

Instituto de Educación Superior Tecnológico Público
“De las Fuerzas Armadas”



TRABAJO DE APLICACIÓN PROFESIONAL
CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE INSTRUCCIÓN EN UN
VEHÍCULO NISSAN SUNNY CON MOTOR A GASOLINA E16
CONVERTIDO A GAS NATURAL VEHICULAR (GNV) DE TERCERA
GENERACIÓN (MONTAJE E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE GNV)

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL TÉCNICO EN
MECÁNICA AUTOMOTRIZ

PRESENTADO POR:

PÉREZ DÍAZ, Angel
REATEGUI OJANAMA, Jhampier

LIMA, PERÚ

2020

A Dios y a nuestros padres por darnos la vida y por guiarnos hacia el logro de nuestros objetivos. A los estudiantes de la carrera de Mecánica Automotriz del IESTPFFAA quienes buscan promover el aprendizaje y buscar un mejor porvenir del país.

AGRADECIMIENTOS

A todos nuestros amigos, vecinos quienes nos apoyaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

A las autoridades del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público “ De las Fuerzas Armadas” IESTPFFAA por el apoyo brindado en medida de sus posibilidades en todos los quehaceres administrativos durante nuestra permanencia como estudiantes en esta casa superior de estudios.

De manera especial, a los asesores de investigación, por guiarnos, no solo en la elaboración de este trabajo de investigación, sino por ser uno de los pilares que contribuyen en el logro de nuestro tan anhelado título profesional.

De igual manera, nuestros agradecimientos al IESTPFFAA, a nuestros docentes quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que podamos crecer día a día como profesionales del campo técnico, gracias a cada uno de ellos por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

ÍNDICE

	Página
Resumen.....	x
Introducción.....	xi
CAPÍTULO I. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.1 Formulación del problema.....	14
1.1.1. Problema general.....	14
1.1.2. Problema específicos.....	14
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivo general.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Justificación.....	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Estado de arte.....	17
2.2 Bases teóricas.....	18
2.2.1 Motor Nissan Suny E16.....	18
2.2.2 GNV.....	18
2.2.3 Gas de Camisea en el Perú.....	25
2.2.4 Requisitos para instalar GNV a un motor Otto.....	27
2.2.5 Etapas de pre conversión a GNV.....	30
2.2.6 Etapas de post conversión a GNV.....	31
2.2.7 Sistema de control de carga e GNV.....	33
2.2.8 Propiedades del GNV instalados en el motor Otto.....	34
2.2.9 Ventajas y desventajas de utilizar GNV.....	36
CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO.....	41
3.1 Finalidad.....	42
3.2 Propósito.....	42
3.3 Componentes.....	42
3.4 Actividades.....	50
3.5 Limitaciones.....	64
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	65
4.1 Resultados.....	66
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
5.1 Conclusiones.....	68
5.2 Recomendaciones.....	69

	Página
Referencias	70
Apéndices	
Apéndice A. Cronograma de actividades	
Apéndice B. Cronograma de Presupuestos	
Apéndice C. Fotos	
Apéndice D. Esquemas	

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estructura molecular del metano.....	19
Figura 2. Poso San Martin I, Camisea.....	25
Figura 3. Línea de abastecimiento de GNV.....	26
Figura 4. Instalación del gaseoducto.....	26
Figura 5. Porcentaje de ahorro.....	37
Figura 6. Cilindro de almacenamiento de GNV.....	39
Figura 7. Componentes de una adaptación de almacenamiento de GNV.....	43
Figura 8. Válvula de carga de GNV.....	43
Figura 9. Dispositivo de sujeción del dispositivo de GNV.....	44
Figura 10. Cilindro de almacenamiento.....	44
Figura 11. Cañería.....	45
Figura 12. Válvula de llenado.....	45
Figura 13. Reductor de gas.....	46
Figura 14. Mezclador.....	46
Figura 15. Regulador del paso de gas.....	47
Figura 16. Manómetro.....	47
Figura 17. Conmutador.....	48
Figura 18. Electroválvula de corte de gas.....	48
Figura 19. Accesorios.....	49
Figura 20. Bolsa de venteo.....	49
Figura 21. Fijando la cuneta.....	55
Figura 22. Instalando válvula de sierre.....	55
Figura 23. Rolado de la cañería.....	56
Figura 24. Instalando la válvula de suministro.....	56
Figura 25. Válvula de suministro instalado.....	57
Figura 26. Rola para la válvula de suministro.....	57
Figura 27. Rola para el reductor de presión.....	58
Figura 28. Rola instalada.....	58
Figura 29. Instalando manómetro.....	59
Figura 30. Presentando mezclador.....	59
Figura 31. Cortando para colocar conmutador.....	60

	Página
Figura 32. Presentando conmutador.....	60
Figura 33. Instalando circuito eléctrico de GNV.....	61
Figura 34. Circuito eléctrico de GNV.....	64

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Composición del gas natural vehicular.....	20
Tabla 2. Poder calorífico del GNV.....	21
Tabla 3. El gas natural como combustible vehicular en el mundo.....	22
Tabla 4. Costo de conversión a GNV.....	33
Tabla 5. Reducción de emisiones contaminantes.....	40
Tabla 6. Materiales para el desarrollo del módulo de instrucción	62
Tabla 7. Herramientas utilizadas para el desarrollo del módulo de instrucción.....	63
Tabla 8. Equipos y máquinas utilizados para la construcción de la estructura del módulo.....	63

RESUMEN

El presente documento, describe el proceso de desarrollo del proyecto de aplicación profesional, de adaptación del sistema de alimentación de un motor Otto de cuatro tiempos a un combustible alternativo amigable con el medio ambiente, menor costo para el usuario y por lo tanto mejor en rendimiento para la carrera profesional de Mecánica Automotriz del IESTPFFAA

Para ello, hemos adquirido un vehículo Nissan Sunny con motor a gasolina del tipo E16 en el cual se le ha realizado el respectivo proceso de reparación para repotenciarlo y optimizarlo para la realización de dicha adaptación ya que los motores deben generar mayor compresión para poder aumentar la temperatura de la compresión debido a que el GNV al tener mayor octanaje necesita de mayor temperatura para poder encenderse y quemarse y así otorgarle el torque adecuado al motor.

