras variables, es decir, si forman parte de una hipótesis o una teoría. En este caso, se les suele denominar constructos o construcciones hipotéticas (Hernández Sampieri et al., 2014, p.105).

Basado en la definición de variable anteriormente indicada, el control electrónico o sistema de desarrollo electrónico que se encarga de obtener lecturas de diversos sensores, según sea el requerimiento, se encarga de toma de decisiones y ejecuta operaciones según se determinó en el momento de diseño del sistema.

La presente investigación se basa en la medición de variables para la obtención de datos y poder determinar los resultados de la misma, por ende conforman una parte importante de la investigación.

3.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

Trochim define al diseño de la investigación como se detalla:

...es el pegamento que mantiene el proyecto de investigación cohesionado.

Un diseño es utilizado para estructurar la investigación, para mostrar cómo todas las partes principales del proyecto de investigación funcionan en conjunto con el objetivo de responder a las preguntas centrales de la investigación (Trochim, 2005, p.13).

De esta forma se define al diseño del proyecto como la unión de todas las partes del mismo en las cuales se detalla tanto secuencial como paralelamente las etapas y procesos.

A continuación se describe una figura que detalla una línea de tiempo que establece las principales etapas y desarrollos del proyecto, así como las etapas más significativas y su ubicación en el tiempo.

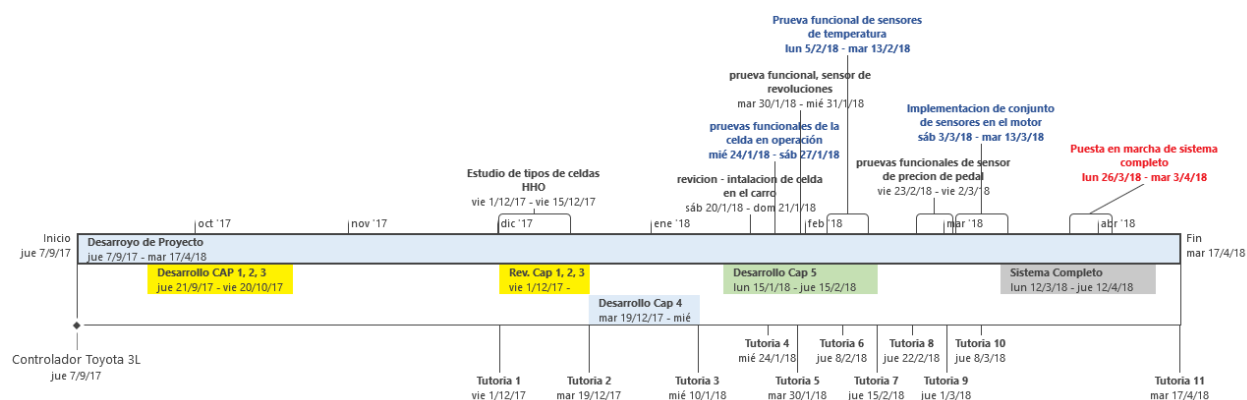


Figura 12 Diagrama tiempo de la elaboración del proyecto

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Según la encuesta realizada a Pablo Quesada, trabajador activo y gerente de la empresa, se denota que la situación para obtener contratos de transporte y viajes es cada vez más competitiva y, sobre todo es cada vez más difícil el tratar de sostener los precios con el tiempo, debido a los altos costos de operación ya que los combustibles aumentan y dejan pocos márgenes de ganancia.

4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos se basa en obtener y documentar la información de la cantidad de litros que se utilizan para llenar el tanque del carro y la cantidad de kilómetros recorridos en cada ocasión que se llena el tanque: Esto se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 2 Recolección de datos de combustibles vs distancia recorrida previa a la instalación

Fuente: Elaboración propia.

Información previa a la instalación del sistema			
Recolección de datos de consumos de combustibles Vs distancia recorrida			
	Distancia Recorrida (km)	Distancia / Litro	Litro Utilizados
Recorrido Cartago-Guápiles-Cartago			
1	258,8	9,096	28,453
2	433,2	9,049	47,872
3	307,3	8,978	34,228
4	275,9	8,988	30,698
5	240,4	9,16	26,245
6	450,3	8,938	50,38
7	378,4	8,948	42,287
8	258,6	8,938	28,934
9	226,2	8,847	25,567
10	248,8	9,095	27,356
Recorrido Cartago-Heredia-Tibás-Cartago			
1	472,3	8,694	54,325
2	265,7	8,291	32,047
3	357,2	8,497	42,036
4	298,4	8,547	34,913
5	499,2	8,427	59,236
6	438,1	8,382	52,265
7	398,1	8,464	47,036
8	263,9	8,183	32,25
9	236,7	8,315	28,465
10	271,3	8,49	31,954

En la tabla anterior se detallan dos recorridos, con la intención de establecer diferencias en los trayectos mayormente de ciudad en el caso Cartago-Heredia-Tibás-Cartago y de carretera abierta o autopista como lo es Cartago-Guápiles-Cartago.

Se usó un solo chofer y un solo vehículo, con la intención de eliminar variables en la forma de manejo debido al uso de choferes distintos o diferencias debido a desgastes desiguales entre unidades, esto permite eliminar de contexto diferencias que

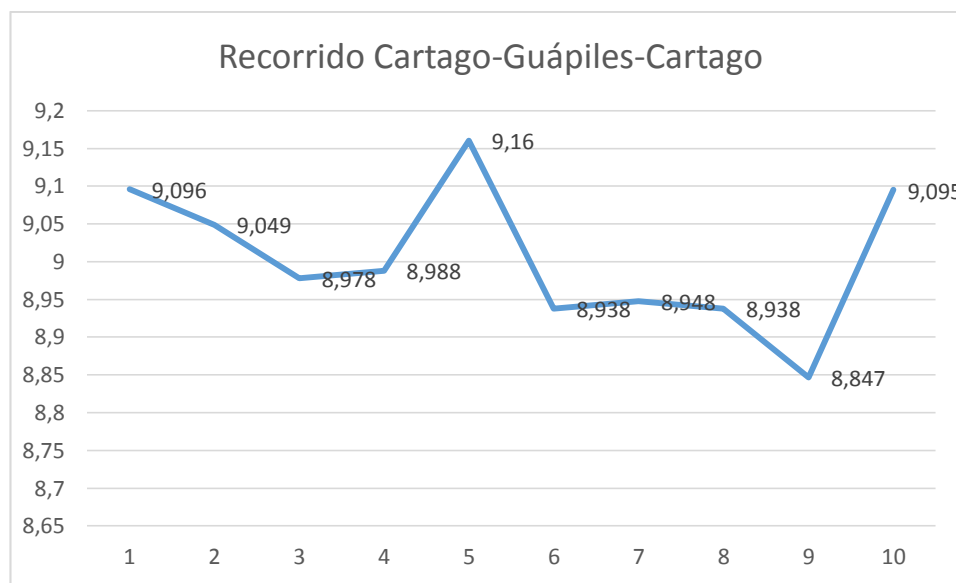
pueden desviar las lecturas de forma negativa, ya que no serían viables para el estudio a realizar.

De la información obtenida en la tabla anterior, se promedia un rendimiento de cantidad de kilómetros recorridos para un litro de diésel de 9.0037 en el trayecto Cartago-Guápiles-Cartago y 8.429 en el de Cartago-Heredia-Tibás-Cartago, por lo cual denota que en los recorridos de ciudad, la eficiencia del motor baja, por el constante arrancar y parar ocasionadas por las presas y semáforos usuales en este entorno.