Del mismo modo en este trabajo, describimos el proceso de instalación mecánica del nuevo sistema de alimentación y el proceso de instalación eléctrica a este motor de tercera generación, los ajustes y comprobaciones al cual debe someterse dicho motor para realmente tener la seguridad de que preste un servicio adecuado al usuario.

Asimismo, el vehículo en su integridad quedará como patrimonio institucional a fin de que también se pueda utilizar como material didáctico para la mejor enseñanza y aprendizaje de los estudiantes del V semestre académico de la carrera profesional de Mecánica Automotriz.

Palabras claves: motor Otto, vehículo Nissan Sunny, motor a gasolina del tipo E16, GNV.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de aplicación profesional comprende la adaptación del GNV a un motor a gasolina en tiempos que la contaminación ambiental ha traído consecuencias graves a nuestro planeta cambiando nuestro ecosistema y originando el calentamiento global por los gases contaminantes que emiten los motores de combustión interna y que cada día se agudiza convirtiendo a nuestra ciudad de Lima en la ciudad más contaminada del país por gases tóxicos emitidos por motores de vehículos faltos de mantenimiento y mala calidad del combustible en su combustión.

Ante esta grave situación, una de las alternativas que tenemos al alcance de nuestras manos y como país productor de este recurso natural importantísimo al que llamamos gas natural comprimido, debido a que su extracción del subsuelo es en ese estado y no necesita mayor proceso para su producción y uso; por lo tanto, su costo es más barato en el mercado nacional en comparación a otros tipos de combustible, así como los componentes para su adaptación es de fácil acceso y su adaptación no necesita mucha tecnología porque ya los componentes vienen específicamente diseñados para las diferentes marcas de motores y su instalación también no es tan minuciosa ya que hemos tomado la determinación de realizar esta adaptación.

Además, el desarrollo del trabajo, está dirigido a la mejora en la calidad de aprendizaje de los estudiantes de la carrera profesional de Mecánica Automotriz del Instituto de Educación Superior Tecnológico “De las Fuerzas Armadas”.

El presente trabajo de aplicación profesional se ha dividido por capítulos; considerando como matriz para la elaboración, el esquema aprobado y establecido por el Instituto de Educación Superior Tecnológico “De las Fuerzas Armadas” para optar el grado de profesional técnico en Mecánica Automotriz, respetando el desarrollo secuencial de cada capítulo estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I. En este capítulo, se realizó la determinación del problema en un breve análisis, se formuló el problema general y se plantearon los objetivos de la investigación, para finalizar con la exposición de la justificación del proyecto.

Capítulo II. Aquí se desarrolla la investigación, se describen los antecedentes investigativos, las bases teóricas y el desarrollo del proyecto.

Capítulo III. En este capítulo se describen la finalidad, el propósito, los componentes, las actividades y las limitaciones que se presentaron durante la ejecución de este trabajo aplicativo.

Capítulo IV. Aquí se describen los resultados de la investigación luego de haberlo ejecutado.

Capítulo V. En este capítulo se desarrolla y describe con palabras simples las conclusiones y recomendaciones de nuestro trabajo de investigación.

Mediante este trabajo de aplicación, nuestro propósito es encontrar una alternativa para mejorar la enseñanza en la carrera profesional de Mecánica Automotriz.

CAPÍTULO I

DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Formulación del problema

Si bien es cierto que la carrera profesional de Mecánica Automotriz del IESTPFFAA ahora cuenta con módulos didácticos en motores gasolineros convertidos a GLP producto de los proyectos para titulación, esta especialidad aún no cuenta con un módulo de instrucción de motor gasolinero convertido a GNV para poder impartir los conocimientos a los estudiantes de esta carrera profesional.

Los estudiantes que cursan el V semestre, etapa en el que se desarrolla la Unidad Didáctica “Conversión de Motores a Combustibles Alternativos” no cuentan con un módulo de motor con GNV para poder conocer sus partes, su funcionamiento sus fallas y sus posibles soluciones y así aprender el sistema de alimentación de combustibles, es por esta razón que planteamos nuestro proyecto para contribuir al aprendizaje empíricos.

1.1.1 Problema general

1.0 ¿Cuál es el efecto que causa en el aprendizaje de los estudiantes de la especialidad de Mecánica Automotriz del V semestre del IESTPFFAA, la falta de un módulo de instrucción en un vehículo Nissan Sunny con motor a gasolina E16 convertido a gas natural vehicular (GNV) de tercera generación?

1.1.2 Problemas específicos

1.1. ¿De qué manera la falta de módulos de instrucción de un vehículo Nissan Sunny con motor a gasolina E16 convertido a gas natural vehicular (GNV) de tercera generación influye en el aprendizaje de los estudiantes de la carrera profesional de Mecánica Automotriz durante las clases teóricas y prácticas del IESTPFFAA?

1.2 ¿De qué manera la falta de un módulo de instrucción de un vehículo Nissan Sunny con motor a gasolina E16 convertido a gas natural vehicular (GNV) de tercera generación influye en la calidad educativa de la carrera profesional de Mecánica Automotriz y el desempeño de los docentes durante el desarrollo de las clases teóricas y prácticas en el IESTPFFAA?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

1.0 Diseñar y construir un módulo de instrucción de un vehículo Nissan Sunny con motor a gasolina E16 convertido a gas natural vehicular (GNV) de tercera generación para la carrera Profesional de Mecánica Automotriz del IESTPFFAA.

1.2.2 Objetivos específicos

- 1.1. Diseñar y construir un módulo de instrucción de motor gasolinero Nissan E16 adaptado a GNV.
- 1.2 Seleccionar el kit adecuado para la instalación del GNV.
- 1.3 Instalar de manera técnica todos los elementos que conforman el sistema de alimentación de GNV.
- 1.4 Realizar la prueba de funcionamiento, ajustes del sistema y entregar a la jefatura de la especialidad para su administración.

1.3 Justificación

Un módulo de instrucción de un motor Otto convertido a gas GNV de tercera generación en la especialidad de Mecánica Automotriz, será de mucha utilidad para la enseñanza de los estudiantes de la unidad didáctica de conversión de motores a combustibles alternos.

Los docentes encontrarán en este módulo un valioso material didáctico para el desarrollo de sus clases así como para el desarrollo de sus prácticas, logrando así mejorar los niveles de aprendizaje de sus estudiantes.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Estado de arte

Antecedentes internacionales

Se ha realizado la búsqueda de información sobre proyectos anteriormente desarrollados similares o tengan alguna relación con el proyecto de aplicación profesional que presentamos y se han encontrado algunos antecedentes internacionales que citamos a continuación:

López y Tapia. (2018), en su investigación titulada “Evaluación del efecto causado por la oxigenación de la mezcla aire-combustible en las prestaciones de un motor ciclo otto convertido a gas natural en la ciudad de montería”, concluyeron que los estudios recientes en materia ambiental han dado como resultado que la polución originada por los gases contaminantes nocivos para la salud emanada por motores de combustión en Colombia ha disminuido considerablemente del mismo modo, la economía de los propietarios de vehículos cuyos motores funcionan a base de GNV se han visto favorecidos por su bajo costo y una combustión más limpia saludable para el medio ambiente.

Flores-Meneses (2017), en su tesis "Medición de emisiones vehiculares y de desempeño de potencia de un motor dedicado a gasolina convertido a gas natural vehicular", se concluye que esta prueba indican que la selección, ajustes de los kits de conversión y la calidad de las instalaciones, el estado del motor y su adecuado mantenimiento, son los factores muy importantes para obtener los beneficios deseados y además presenta beneficios ambientales por la reducción en las emisiones de contaminantes HC y OC; y que es beneficioso por ahorro de costo de combustible.

Alvarez y Jaramillo (2016), en sus investigación “Eficiencia y rendimiento del combustible gas natural comprimido (GNC) en un motor a inyección didáctico” concluyen que sí hay una disminución de monóxido de carbono e hidrocarburos, y sacan determinan que utilizar GNV o GNC como combustible es favorable para nuestra economía y nuestro medio ambiente.

Antecedente nacional

Coronad (2017), en su informe “Conversión de un motor de combustión interna marca HYUNDAI modelo G4FACU de gasolina a GNV”, da a conocer en qué forma será utilizado el gas natural vehicular en los vehículos de nuestro país y el impacto que ocasionará en los demás combustible derivados del petróleo y el ahorro considerable al usar este combustible alternativo y ventaja ecológica y de seguridad con respecto a los combustibles líquidos.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Motor Nissan E16

Un motor de combustión interna Nissan E16 es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. Su nombre se debe a que dicha combustión se produce dentro de la máquina en sí misma, a diferencia de, por ejemplo, la máquina de vapor (Nissan, 1985, p. 12).

A partir de la anterior definición, se puede inferir que el motor de combustión interna es una máquina que obtiene energía mecánica, producto de la energía química que se produce cuando el combustible se enciende y se expande al interior de la cámara de combustión.

2.2.2 GNV

La sigla GNV significa Gas Natural Vehicular, el cual se diferencia del gas que llega a nuestros hogares debido a que es comprimido hasta alcanzar una presión de 200 bar con el objeto de ser almacenado en cilindros. Su principal uso es en el transporte de alto recorrido y es utilizado especialmente en ciudades que presentan altos índices de contaminación en el aire como ocurre en el caso de Lima en Perú, Santiago en Chile y Chiapas en México (Peña, 2009, p. 38).

El gas natural es un hidrocarburo de origen fósil compuesto principalmente por metano y otros componentes más pesados, que se extrae de la tierra en forma similar al petróleo y que se conduce a los centros urbanos mediante sistemas de tuberías de transporte y distribución.

A partir de la anterior conceptualización, se infiere que el GNV es un combustible fósil y contiene metano, se extrae del subsuelo en un sistema parecido a la extracción del petróleo, la presión de este gas no es similar a la presión del gas doméstico, este gas vehicular tiene mayor presión debido a que se almacena en depósitos especiales para ser transportado y se pueda suministrar al motor y su combustión es más limpia por ello su uso es recomendable en ciudades con alto índice de contaminación ya que al ser un gas de combustión limpia ayuda a descontaminar el medio ambiente.

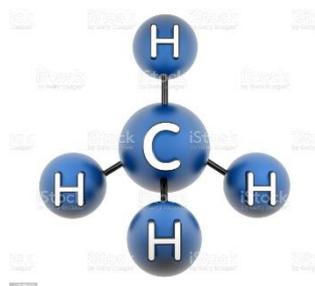


Figura 1. Estructura Molecular del Metano (Booblik, 2019)

El Gas Natural ha sido aceptado como una energía con un gran potencial de desarrollo futuro y de hecho la Conferencia Mundial de la Energía celebrada en Tokio el año 1995 declaró al gas natural como el combustible alternativo con mejores opciones de desarrollo para su masificación a futuro, debido a su abundancia, comodidad, seguridad, bajo costo de extracción, transporte y distribución, y el bajo nivel de contaminación que genera. El Gas Natural Comprimido (GNC) es un Gas Natural Vehicular (GNV) usado en automoción como combustible alternativo a los carburantes derivados del petróleo.

La base de este gas es el metano con un alto índice de hidrógeno (CH₄). Se utiliza básicamente como combustible para todo tipo de vehículos, es más eficiente que los carburantes líquidos (gasóleos y gasolinas) y mucho menos contaminante.

El GNC o más conocido como GNV emite un 30% menos de dióxido de carbono (CO₂) y un 65% menos del peligroso monóxido de carbón (CO). También su emisión de óxidos nitrosos es muy reducida, con la ventaja de no producir azufre o metales pesados y reduciendo en gran medida los efectos contaminantes y su impacto en el medio ambiente. Una característica esencial del GNV es su forma de almacenamiento.