El siguiente gráfico se encarga de mostrar la cantidad de kilómetros recorridos por cada litro en las muestras correspondientes al trayecto Cartago-Guápiles-Cartago con el fin de tener una idea visual del comportamiento del rendimiento.

Gráfico 1 Recolección de datos recorrido Cartago-Guápiles-Cartago sin control electrónico

Fuente: Elaboración propia.

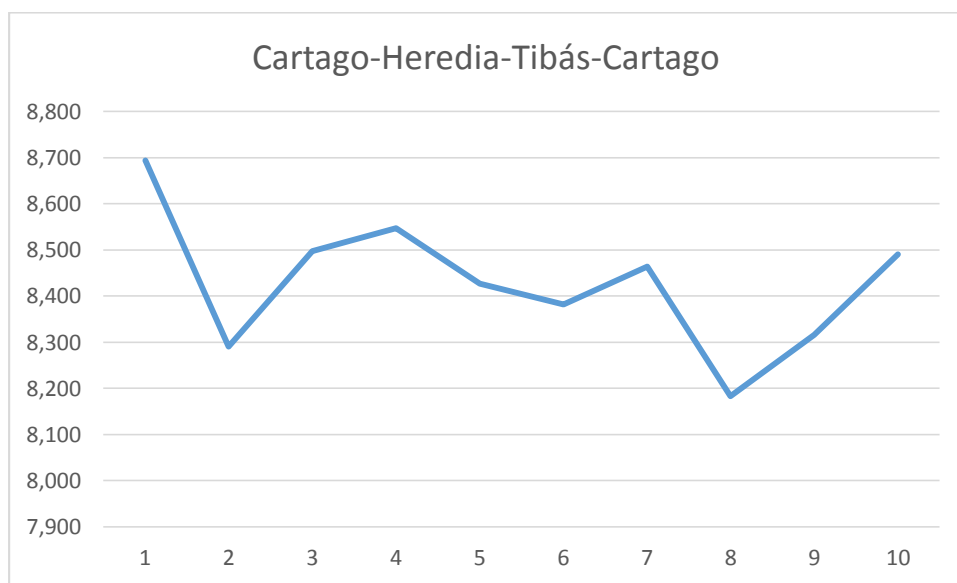


Como se observa y llama la atención, el gráfico indica una gran variabilidad, siempre dentro de los 8.8 y 9.2 kilómetros por litro, pero considerando que es la misma ruta, esto presenta diferencias de casi un kilómetro por litro en su rendimiento.

Al cambiar de trayecto e incursionar en áreas de ciudad, se presenta un consumo más estable que el de autopistas y carreteras rurales, pero se evidencia mucho menor rendimiento en valores promedio; como se muestra a continuación posee, en menor escala, los mismos altibajos en el rendimiento, de modo que es difícil determinar la causa del mismo y ello se debe contemplar dentro del estudio.

Gráfico 2 Recolección de datos recorrido Cartago-Heredia-Tibás-Cartago sin control electrónico

Fuente: Elaboración propia.



Como se comenta anteriormente, este gráfico es una simple muestra de los niveles de kilometraje alcanzados por cada litro de combustible diésel consumido, esto sin el uso del controlador electrónico, con el fin de poder tener datos para la próxima comparación con la implementación del controlador electrónico.

La gráfica muestra dos rutas preestablecidas, una de campo abierto o mejor llamada carretera rural, la cual implica que se tienen menos paradas por semáforos o tránsito y establece una conducción más continua y la segunda con un manejo de ciudad que establece como patrón primordial el tráfico pesado y alta cantidad de detenciones por semáforos.

Como se observa en la gráfica, el consumo del vehículo se ve alterado por las condiciones de conducción, así como las condiciones de tránsito que se encuentran, lo anterior sin realizar variantes en las rutas establecidas.

4.3 DISEÑO DEL PROTOTIPO

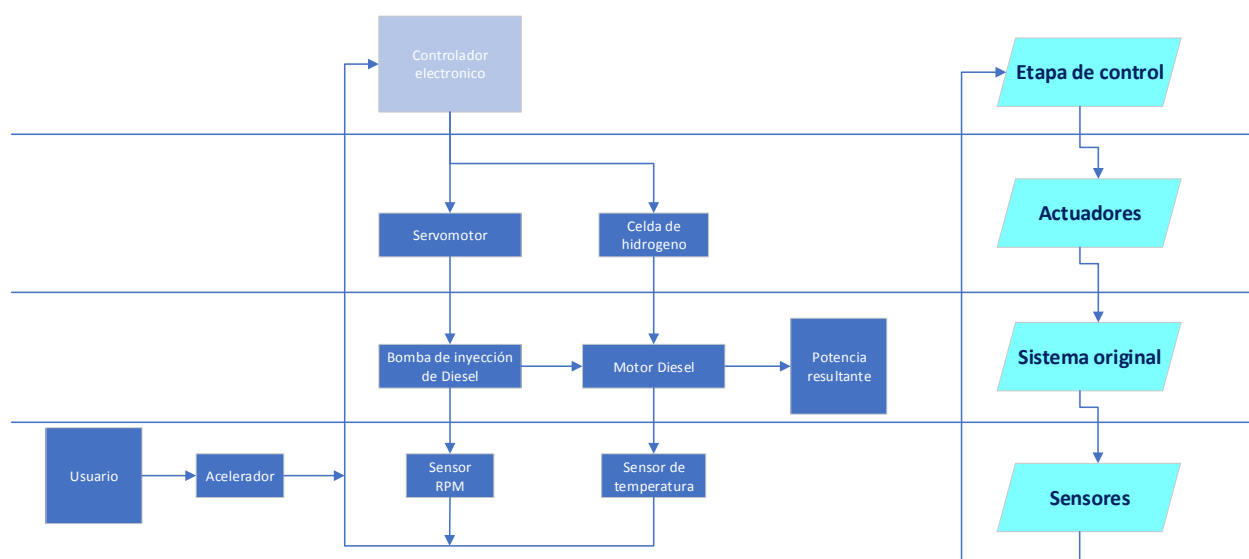


Figura 13 Diagrama de flujo de la propuesta de diseño

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño del prototipo se utiliza la generación de la figura de flujo anterior, la cual pretende dar una clara idea del modo de operación del sistema a ser implementado.

Basados en la explicación de los bloques de control antes mencionado en este documento, se debe tomar en cuenta que este caso arranca por la etapa de sensores dado que el usuario, representado en el primer bloque de la izquierda, constituye la primera entrada de información al sistema, por medio de la presión ejercida al pedal del acelerador.

En el segundo bloque, representado como acelerador, se tiene la conversión de la señal mecánica a la de la aceleración del pedal a una señal electrónica que, como se detalla en el flujo de las líneas, ingresa directamente al controlador electrónico, el cual se encarga de procesar la señal recibida y determinar acorde a las lecturas de este y los demás sensores, en qué posición debe colocar el eje de la bomba de inyección y si debe o no poner en funcionamiento la celda de hidrógeno, bloque que siguen en la secuencia de flujo del diagrama.

Siguiendo con el flujo del diagrama de la etapa de control, se continúa con la de actuadores, lugar donde se encuentra el sistema de hidrógeno que inyecta a su vez el gas en el motor o sistema original y como se explicó antes, el servomotor controla la bomba de diésel que de igual forma está en la etapa original del sistema, esta corresponde a la bomba de diésel y motor en su forma original.