Habitualmente, se comprime en cilindros especialmente diseñados para esta aplicación a presiones entre los 200 y 250 bar (g). Esto es debido a que se requiere de una gran acumulación de gas en un espacio reducido, con el objetivo de facilitar una gran autonomía a los vehículos sin que los depósitos ocupen mucho espacio en su interior (Peña, 2009, p. 43). EL GNV es un gas que se obtiene de los pozos de petróleo en forma autónoma, ya que el mismo es expulsado hacia la superficie, por la presión reinante en la cuenca petrolífera que en algunos casos llega a superar los 100 bar, el mismo es conocido por el nombre de “*Gas Natural de Petróleo*”.

Luego de que es canalizado hacia las plantas de tratamiento y compresión en donde se recuperan los hidrocarburos pesados (gas propano, etano, butano, etc.) es filtrado y “*olorizado*” para que su presencia pueda ser detectada en lugares donde haya pérdidas, es transportado por los gasoductos a una presión de 60 a 25 bar hacia los diferentes puntos de consumo, allí, es distribuido a los ramales intermedios previo pasaje por la planta reguladora de presión la cual es reducida a 6/25 bar según las características de la red a la que alimentan y de aquí a los usuarios; casas de familia; industrias estaciones de GNV; etc.

Químicamente su composición varía según la cuenca y/o planta de tratamiento de donde se extrae siendo estos los valores promedio:

Tabla 1

Composición del gas natural vehicular

Tipo de gas	Porcentaje
Metano(CH ₄)	86/95 %
Etano (C ₂ H ₆)	0,05/5,2 %
Propano/Butano	0,50/7,5 %
Nitrógeno (N ₂)	0,7/2,7 %
ANH. Carbónico (CO ₂)	0,5/1,8 %
Agua (H ₂ O)	113 mg/m ³ máx.
Azufre libre	50 mg/m ³ máx.

2.2.2.1 Poder calorífico del gas natural comprimido:

Se define como la “cantidad de calor que produce al combustionar completamente una cantidad conocida de combustible de manera tal que puedan ser comparados diferentes tipos, la unidad que generalmente se utiliza es el Kg, y la cantidad de calor en calorías (cal) o kilocalorías (kcal)” (Arévalo, 2008, p. 17).

Tabla 2
Poder calorífico del GNV

Combustible	Poder calorífico	
Nafta	10.500 Kcal/kg.	7.350 Kcal/litro
Gas Natural	15.302 Kcal/kg.	9.350 kcal/m ³
Dif. Porcentual	45.7%	27.2%

En el cuadro se puede deducir que si bien las unidades de volumen no son comparables, el GNC bajo todo punto de vista aporta mayor energía calórica que la nafta, si efectuamos la comparación en Kg, el GNC es superior en un 45.7 % y en litros / m³, la diferencia es del 27.2 %.

De esta forma podemos decir que:

- 1 m³ de GNC = 1.272 litros de nafta
- 1 m³ de GNC = 0,222 dm³
- Cuando se refiere a rendimiento, consumo, poder calorífico etc. se entiende el volumen a presión atmosférica.
- Volumen real que ocupa en el cilindro de GNC el equivalente másico de 1 m³, a una presión de 200 bar.

2.2.2.2 Beneficios del GNV

- a) **Ahorro:** El gas natural vehicular ofrece mayor rendimiento para el mismo recorrido. Como relación práctica, 1 m³ de gas natural equivale a 1,13 litros de gasolina.

- b) **Descontaminación:** La combustión del GNV es más completa y pura que la de combustibles líquidos, lo que disminuye significativamente el nivel de partículas y gases contaminantes como hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono (CO) y gases efecto invernadero.
- c) **Imagen Pública:** Al incorporar GNV como combustible en la flota de vehículos de una empresa, los productos adquieren un posicionamiento ecológico, ante sus clientes y opinión pública, consolidando el compromiso con el medio ambiente.
- d) **Mayor Vida Útil del Vehículo:** Gracias a que el GNV no produce residuos de carbón, no forma sedimentos, ni lava las paredes de los cilindros, aumenta la vida útil del motor, bujías, filtros y aceite.
- e) **Seguridad:** El GNV cumple con exigentes normas de seguridad, tanto para la instalación de kits de conversión, como para el reabastecimiento de combustible. Adicionalmente, ante cualquier escape, el gas natural asciende y se disipa en la atmósfera.
- f) **Fácil Conversión:** Para que los motores a gasolina puedan funcionar con GNV necesitan ser adaptados incorporándoles sencillos kits de conversión. Como ventaja adicional, los vehículos conservan una condición dual y así operar indistintamente con gasolina y GNV.

Tabla 3

El gas natural como combustible vehicular en el mundo

País	Vehículos a GNV	Estaciones de servicio	Porcentaje del parque automotor
Argentina	1650000	1400	21.7%
Perú	233647	284	25.0%
Pakistán	1550000	1606	24.9%
Brasil	1425513	1442	10.0%
Italia	432900	1173	1.1%

India	334820	321	2.3%
Irán	3500000	179	23.9%
Estados Unidos	146876	1340	0.1%
Colombia	340000	614	7.26% ²
China	127120	355	0.4%
Ucrania	100000	147	2.0%

g) **Tecnología Disponible:** En el mercado nacional están disponibles varios modelos de vehículos a GNV, modelos que cumplen con disposiciones de seguridad y medioambientales, establecidas en la normativa vigente.

Para hacer posible el empleo del GNV en el sector transporte. Siendo el gas natural más liviano que el aire y que otros combustibles gaseosos, su almacenamiento y empleo en el transporte demanda cilindros y equipos de diseño especial.

Así, por ejemplo, los balones de GNV son construidos para soportar presiones mayores a 200 bar, además son pintados de amarillo para poder distinguirlos de los demás (Arévalo, 2008, p. 28).

En el Perú, el GNV se hace cada vez más popular, gracias a sus características y ventajas económicas. En el mes de marzo de 2018 había cerca de 233,647 vehículos convertidos al gas natural y se espera que este número crezca considerablemente al finalizar el 2019, debido al ingreso de Chiclayo y Piura en este negocio.

El Perú importa vehículos que funcionan exclusivamente con el GNV y vehículos duales (que usan gasolina y GNV), pero la mayoría de vehículos que circulan en el país son convertidos al gas natural localmente.

Para convertir un vehículo al GNV este debe funcionar con gasolina. La conversión de vehículos con motor petrolero es factible, pero muy costosa porque implica el cambio del motor.

Para efectuar la conversión es necesaria la revisión y adaptación del vehículo al nuevo sistema. Este procedimiento debe ser realizado en un taller de conversión certificado.

La conversión implica la instalación de un kit de conversión que permite el trabajo correcto del vehículo con el GNV.

El costo de la conversión al GNV varía de acuerdo al tipo de vehículo, la capacidad del cilindro de almacenamiento, la antigüedad de la unidad y los gastos de acondicionamiento y puesta a punto de la unidad para su conversión (Arévalo, 2008, p. 31).

El costo promedio de la conversión asciende a S/. 1 500.00 en el caso de los autos con carburador, y a S/. 2 400.00 en el caso de los autos con sistema de inyección.

El costo de conexión puede ser financiado a través de COFIDE u otras instituciones financieras. La amortización del financiamiento se efectúa mediante el sistema de carga inteligente.

Por lo general, la inversión realizada en la conversión se recupera antes del año en un vehículo de uso particular; y en solo cuatro o cinco meses en un taxi que recorre en promedio 200 kilómetros diarios. Esto está demostrado por la información que provee el sistema de carga inteligente.

Uno de los medios de transporte más usados en la capital es el Metropolitano, el cual moviliza a más de 650 mil pasajeros al día. Precisamente este sistema cuenta con una flota de buses que utilizan 100% gas natural, siendo el único de su tipo en el país.

Más allá de ordenar el tránsito en la capital, el Metropolitano se ha convertido en el transporte público formal más amigable con el ambiente. Además de que contribuye a la no emisión de enfermedades y a tener un aire más limpio y puro.

2.2.3 Gas de Camisea en el Perú

Camisea, la reserva de gas natural más importante del país es diez veces mayor que cualquier otra descubierta en nuestro territorio y una de las más importantes de Latinoamérica. Sus reservas probadas y probables de gas natural ascienden a 11 trillones de pies cúbicos, con líquidos asociados por alrededor de 600 millones de barriles.

Se ubica en la selva de Cusco, donde se encuentran los yacimientos de San Martín y Cashiriari, en el Lote – 88 (OSINERG, 2016, p. 15)



Figura 2. Pozo San Martín I, Camisea (Domus, 2016)

El Proyecto Camisea consiste en la explotación de estas reservas; la construcción y operación de dos ductos, uno para gas natural y otro para líquidos de gas natural; y el sistema de distribución de gas natural en Lima y Callao.

Los ductos iniciaron el transporte a la costa del gas natural y de los líquidos a mediados de 2004, para ser utilizados como productos de consumo local, así como para su exportación. El gas natural es transportado a Lima (el principal centro de consumo) donde está siendo utilizado para fines residenciales e industriales y para generar electricidad.

Los líquidos de gas natural permiten abastecer al mercado local de gas licuado de petróleo y constituyen una importante fuente de ingreso de divisas (OSINERG, 2016, p. 23).



Figura 3. Línea de abastecimiento de GNV (MINAGRI, 2016)

La construcción del gaseoducto implicó atravesar transversalmente la agreste geografía del país. El transporte del gas desde los yacimientos comprendió la construcción y operación de dos ductos, uno para gas natural (714 km) y uno para líquidos de gas natural (540 km). Los dos ductos corren en paralelo desde los campos de Camisea, ubicados a 431 km al este de Lima, hasta la costa central, al sur de la misma ciudad, donde el ducto de líquidos termina en una planta de fraccionamiento de líquidos (OSINERG, 2016, p. 25).



Figura 4. Instalación del gaseoducto (Mávila y Domus, 2016)

Desde la costa central, el gasoducto se dirige por la costa hacia el norte, hasta el City Gate en Lima. El gasoducto está diseñado para el transporte inicial de 285 millones de pies cúbicos de gas por día. El poliducto, para el transporte inicial de 50,000 barriles de líquidos de gas por día.

La Historia del proyecto de Camisea es compleja, no solo por la complejidad del proyecto en sí, sino por el tiempo que tomo en plasmarse y porque durante dicho tiempo las condiciones políticas y sociales del Perú fueron cambiando.

A inicios de la década de 1980, el gobierno de Fernando Belaúnde suscribió con la empresa petrolera global Shell un contrato de exploración y explotación por petróleo y gas por dos lotes, Lote 38 y Lote 42, ubicados en la selva sur occidental del Perú en la región Cusco en una zona denominada Camisea (OSINERG, 2016, p. 28).

El contrato de Licencia por los Lotes 38 y 42 establecía que en caso se encontrara gas y condensados, el contratista Shell tendría derecho a explotar los yacimientos por un período de 40 años.

Shell inicia sus exploraciones y entre los años 1983-1985 descubrió los yacimientos del gas de Camisea en las áreas de San Martín y Cashiriari en el Cusco. Estos yacimientos se encuentran a 500 km al este de la ciudad de Lima, capital de Perú.

Las reservas del área de Camisea son del tipo de gas condensado retrógrado, soportados por impulsión de agua de cuyo acuífero no se conoce la extensión. Adicionalmente éstas presentan el comportamiento de doble porosidad y permeabilidad debido a la presencia de fracturas naturales.

2.2.4 Requisitos para instalar GNV a un motor Otto

Para que los vehículos puedan usar gas natural es necesaria una conversión previa que permita adaptar sus condiciones iniciales para el uso del gas (Rodríguez, 2012, p. 45).