Dado que la etapa original es la intervenida para instalar el sistema de automatización y control, de la misma manera que se interviene la bomba de diésel y el motor, asimismo se interviene la bomba para obtener una lectura de revoluciones por minuto y se adapta un sensor para monitorear la temperatura.

Esta información será enviada al controlador electrónico, como se indica por flujo de flechas en el diagrama, y esta será utilizada junto con la información del acelerador para lograr obtener la mayor eficiencia posible en la utilización de combustibles.

Este sistema funcionará como un bucle infinito mientras el motor esté encendido y de esta forma se asegura el funcionamiento continuo de la unidad en conjunto.

CAPÍTULO V

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1 ASPECTOS DE DISEÑO.

La propuesta consiste en la automatización del proceso de aceleración de motores diésel, mediante la intervención de la electrónica en sus sistemas de aceleración para ser adaptado al motor de forma, que ayude a tener los controles necesarios en los gastos excesivos e ineficiencias generados por la forma de manejo del chofer y el diseño propio del vehículo.

Encausados por esta tarea, se fijó una reunión con el dueño de la empresa para así determinar los alcances requeridos de acuerdo con las necesidades y posibilidades del empresario y del equipo a instalar; esta ayudó a delimitar el proyecto debido a la necesidad de la mínima intervención y daño requerido a la unidad al implementarse el dispositivo de control.

Al respecto, se establece la necesidad de instalar una celda de generación de hidrógeno y contralor que reciba las variables básicas de funcionamiento como RPM, temperatura de motor, posición del pedal del acelerador, y controle aspectos como la potencia de la celda, acelerador, con la condición de que dicha intervención no efectúe la eliminación o salida de operación del sistema original, por esto se entiende que el motor debe tener una fácil transición entre las dos tecnologías; ello debido a que como es un desarrollo, se requiere que si el equipo llega a fallar en su etapa de prueba, pueda seguir operando de forma rápida y no detener el equipo por más de una hora.

Una vez delimitado el proyecto y estando de acuerdo las partes involucradas, se procede con el arranque del prototipo debido al amplio interés del cliente por lograr desarrollar una tecnología que logre volver más eficiente el proceso en motores de uso de diésel.

5.2 PROTOTIPO.

El desarrollo del prototipo a ser utilizado en el motor diésel se basa en una serie de sensores y actuadores, en conjunto con un sistema de control que interpreta la información de los sensores; dicha información es procesada por medio del software o código de programación que toma las determinaciones dentro del controlador y activa las salidas y actuadores requeridos para poder hacer un uso correcto y eficiente del combustible.

5.2.1 Desarrollo del Hardware

Dado que el prototipo se basa en la intervención de un motor diésel en su caja de motor dentro del vehículo y que este ya cuenta con un chasis y su respectivo compartimiento, se facilita la instalación del hardware y las respectivas partes que lo constituyen.

A continuación, parte por parte, cada uno de los dispositivos (Hardware) utilizados y montados en el vehículo.

5.2.1.1 Control del acelerador

Para el controlador del acelerador se utilizó un servomotor, este es un motor de corriente directa y que, mediante la utilización de un sensor de posición, es capaz de saber con precisión dónde o en qué posición está ubicado su eje con respecto a su posición inicial, esto es controlado mediante un tren de pulsos provenientes del Arduino, estos pulsos son capaces de decirle a qué velocidad y dirección debe desplazarse el motor, así como la cantidad de desplazamiento que debe tener

5.2.1.2 Montaje electrónico del servomotor

La conexión del servomotor con la tarjeta controladora consiste en una sencilla conexión que requiere de la alimentación del motor por parte de la primera; además de esto debe conectarse la línea de señal a uno de los puertos de la tarjeta para así poder darle las instrucciones de en qué posición debe estar el servomotor, de acuerdo con lo requerido por el sistema; con esta etapa se debe contemplar que si el consumo del motor es superior al suministrado por la placa Arduino, este debe ser alimentado por una fuente de corriente aparte, que le suministre los 5V requerido y la corriente necesaria para el trabajo del motor.

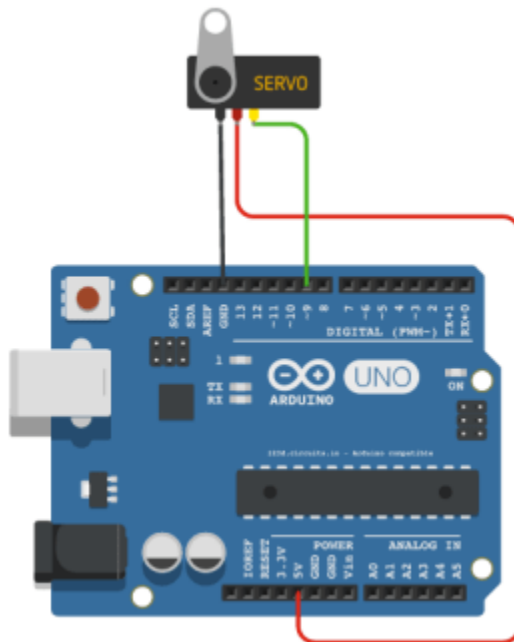


Figura 14 Conexión Servomotor - Arduino

Fuente: mecabot-ula.org

En la figura 5 se muestra la conexión estándar que suelen usar los servomotores estándar o micro servos para su correcto funcionamiento.



Figura 15 LM2596 convertidor de voltaje de corriente directa a corriente directa

Fuente: WWW.microjpm.com

Para esto se utilizó el dispositivo LM2596 que se muestra en la figura anterior, (que en el Anexo 5 LM2596 hoja de datos.pdf se puede consultar la hoja de datos, en caso de necesitar más información) para poder usarlo de alimentación para el

servomotor y otro para la tarjeta de control la conexión; como se muestra en la figura, una tarjeta alimenta el servomotor para evitar deficiencias en la corriente requerida por este y que no ocasione el reinicio de la tarjeta de control con lo cual se evitan fallos o retrasos en la aceleración del motor; por otra parte, la utilización de una fuente independiente para la regulación del voltaje utilizado para alimentar el Arduino contribuye en la eliminación de ruido e interferencias generadas por el funcionamiento común de un motor y alternador de generación de corriente para el vehículo.

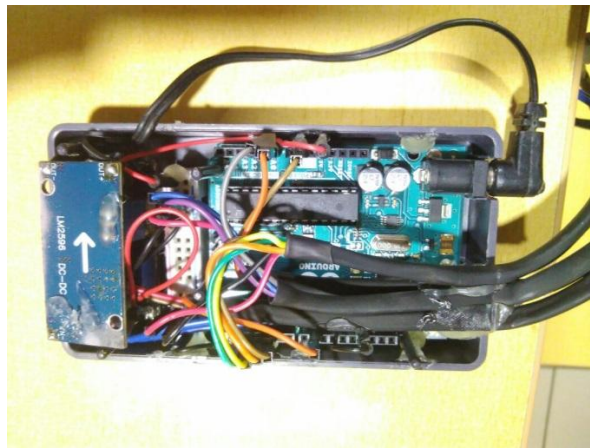


Figura 16 Implementación de circuito de servomotor y fuente

Fuente: Elaboración propia.

En la imagen se observa la implementación electrónica de la fuente de alimentación para el motor como también la conexión requerida para la transición de información del controlador al motor.

5.2.1.3 Montaje físico del servo en la cámara del motor

Para el montaje del servo motor en la cámara del motor se tuvo que tomar muy en cuenta las determinaciones del dueño y empresario que tenía requerimientos muy puntuales en este tema, ya que en este punto es donde se tiene una mayor intervención en el motor, debido a la eliminación de la concesión física entre el pedal de acelerador y el mecanismo de apertura de diésel.