El parque automotor de Lima y Callao utiliza diferentes combustibles, siendo los principales: la gasolina y el diésel. Para cada uno de estos combustibles los requerimientos de conversión varían entre sí, sin embargo el principio fundamental en ambos casos es que los automóviles necesitarán de un tanque o cilindro que almacene el gas que abastece al motor.

No todos los automóviles pueden convertirse a gas natural, esto dependerá básicamente del tipo de motor que tengan. Asimismo es importante que el automóvil que se pretenda transformar esté en buenas condiciones de funcionamiento, especialmente en el encendido e instalación eléctrica.

Un auto con motor gasolinero sí podrá convertirse a GNV, ya que solo deberá adquirir el tanque de almacenamiento de gas natural, de esta forma se tendrá un sistema dual que permitirá utilizar gasolina y gas natural. Un auto con GLP no podrá transformarse debido a que las condiciones de trabajo de cada equipo son diferentes.

Por ejemplo, mientras que en los cilindros de vehículos convertidos para usar GLP, este es almacenado a 7 bar de presión; en los vehículos convertidos para usar GNV este es almacenado a 200 bar de presión, adicionalmente todos los demás componentes del equipo completo de conversión están diseñados para diferentes presiones de trabajo.

Los motores de combustión interna de encendido por chispa (MCI-ECH), cuyo combustible inicial es la gasolina, se pueden convertir para que utilice gas natural, para ello se deberá instalar equipos que puedan almacenar el gas a la presión de 200 bar, reducir su presión y acondicionarlo (entregar calor), conducirlo a través de mangueras hasta el mezclador e instalar una toma de aire u otro medio que es ubicado después del filtro y antes del carburador o múltiple de admisión (Rodríguez, 2012, p. 48).

Por lo general, los vehículos que utilizan gasolina como combustible, son aquellos que se denominan ligeros o medianos y son de uso intensivo en la ciudad.

El sistema que utilizan estos vehículos después de la conversión es el sistema bi-combustible (Bi-fuel), que es el conjunto de elementos (que constituyen un equipo completo de conversión) que hacen posible que pueda operarse el vehículo con gasolina según su diseño original o alternativamente con GNV.

Este sistema consiste en el uso del propio motor con un carburador para gas natural o un sistema de inyección de combustible gaseoso, en adición al carburador regular o sistema Fuel Injection.

Los componentes del equipo completo de conversión deben cumplir desde el punto de vista de su fabricación y seguridad con los requisitos y ensayos especificados para cada uno de ellos en las Normas Técnicas respectivas.

También es importante resaltar que el equipo de conversión varía si el motor es carburado o inyectado.

En lo que corresponde al sistema de propulsión, los vehículos convertidos a gas natural utilizan un sistema de propulsión a GNV, el que hace que el gas natural fluya en el vehículo desde un cilindro de almacenamiento a través de la tubería y llegue al recinto del motor.

Todo vehículo a ser convertido a GNV para aprovechar al máximo los beneficios brindados por este combustible deben encontrarse en buen estado de funcionamiento (compresión en los rangos recomendados por el fabricante, bujías en buen estado, etc.) de lo contrario estos beneficios no serán plenamente percibidos; al no estar el motor de un vehículo gasolero diseñado específicamente para funcionar con GNV (o cualquier otro combustible gaseoso) se da una disminución en la potencia del mismo, llegando a ser imperceptible cuando el vehículo se encuentra en buen estado mecánico y el equipo completo de conversión es el adecuado para el vehículo.

También existen vehículos con motores dedicados, que son aquellos que solo funcionan con gas natural, estos vehículos son producidos por los fabricantes originales o son resultado de conversiones para vehículos particulares (livianos) y de carga (pesados).

En los vehículos ligeros o medianos, un motor dedicado a gas natural no difiere mucho en cuanto a medidas, peso, construcción o requerimientos de materiales de un motor a gasolina; los principales esfuerzos enfocados al desarrollo de estos motores están dirigidos hacia la optimización de las siguientes características:

- Incrementar la relación de compresión.
- Combustión con mezcla pobre.
- Control de la inyección de combustible y de la relación aire-combustible.
- Ajuste del tiempo de ignición.
- Control catalítico de emisiones.
- Sensores del contenido de oxígeno en el escape.

2.2.5 Etapa de pre-conversión a GNV

Antes de las pruebas de pre-conversión, se debe identificar plenamente el vehículo en cuanto a las disposiciones legales establecidas por las entidades competentes:

- a) **Información del vehículo:** se debe establecer claramente si el vehículo conserva sus características generales de fábrica o ha sufrido modificaciones luego de su salida de la línea de ensamble. Esta identificación de las características del vehículo permitirá definir si la conversión por ejecutar corresponde a uno de los procesos estándar definidos por el taller de conversión, para las diferentes marcas y modelos autorizados por la entidad competente.
- b) **Prueba de ruta:** posteriormente, se debe verificar la fecha de reparación del motor y seguidamente realizar una prueba de ruta utilizando gasolina como combustible, para verificar el funcionamiento del vehículo con este combustible.

En esta prueba se verifica el consumo de aceite, agua y de combustible, sobrecalentamientos, deslizamiento de embrague, prueba de aceleración y desaceleración con sus accesorios en operación (luces, radios, calefacción, entre otros), sincronismo de la caja de cambios, verificación de toma de corriente, ruidos y sonidos extraños.
- c) **Inspecciones visuales:** donde se verifica el estado del chasis, pisos, carrocería, funcionamiento del sistema de suspensión, identificación de posibles piezas defectuosas o dañadas, sistema de escape, sistema de enfriamiento del motor. Se determina si todos los componentes pueden ser instalados en lugares accesibles y seguros, se inspecciona la ubicación de los tanques de gasolina, aire o agua, o cualquier otro depósito de almacenamiento, además se verifica si la bomba de gasolina es sumergible y ubicación de las baterías.
- d) **Parámetros de referencia:** tanto para las inspecciones como para las pruebas de pre-conversión, el taller de conversión debe establecer para cada tipo de vehículo (marca y modelo) los parámetros o valores contra los cuales se efectúa la verificación de los diferentes apartados indicados en la norma técnica. Estos parámetros serán definidos a partir de las especificaciones del fabricante del vehículo.