Para la aceleración se toma como criterio qué se requiere la mínima intervención en este punto y lo necesario para un mecanismo de retorno a sistema mecánico en caso de fallas o de que el vehículo quede descompuesto en carretera; de esta manera se tendría algún respaldo, en caso de errores en el sistema, en especial debido a que este se encuentra en etapa experimental y se no se sabe a ciencia cierta cómo reaccionará.



Figura 17 Implementación de sistema mecánico para uso en caso de fallas

Fuente: Elaboración propia.

En la imagen anterior, se muestra el método implementado en el sistema, para que, en caso de ser necesario, se pueda volver al sistema original. Como se muestra, esta es una pieza de aluminio diseñada para juntar el vástago principal de la bomba de inyección, el cual fue intervenido para instalar el servomotor y su conexión mecánica con el acelerador del vehículo.

Por último, el punto importante en los requisitos es que el sistema debía ser lo más económico posible en su adaptación al acelerador, esto con el fin de no generar desperdicios innecesarios en estética, lo cual debía ser mayormente funcional como premisa del proyecto.

5.2.1.4 Manejo del servomotor mediante software

En la figura se muestra el código necesario para el control del servomotor; cabe recalcar en este espacio que, de acuerdo con la constitución del código, este no debe tener ciclos o partes de código que pausen o consuman mucho recurso de tiempo para su ejecución pues cada pérdida de tiempo en la ejecución del código por parte del micro controlador resulta en trabas en el movimiento del motor y esto provoca brincos en la aceleración y correcto funcionamiento del mismo.

```

void loop() {

  pedalVal = analogRead(pedalPin);
  pedalVal = map(pedalVal, 0, 1023, 0, 180);

  for (pos = pedalVal; pos <= pedalVal; pos += 1) {

    acelerador.write(pos);
    delay(100);
  }

  sensorValue = analogRead(A1);
  Serial.println(sensorValue);

  if (sensorValue >= 760){
    digitalWrite(relePin, LOW);
  }
  else{
    digitalWrite(relePin, HIGH);
  }

}

```

Figura 18 Código ligado al control de aceleración del motor 100% dependiente del pedal de acelerador

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la figura, el código está diseñado para seguir la posición en la que se encuentra el pedal y de esta forma poder transmitir la necesidad de aceleración del chofer al acelerador mecánico de carro, de este modo toma el valor numérico obtenido de la posición de acelerador y lo transmite a una posición en grados de cero a 180 donde: 180 representa la aceleración máxima y cero grados representa el mínimo del vehículo.

5.2.2.1 Medidor de revoluciones del motor

Mediante la implementación de un circuito de muy simple construcción se implementó un sensor que fuera capaz de medir las revoluciones por minuto del motor, este consiste en el aprovechamiento del sensor ya utilizado por el motor.

Básicamente manda un tren de pulsos que debe ser medido para lograr determinar cuántas veces por minuto gira el motor, el reto en este paso se trató de la reducción o adaptación de la señal de 12V que genera el sensor del motor y trasladarlo o reducirlo a una señal de 5V DC el cual corresponde al valor de voltaje de trabajo del motor del carro.

5.2.2.2 Montaje electrónico del medidor de revoluciones

Para este montaje se ejecutó e implementó el uso de un divisor de voltaje con resistencias de 10000 ohms, y otra de 5000 ohms, conectándolas en serie y con la de menor valor del lado del negativo; ello permite tener una señal de 4.8V, la cual da el valor suficiente para realizar una correcta lectura de la señal por parte del Arduino; con este montaje resulta más que suficiente la lectura de ancho de pulso para determinar las revoluciones a las que se encuentra el motor.

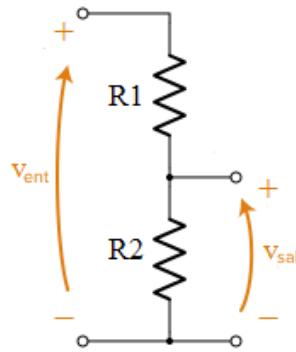


Figura 19 Divisor de voltaje para sensor de RPM

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.3 Montaje físico del medidor de revoluciones en el motor

En cuanto al montaje físico dentro del sistema del motor, en este caso fue mucho más sencillo ya que no se requiere de un espacio amplio para la instalación; este solo requiere tener acceso a la línea de retorno del sensor y una conexión a masa del motor, la cual funge como polo negativo, de esta manera con la intervención sencilla de una sola línea en el motor y una conexión a tierra se logra obtener la señal requerida que manda la información directamente al controlador.

5.2.2.4 Lectura de revoluciones mediante software

La lectura de RPM mediante Arduino se muestra a continuación:

```

void loop ()
{
  if ((revoluciones==1)||(revoluciones==15000))
  {
    revoluciones=0;
  }
}
void inter0 () { // Se ejecuta cuando se detecta un cambio de estado del Pin 2,
                // produce un incremento de cuenta y calcula revoluciones.

  cuenta++;
  if (cuenta==2)
  {
    tiempo_rpm=millis()-tiempo_pasado;
    revoluciones=15000/tiempo_rpm;
    cuenta=0;
  }
  if (cuenta==1)
  {
    tiempo_pasado=millis();
  }
}
}

```

Figura 20 Imagen del código de lectura de RPM del motor

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la imagen el conteo de RPM del motor, cuenta con un límite mínimo de RPM que debe mantener el motor para tener la celda activada, esto se debe a que si el vehículo se encuentra en una presa o mucho tiempo detenido con el motor al mínimo.

En este nivel de funcionamiento de motor la inyección de hidrógeno no tiene mucho sentido o efecto ya que la celda es una carga para el alternador y al estar sin movimiento, no está agregando más que trabajo al generador para generar la energía para funcionar.

En muchas ocasiones, si el sistema de regulación de voltaje no se encuentra en buenas condiciones el voltaje del sistema baja hasta los 12V y ello genera que el sistema se empiece a sostener mediante el uso de la batería y hasta no acelerar el

motor nuevamente, este no recupera su valor de operación normal y asegura el no producir daños en partes como alternador y regulador.



Figura 21 Voltaje de operación normal del vehículo

Fuente: Elaboración propia.

En la figura se nota claramente cómo el voltaje de trabajo de operación normal del carro es de 14.8V y en la figura siguiente se muestra cómo se disminuye el voltaje al estar al mínimo de rpm del motor y con la celda HHO operando.



Figura 22 Voltaje de operación en mínimo de RPM y con la celda trabajando

Fuente: Elaboración propia.

Debido a esta diferencia de voltajes es que se decide que al tener una lectura de menos de 800 RPM la celda sale de operación.

5.2.3.1 Posición de pedal de acelerador

El transductor del acelerador del motor es otro dispositivo muy sensible en la implementación del proyecto y los efectos invasivos que este pudiese tener en la instalación en la cámara del motor; se debe recordar que una de las principales solicitudes del cliente es la mínima invasión a los sistemas originales del motor, por esta razón gran parte del diseño se basa en la mínima destrucción o remoción de las piezas necesarias para el correcto funcionamiento.

5.2.3.2 Montaje electrónico del transductor de posición de acelerador

El montaje electrónico, en este caso, es de una elaboración muy simple, basado en la utilización de un potenciómetro lineal de 10000 ohm, el cual toma forma de bloque en la Figura 10, con la única particularidad de que para este caso se utiliza una de las entradas analógicas del Arduino; esta pretende reconocer valores de entre cero voltios para el pedal sin presionar y cinco voltios para la posición de máxima opresión o aceleración máxima.

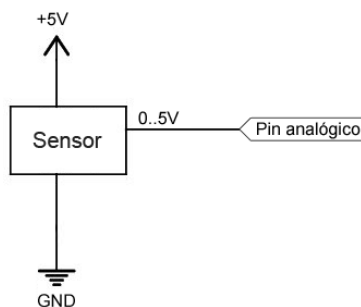


Figura 23 Sensor de posición de pedal de acelerador

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.3 Montaje físico del transductor en la cámara del motor

Para el montaje de este sensor se toma en cuenta el requerimiento y se diseña una caja en la cual pueda llegar la conexión física del cable original del acelerador y pueda introducirse el sensor y los cables de conexión necesarios. En esta base se adapta un nuevo resorte para el retroceso del pedal y por último se instala la caja como se muestra en la siguiente figura.



Figura 24 Imagen de la implementación del transductor

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.4 Manejo del transductor de posición del acelerador mediante software

El manejo de software para este caso es muy directo ya que como se muestra en el código, este se encarga de registrar el valor de lectura analógico obtenida en la entrada del controlador y transmitir este movimiento al servomotor; adicionalmente, se busca la disminución en los golpes de aceleración generados por el conductor.

Para ello se genera un retardo en la velocidad con que gira el motor para que no genere desperdicio de combustible ya que los golpes en el pedal no logran una aceleración inmediata y lo único que se logra es el desperdicio del combustible por el escape sin tener una combustión total.

```
void loop() {

  pedalVal = analogRead(pedalPin);           // lee señal de sensor de posición
  pedalVal = map(pedalVal, 0, 1023, 0, 180); // escala la lectura analógica a grados, 0 a 180

  for (pos = pedalVal; pos <= pedalVal; pos += 1) {
    // in steps of 1 degree
    acelerador.write(pos);                  // se mueve a la posición pos
    delay(100);
  }

  sensorValue = analogRead(A1);
  Serial.println(sensorValue);

  if (sensorValue >= 760){
    digitalWrite(relePin, LOW);
  }
  else{
    digitalWrite(relePin, HIGH);
  }
}
```

Figura 25 Imagen del código de control del acelerador

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.1 Celda de ceca de hidrogeno

La celda de hidrógeno es un dispositivo de ensamble meramente mecánico la cual al llenarla con agua destilada o agua para batería, agregar un soluto como la potasa o sosa caustica y al aplicarle corriente continua, logra un proceso de descomposición del agua y así se logra obtener el hidrógeno y el oxígeno que de ella se desprende.

Esta se muestra a continuación.

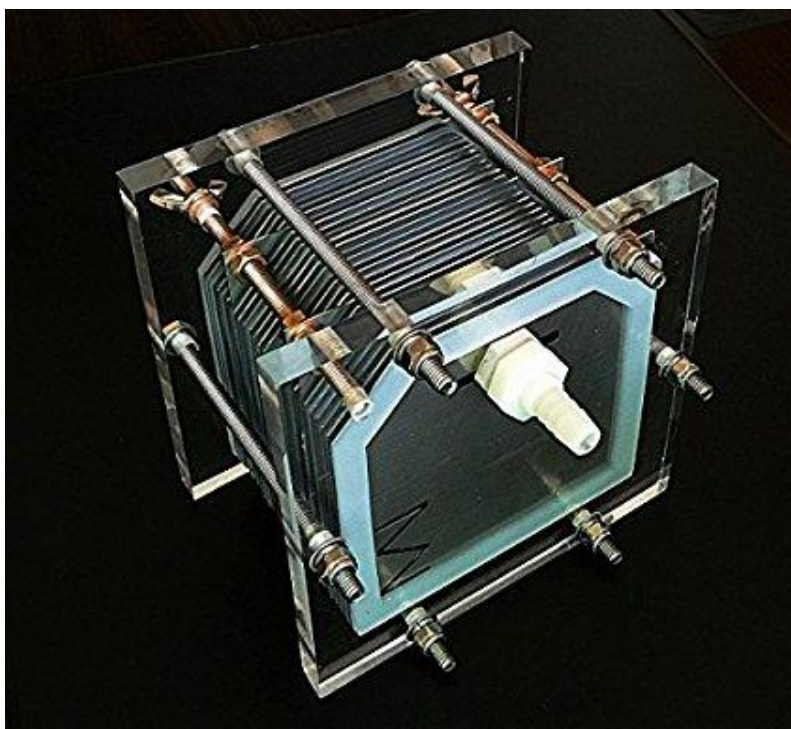


Figura 26 Celda ceca de hidrogeno

Fuente: WWW.amazom.com

Como se muestra en la figura 13, esta es un ensamble de placas de acero inoxidable y empaque de silicón en los bordes de las placas e intercalados entre sí para dar un espacio aislante entre las placas de inoxidable que se deberán energizar con polos positivos y negativos de la batería o fuente de corriente.

Adicionalmente, esta cuenta con dos placas acrílicas que delimitan la celda y contienen el agua requerida para funcionar; asimismo es conocida como celda seca

debido a que el agua está contenida dentro de la misma y no inmersa en el agua como las celdas húmedas.

5.2.4.2 Montaje del control electrónico de la celda.

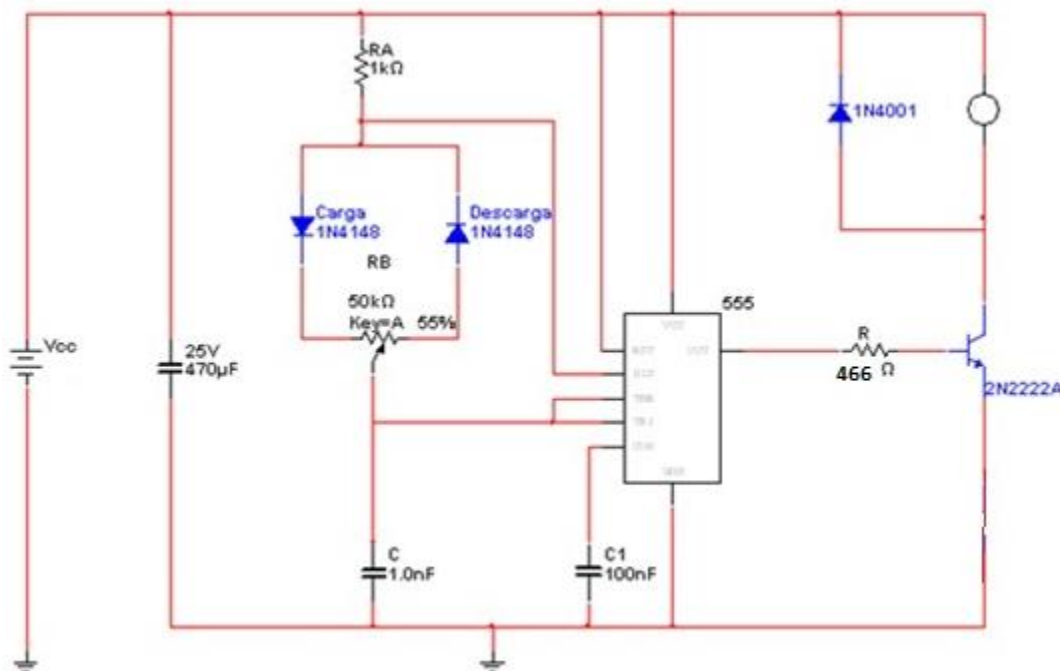


Figura 27 Diagrama electrónico del control PWM

Fuente: Elaboración propia

El diseño consiste en un pequeño modulador de pulso basado en un 555 con la finalidad de poder limitar la corriente consumida por la celda seca y de esta forma poder limitar la cantidad de hidrógeno capaz de producirse, ya que se permite un máximo de generación de 50% de la capacidad en litros del motor, en este caso dado que el motor es de 2.8L se le estaría inyectando el 50% (1.4L de hidrógeno por minuto), esto en la admisión de aire del motor.