Después de la identificación del vehículo recién se procede a la prueba de Pre conversión que se listan a continuación:

- Verificación de estado y carga de batería.
- Verificación del control y estabilidad del sistema de carga eléctrico.
- Verificación del estado mecánico del motor.
- Verificación de la existencia de fugas en el múltiple y conductos de admisión.
- Verificación del estado y funcionamiento del sistema de encendido.
- Verificación del estado y funcionamiento del sistema de control en marcha mínima.
- En sistemas carburados, verificación del estado y ajuste de la(s) mariposa(s) y bujes del acelerador y agujeros de mínima en el chicler, verificación del estado de la empaquetadura del carburador, de la carcasa del filtro de aire y del filtro de aire.
- En sistemas inyectados, verificación de estado y funcionamiento del sistema de combustible, análisis de gases y revisión del sistema de refrigeración.

Finalmente el resultado de la evaluación debe arrojar alguna de las siguientes calificaciones: Vehículo apto para convertir o Vehículo rechazado técnicamente para convertir.

2.2.6 Etapa de post conversión a GNV

Al igual que en la etapa de pre conversión, se deben realizar varias inspecciones a las que se le denomina inspecciones de post conversión, los resultados de estas inspecciones se registran y archivan. En las inspecciones de post conversión, se realiza la verificación del proceso de conversión y las pruebas de post conversión.

La verificación del proceso de conversión consiste en:

- Verificación de la sujeción de los cilindros.
- Verificación del ajuste y aseguramiento de toda la línea de gas.
- Verificación del trazado de ruta y acople de las mangueras de calefacción.
- Verificación del trazado de ruta y acople de las mangueras de gasolina.

- Verificación de ajuste e instalación de los diferentes componentes, válvulas y regulador.
- Verificación del fácil acceso y buen accionamiento de las válvulas manuales del cilindro y del sistema de llenado.
- Verificación de la inexistencia de fugas de gas natural en el sistema.
- Verificación del funcionamiento eléctrico de la llave conmutadora.
- Verificación del funcionamiento correcto del variador de avance y emuladores.

Las pruebas de post conversión consisten en:

- Verificación de la velocidad de marcha mínima.
- Verificación del comportamiento en aceleración en vacío.
- Verificación del funcionamiento del sistema secundario de encendido.
- Prueba de ruta.
- Vehículos a inyección.

Los resultados de la evaluación de pre-conversión y post-conversión, deben registrarse en el formato de registro preestablecido por el taller de conversión, debidamente firmado por la persona que efectuó la evaluación y las instancias de revisión y aprobación que se definan, posteriormente deben ser archivados.

El costo de inversión corresponde al costo de conversión del vehículo a GNV y está determinado por el tipo de vehículo, si es gasolinero o diésel y si el motor es carburado o inyectado.

El costo de conversión, varía dependiendo del tipo de vehículo, comprende:

- El kit de conversión
- Cilindro (s) de almacenamiento de GNV
- Servicio de instalación en el taller de conversión (mano de obra)

Tabla 4

Costo de conversión a GNV

Tipo vehículo	USD
Vehículo Carburado	1,250
Vehículo Inyectado	1,500
Vehículo Diesel	5,000 – 7000

2.2.7 Sistema de control de carga GNV

El uso del GNV implica la utilización del sistema de carga inteligente que se utiliza en el país para abastecer a los automóviles de gas natural.

El sistema de control de carga es un sistema de base de datos centralizado que permite brindar información fidedigna a la entidad competente con la finalidad de permitir o no el despacho de gas natural en los vehículos a través de las estaciones de servicio, en función de la información asociada a un componente denominado dispositivo identificador (chip identificador) instalado en el vehículo el cual permite evitar la informalidad.

A fin de implementar el sistema de control de carga se creó el Consejo Supervisor Integrado por tres representantes del Ministerio de Transportes, Ministerio de la Producción y Ministerio de Energía y Minas.

El chip identificador instalado en el vehículo contiene la siguiente información:

- Datos generales del vehículo.
- Datos del equipo completo de conversión instalado en el vehículo.
- Conversión en un taller de montaje autorizado por la entidad competente.
- Valida las revisiones anuales del equipo completo de conversión.
- Permite la trazabilidad de los componentes del equipo completo de conversión.
- Provee información para aplicaciones comerciales.

De esta manera no solo mantiene vigente las revisiones técnicas correspondientes sino también garantiza la seguridad de los usuarios y el sistema. El certificador registra el chip en el sistema, evalúa la información y habilita el chip.

Para homologar un vehículo para que pueda cargar GNV se sigue el siguiente proceso , en el taller donde realizó la conversión , el certificador que será designado por el ente de fiscalización, verificará que el vehículo fue convertido a GNV en un taller registrado en la entidad competente, asimismo verificará que los equipos completos de conversión incluyendo los cilindros instalados fueron registrados en el ente competente y que el montaje de los equipos fue realizado de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas.

Cumplidos los pasos anteriores se procede a instalar un microchip en el vehículo cerca a la boca de carga de GNV, este microchip tendrá almacenado sus datos y número de registro y procederá a ingresar al registro de la base de datos del sistema centralizado. A su vez todas las estaciones de servicios tendrán instalado el hardware y software que permita la comunicación de su computadora con los surtidores de GNV y con la base de datos.

Cuando llega un vehículo a cargar GNV, la persona que atiende en la isla, debe conectar tanto el pico de carga como el lector del microchip, para permitir identificar el vehículo de manera que la computadora lo ubica en la base de datos, si el vehículo se encuentra en la base de datos por estar homologado, le permitirá accionar la válvula para inicio de la carga, caso contrario no le permitirá cargar.