5.2.4.3 Montaje físico de la celda en la cámara del motor

Para lograr una correcta colocación de la celda de HHO en la cámara del motor, se debe de buscar un lugar de muy fácil acceso y con un alto nivel de flujo de aire

fresco ya que la misma desprende calor en el proceso de generación del hidrógeno y la ventilación proveniente del movimiento del motor y de la succión del abanico de enfriamiento, hacen que el frente del radiador sea una de las posiciones predilectas para su instalación, así mismo en esta posición se aprovecha por la succión de aire a través del radiador que el motor es capaz de hacer cuando en vehículo no está en movimiento.



Figura 28 Imagen del montaje de la celda en la cámara del motor

Fuente: Elaboración propia.

En la imagen anterior se muestra la posición física de esta y su punto con respecto al frente del vehículo y el radiador del mismo, la cual se define como la óptima posición de instalación en el espacio asignado.

5.2.4.4 Manejo de la celda mediante software

La integración del dispositivo de control PWM mediante la implementación de software, se reduce a la utilización de encendido o no del dispositivo PWM ya que este solo se utiliza para limitar la cantidad de hidrógeno que provienen de la celda.

Una vez hecho esto se usa por medio de un contacto de salida del arduino, el cual se conecta a un relé de control de la celda encargada de meterla o sacarla de acuerdo con las condiciones de operación.

```
void loop() {  
  
    sensorValue = analogRead(A0);  
    Serial.println(sensorValue);  
  
    if (sensorValue >= 500){  
        digitalWrite(relePin, HIGH);  
    }  
    else{  
        digitalWrite(relePin, LOW);  
    }  
  
}
```

Figura 29 Imagen del código de lectura de la temperatura

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la imagen, se nota el código de censado de temperatura y este está en un mismo segmento ya que el funcionamiento de la celda debe ir ligado a la temperatura; si la temperatura del motor es muy baja y se empieza con la generación, el motor empieza a brincar debido que las cámaras de precalentamiento reducen demasiado su temperatura y no se da una correcta explosión por lo cual se busca que la celda esté trabajando por encima de los 60 grados del motor en

operación, una vez superada esta temperatura el controlador pondrá en marcha la operación de la celda por medio del puerto del controlador.



Figura 30 Imagen del sensor de temperatura para comparación con el valor del código

Fuente: Elaboración propia.

5.3 ANÁLISIS DE COSTOS.

Dentro del siguiente análisis se hace un desglose de los costos del proyecto de acuerdo con su rubro o la actividad con la cual se encuentran ligados, estos se desglosan y explican más a fondo a continuación.

Al respecto, los costos de personal por hora de trabajo obtenida de la lista de ocupación 2018, el pago por trabajador universitario superior, según decreto de salarios mínimos (adjunta como Anexo 2) en donde se indica que la hora de trabajo tiene un costo de 2 619 colones.

A continuación, se detalla la información de los costos por horas de trabajo en diseño, tanto de software como de circuitos y búsqueda de componentes en internet.

Tabla 3 Costos de diseño

Fuente: Elaboración propia.

Diseño			
Descripción	Horas	Costo unitario (Colones)	Total (Colones)
Diseño de software	8	2619	¢20952
Diseño de circuitos	16	2619	41904
Búsqueda de componentes	5	2619	13095
Total			75951

Siguiendo con el análisis desglosado de los costos, se observan aquellos relacionados con el montaje de la celda, montaje del sistema de control y por último los servicios a domicilio, los cuales fueron realizados en horario nocturno y para ello se realizó un desplazamiento hasta la unidad que requería atención por desperfectos o afinamientos en el sistema; como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4 Mano de obra de la implementación

Fuente: Elaboración propia.

Mano de Obra de la Implementación			
Descripción	Horas	Costo unitario (Colones)	Total (Colones)
Montaje de celda	2	2619	5238
Montaje de sistema de control	5	2619	13095
Servicios a domicilio	8	2619	20952
Total			39285

Pasando a los costos de movilizaciones y muy ligados a la última línea de la tabla anterior, los servicios a domicilio requirieron movilizaciones que representan un costo para el proyecto, estos quedan plasmados tanto en lugar como cantidad de eventos y su costo respectivo, en la siguiente tabla.

Tabla 5 Costos de movilizaciones

Fuente: Elaboración propia

Costos de Movilizaciones			
Descripción	Cantidad	Costo unitario (Colones)	Total (Colones)
Viaje Palmital el Guarco	3	1200	3600
Viaje central caribe	2	16500	33000
Viaje Cartago centro	8	1800	14400
Total			51000

En la tabla siguiente se desglosa la lista de los materiales requeridos y la cantidad de cada uno de los componentes, así como su costo y el total de los costos por materiales.

Tabla 6 Costo de los materiales

Fuente: Elaboración Propia

Materiales Requeridos			
Materiales	Cantidad	Costo unitario (Colones)	Total (Colones)
Celda de hidrogeno	1	123000	123000
Controlador PWM	1	12500	12500
Cable de control #16	8	5200	41600
Arduino uno	1	25300	25300
Módulo relés	1	7350	7350
Potenciómetro lineal	2	250	500
Termo incogible	5	1500	7500
Resistencias	4	200	800
Cilindro adaptador aluminio	1	17000	17000
Gasas metálicas	5	600	3000
Cajas plásticas selladas	3	4500	13500
Interruptores para carro	1	4500	4500
Porta fusibles (Arnés)	1	3500	3500
Resorte	2	200	400
Total			260450

Dentro de los costos indirectos se tienen, los gastos de alimentación cuando se realizaron servicios a domicilio y por ende estos gastos están relacionados entre sí; se denota que por la cercanía que hay en los viajes a Palmital, en estos casos no aplica el cobro de alimentación.

Tabla 7 Costos de alimentación

Fuente: Elaboración propia.

Costos de Alimentación			
Descripción	Cantidad	Costo unitario (Colones)	Total (Colones)
Almuerzo	2	3800	7600
Cena	8	4000	32000
Total			39600

A continuación, se encuentran los costos totalizados, se incluyen todos los anteriores y se agrega la ganancia del proyecto, lo cual se establece en un 30%, esto permite tener un buen margen de ganancia que sea rentable para el desarrollador del proyecto y no encárese de más el sistema, al punto de que este se vuelva inviable para la empresa.

Tabla 8 Costo total del proyecto

Fuente: Elaboración propia.

Rubro	Costo (Colones)
Diseño	75951
Mano de obra	39285
Movilizaciones	51000
Materiales	260450
Alimentación	39600
Agua destilada	1300
Potasa	1500
Ganancia	140725
Total:	609811

5.5.6 Ahorros generados

Tabla 9 diferencia entre el uso y no uso del controlador

Fuente: Elaboración Propia

Tabla de Consumos Promedio		
	Cartago Guápiles Cartago (Km/L)	Cartago Heredia Tibás Cartago (Km/L)
Sin controlador	9,003	8,429
Con Controlador	13,950	11,058
Km adicionales	4,946	2,629

En la tabla anterior se muestran los rendimientos de combustible del carro en cantidad de kilómetros recorridos por cada litro de diésel consumido, de esta se extrae la comparación de dos recorridos diferentes, una sin el controlador y la otra con el rendimiento debido a la operación del sistema de control.

Ello representa un 35% de ahorro en el caso del recorrido uno, lo cual representa una carretera más abierta, con uso de autopistas y zonas rurales de tránsito a elevadas velocidades y un 23% en carreteras de ciudad con muchos semáforos y alto tránsito.

Tabla 10 Análisis de rentabilidad con respecto a la distancia recorrida

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de ahorros		Costo del Diésel: 531 colones					
	inicial	5000Km	10000Km	15000Km	20000Km	25000Km	30000Km
Ahorro (Colones)	0	104558	104557	104557	104557	104557	104557
Costo del Proyecto (Colones)	-609811,8	0	0	0	0	0	0
Costo de Consumibles (Colones)		-5200	-6700	-5200	-6700	-5200	-6700
Rentabilidad (Colones)	-609811	99357	97857	99357	97857	99357	97857

Rentable
591645

En la tabla anterior se representa el análisis de los costos del proyecto ya totalizados, se agregan los costos de los consumibles y se representan los costos y ganancias de cada bloque; se inicia con los 0 kilómetros, lo cual corresponde al momento en donde se instala en sistema en el carro y de ahí en adelante se analiza cada 5 000 kilómetros.

De ahí que en la tabla aparezca en la columna de inicial con números rojos, ya que se está contemplando en capital invertido en el desarrollo del proyecto y dado que el carro no ha circulado con el sistema generando ahorro, esto solo representa gastos.

No así en la columna de los cinco mil kilómetros donde se aprecia un ahorro en uso de combustibles de más de noventa mil colones que sirven para ir amortizando el costo del proyecto, y así cada cinco mil kilómetros hasta llegar a los treinta mil, este es el punto donde se logra amortizar por completo el proyecto y se genera un ahorro de más de cincuenta mil colones.

Se puede decir que para el equipo implementado este es el punto de retorno sobre la inversión.

Para ampliar este aspecto y basado en la entrevista que se realizó al señor Pablo Quesada, la cual se puede encontrar en el Anexo 1 Entrevista.PDF, se establece que, dados los recorridos mensuales de cada una de las rutas antes mencionadas, el carro recorre alrededor de cinco mil kilómetros al mes.

De lo anterior se puede inferir de forma directa que el proyecto tiene un retorno sobre la inversión al cabo de 6 meses de estar operando el sistema, es aquí donde el proyecto se vuelve rentable y además sirve de apalancamiento presupuestario para el desarrollo de más controladores en el resto de la flota.

Contemplando el dato obtenido en la entrevista, que hable del dinero invertido en uso de combustibles y si se contempla el porcentaje mínimo de ganancia, esto arroja que, de los 50 millones gastados mensualmente, se podría evitar el gasto de 11.5 millones de colones mensuales, lo cual representa al año más de 130 millones en ahorro.

5.4 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.

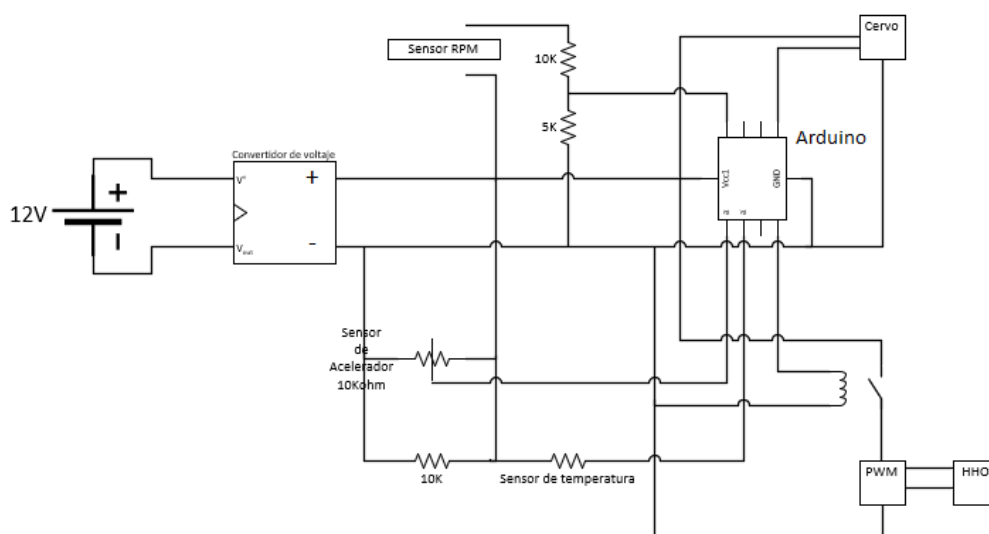


Figura 31 Diagrama electrónico completo del sistema

Fuente: Elaboración Propia

En la figura anterior se contempla el montaje completo del sistema implementado en el vehículo, esto se representa en la figura anterior de forma más técnica y permite la correcta operación del sistema, comprender su funcionamiento y conexión, así como su facilitar su repetibilidad, en caso de querer reutilizar el diseño. Asimismo, permite entender de una forma más detallada las conexiones de sensores, actuadores y permite entender la relación entre estos dispositivos y el código necesario para entender su funcionamiento.

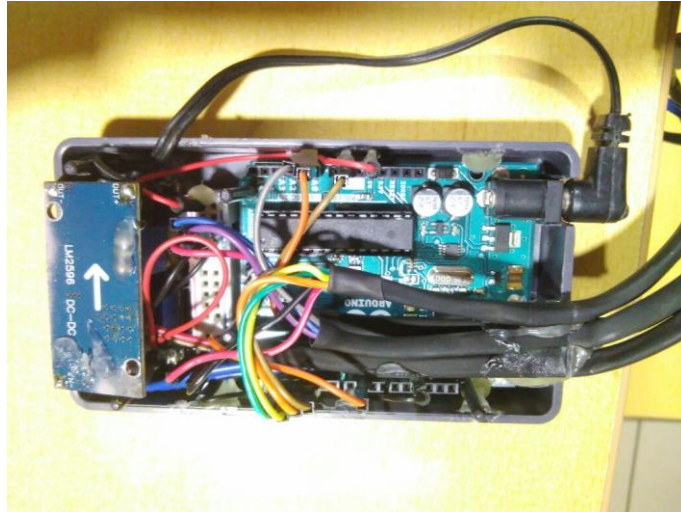


Figura 32 Imagen de sistema completo implementado

Fuente: Elaboración Propia

Tanto en la imagen anterior como en la siguiente, se muestran imágenes del montaje completo en físico y perfectamente operante del sistema completo, tanto de su unidad de control como los periféricos de entrada (Sensores) y salida (Actuadores)

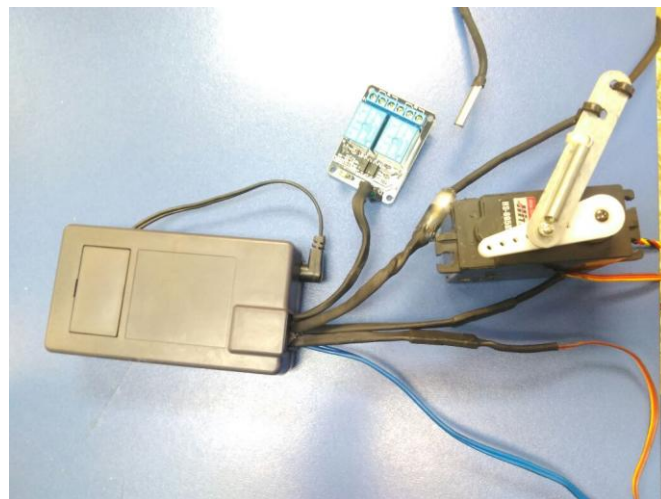


Figura 33 sistema completo con periféricos

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones

Como queda demostrado, el uso de un control electrónico que mezcle el uso de dos combustibles es una alternativa viable y perfectamente funcional, ello implica la disminución sustancial del uso de combustible diésel, lo cual además estabiliza la cantidad de kilómetros brindada por cada litro de combustible diésel; esto permite que, independientemente de las condiciones de la trayectoria, ya sea rural o ciudad, la cantidad de kilómetros por cada litro sea la misma en todos los viajes realizados por la misma ruta.

Se procede a la utilización de transductores de lectura de revoluciones para poder saber la velocidad de giro del motor y tomar decisiones de operación mediante un controlador electrónico que optimice el uso de los combustibles para el funcionamiento del motor de combustión, con lo cual se demuestra su funcionamiento correcto.

Con la lectura electrónica del acelerador del motor, se permite determinar si lo deseado por el conductor es contraproducente en cuanto a consumos de combustible y rendimiento y si en realidad aporta algo a la aceleración del motor; por ende, el control decide si la aceleración de su vehículo es innecesaria y amortiguarla de acuerdo con las revoluciones del vehículo, lo cual demuestra que tanto sensor como acelerador y controlador son perfectamente funcionales.

En cuanto a la temperatura de operación del motor y su relación con la inyección de hidrógeno en el sistema del motor, queda demostrado que aparte de ser funcional, es necesario ya que sin este sistema no se tiene exactitud de en qué momento está o no operando la celda, y la inyección de hidrógeno, cuando el motor está frío provoca

una especie de cabeceo o brincos por el motor, al eliminar este efecto se demuestra el funcionamiento y correcta intervención del mismo.

El análisis costo beneficio permite identificar en detalle tanto los costos del proyecto para su diseño, ejecución y puesta en funcionamiento, así como también permite determinar la rentabilidad del proyecto, y logra establecer un periodo en el cual el proyecto tiene el retorno sobre la inversión, además de estipular en qué punto de la operación el proyecto se vuelve rentable para la empresa; con ello se demuestra que el proyecto funciona de la forma correcta y genera el ahorro, y con la satisfacción del cliente.

6.2 Recomendaciones

Para futuras implementaciones sería importante valorar la posibilidad de invertir en la fabricación de bases de aluminio para estandarizar el uso de los servomotores, acelerador del vehículo y el controlador del sistema, esto permitiría el desarrollo de esta tecnología en el resto de los equipos que posee la empresa.

En el caso de la implementación del servomotor y su conexión mecánica con el eje de la bomba de aceleración del motor, se recomienda la implementación de una conexión directa, eje con eje, que permita controlar grado a grado de forma directa el eje de la bamba y por ende permita mayor control del acelerador.

En futuras implementaciones se recomienda la generación de una base de datos que recolecte información de operación y funcionamiento, tanto de la celda como del sistema en general, lo cual permita tener mayor control y conocimiento de cómo está siendo operada y bajo qué condiciones de conducción.

Se recomienda realizar modificaciones y mejoras en el software lo cual permita estabilizar el rendimiento del combustible, de modo que el comportamiento del rendimiento entre viajes estándar tienda a ser lo más parecido posible pues las diferencias en la forma de conducción afectan directamente este rubro.

Para futuras implementaciones, se recomienda la estandarización de los componentes utilizados, ya que esto generaría un ahorro en los rubros de diseño, movilizaciones y alimentación y con ello se logra una mayor rentabilidad en el proyecto ya que al evitar reacciones inesperadas, se ahorra en el pago de horas de servicio por asistencia remota.

En vista de los resultados obtenidos por la implementación del controlador, se hace la sugerencia de expandir el alcance del proyecto al resto de la flota, con la salvedad de que se deben hacer las modificaciones necesarias para que el sistema sea funcional en vehículos de carga pesada y articulados.

BIBLIOGRAFÍA

Berry, Gene D. y Aceves, Salvador M. (2006). La Economía del Hidrógeno como Solución al Problema de la Estabilización del Clima Mundial. Disponible en: www.redalyc.org/pdf/416/41616101.pdf.

Correa Espinal, Alexander Alberto (2010). Evaluación del efecto de la conducción eficiente en el consumo de combustible en vehículos de transporte de carga pesada usando diseño de experimentos. *Rev. P+L*, vol.5, n.1, pp.95-104.

Cujilema Cujilema, José Sebastián y Ramírez Gonzaga, Carlos Manuel (2011). Estudio e implementación de un sistema dual para optimizar la combustión de un motor Otto mediante el uso del gas de Brown (hho). Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1574/14/UPS-CT002293.pdf>

Fröhr, Friedrich y Orttenburger, Fritz (1983). Introducción al control electrónico. Ed. Marcombo.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). México D.F.: McGraw-Hill.

Hernández, Fernández y Baptista (2010). *Metodología de la Investigación*. 4ta edición. México: Mc Graw Hill.

Hernández, Roberto (1999). *Métodos de investigación*. Tercera edición. México. McGraw Hill.

Hernández, Roberto (2010). *Metodología de la investigación*. Quinta edición. México D.F.: McGraw-Hill.

Méndez C, (1994). *Introducción a la Metodología de la investigación*. III Edición. México: Limusa.

Nahoum, C. (1961). *La entrevista psicológica*. Buenos aires: Kapelusz.

Oilfield review (2005). El Hidrógeno ¿Un futuro portador energético? Disponible en:
https://www.slb.com/resources/.../oilfield_review/2005/or2005_sp_sum03_elhidrogen

Real Academia de Ingeniería, (2016). Disponible en: <http://diccionario.raing.es/>

Spartacus Gomáriz Castro (2000) *Teoría de control Diseño eléctrico*. España: Univ. Politèc. de Catalunya.

Stauffenberg, Ralph y Klaiber, Bertrand (2007) *Transductores eléctricos integrados*. Mundo electrónico.

Solé, A. C. (2012). *Instrumentación Industrial* (8va ed). Barcelona: Marcombo.

GLOSARIO

Hidrógeno: Gas de mayor abundancia en la atmósfera.

Control electrónico: Sistema electrónico capaz de medir y controlar sistemas determinados.

Transductor: Sensor encargado de cambiar características físicas o mecánicas en variables eléctricas.

Medidor de Revoluciones: dispositivo que convierte señales mecánicas de cantidad de vueltas a una señal eléctrica medible.

Medidor de corriente: dispositivo capaz de medir la cantidad de corriente que atraviesa o consume un dispositivo.

Sensor de aceleración: dispositivo capaz de convertir la presión del pedal de aceleración a una señal eléctrica.

Control de la aceleración: dispositivo capaz de convertir una señal eléctrica en un movimiento que permite el incremento de uso de combustible.

Generador de hidrógeno: dispositivo capaz de descomponer el agua y extraer el hidrógeno.

ANEXOS

Anexo 1: Entrevista.

Anexo 2: Abajo y seguridad social.

Anexo 3 Características-Arduino.

Anexo 4 MF-58 hoja de datos.

Anexo 5 LM2596 hoja de datos.

Anexo 5 Línea de tiempo.