2.2.8 Propiedades del GNV instalados en un motor Otto

a) Densidad del vapor

El GNV es más liviano que el aire y en caso de una eventual fuga, se disipa con mayor facilidad en la atmósfera que los vapores de la gasolina.

b) Temperatura de encendido

Para encender el Gas Natural Comprimido se requiere el doble de la temperatura que es necesaria para encender la gasolina, alrededor de 700°C

c) Número de octanos

Debido al alto índice de octano (elevado índice de metano) del GNV, tiene alta resistencia al autoencendido, por lo tanto el conjunto móvil del motor NO estará sometido a sobrecargas de presión causantes de desgastes prematuros o rompimiento de piezas.

d) Relación de compresión

Los motores con relación de compresión (R_c) alta presentan un mejor desempeño en la operación con GNV.

e) Toxicidad

No es tóxico al ser inhalado, aunque puede ocasionar sofocación en concentraciones altas.

f) Relación aire/ combustible

La relación aire/combustible es la cantidad de aire y de gas necesaria para lograr una combustión. En proporciones correctas se llama relación estequiométrica.

Se requiere más aire para quemar una libra de gas natural que el requerido para quemar una libra de gasolina.

g) Presión de almacenamiento.

Debido a que el Gas Natural tiene una baja cantidad de energía por unidad de volumen se hace necesario comprimirlo para obtener un rendimiento (autonomía) similar al de la gasolina.

La alta presión del gas en los cilindros proporciona una “alta densidad de energía almacenada”.

h) Inflamabilidad

El metano, principal componente del GNC (GNV), debido a su estructura molecular tetraédrica con un hidrógeno en cada vértice, es mucho más estable que la gasolina, y por tanto es más difícil romperla.

i) Avance del encendido.

La fase inicial de la combustión del GNCV tiene una mayor duración (del orden del doble) que la correspondiente en los motores a gasolina o diésel. Esto se traduce en un tiempo de retraso mayor (período de desarrollo del frente de llama).

Si no se adelanta el avance del encendido, pueden producirse serios daños de fatiga térmica en la cámara de combustión (válvula, asientos, guías y conjunto pistón-anillos).

j) Tiempo de encendido.

Un combustible con velocidad de llama lenta, deberá ser encendido con más anticipación para ser quemado completamente y alcanzar la presión de combustión máxima.

2.2.9 Ventajas y desventajas de utilizar GNV**2.2.9.1 Ventajas de utilizar GNV**

El Gas Natural, es el combustible fósil menos contaminante que existe. Teniendo en cuenta que en un país como Colombia, al comparar la contaminación por fuentes móviles (vehículos) y fuentes fijas (industrias), las primeras aportan el 70% y las segundas el 30%, un programa de GNCV, contribuirá a reducir significativamente la contaminación ambiental.

El principal componente de GNCV es el metano (85-95%). Debido a esta simplicidad de la molécula, tiende a emitir mínimas cantidades de material particulado.

El menor contenido de carbono se refleja en una combustión más “limpia”.

No posee componentes tóxicos y su contenido de azufre es muy bajo. Tiene las menores emisiones de CO₂ en su combustión.

Beneficios representados en ahorro de combustible

El ahorro real en costos de combustible en los proyectos de gas natural vehicular está entre el 50 y 60 % con respecto a la gasolina.

Relación de sustitución

S/. 1.30 m3 GNV = S/.15.00 1 Galón Gasolina

Ahorro = S/. 13.70



Figura 5. Porcentaje de Ahorro (Ravital, s.f)

La vida útil del motor a largo plazo

Se cree que a largo plazo un motor convertido a GNC sufrirá daños, ya que sus materiales fueron diseñados para trabajar con gasolina y no con gas. La verdad sobre esto es exactamente lo contrario: se ha comprobado ampliamente que un motor que utiliza gas se conserva mucho mejor que un motor idéntico que utilice gasolina y puede alargar su vida útil hasta en un 50 %.(Rodríguez, 2012, p.64). Bueno Esto obedece a que la combustión es más completa, lo que significa que el aceite no se contamina con los hidrocarburos no quemados, (que pasan a través de los anillos) como sucede en un motor trabajando con gasolina y en el caso de mezcla rica el aceite llega a diluirse y pierde sus propiedades lubricantes y refrigerantes, debido a que el metano contiene menos carbonos en su estructura molecular (CH_4) que el de la gasolina (C_7H_{16}) la contaminación del aceite es menor. Por esta razón se emplea el aceite recomendado por el fabricante del vehículo con un intervalo de kilometraje hasta dos veces mayor al especificado por el mismo.

Intervalos del cambio de aceite de motor

Debido a que el metano contiene menos carbonos en su estructura molecular (CH₄) que el de la gasolina (C₇H₁₆) la contaminación del aceite es menor. Por esta razón se emplea el aceite recomendado por el fabricante del vehículo con un intervalo de kilometraje hasta dos veces mayor al especificado por el mismo.

Beneficios derivados del aumento de la vida útil del motor

Conserva en mejor estado y por más tiempo el aceite, las bujías, el sistema de escape, en general los conjuntos móvil y estático del motor como consecuencia de una combustión más “limpia” y completa.

Para aquellos vehículos que se les debe reparar (mecanizar y ajustar) el motor y cambiar asientos de válvulas y vayan a operar con GNC, es indispensable el uso de aleaciones especiales en los asientos, en el lado de escape, las cuales se deben caracterizar por tener una buena capacidad de disipación del calor y una buena resistencia al desgaste.

Adicionalmente se deben instalar válvulas de buena calidad (origen reconocido), o de sodio que permiten una mejor transferencia de calor, logrando un mayor tiempo de vida útil de las mismas (Rodríguez, 2012, p.65).

2.2.9.2 Desventajas de utilizar GNV

- a) **Potencia:** La pérdida de potencia en un motor convertido a gas es de un 8 a un 15%, equivalente a la que ocasiona el desplazarse con un ocupante adicional y/o la operación del acondicionador de aire, según el tipo de vehículo.

- b) **Cilindros de almacenamiento:** Uno de los principales inconvenientes de los clientes es el peso y la ubicación del tanque y almacenamientos de GNV ya que este ocupa gran espacio en los automóviles ya sea en el baúl, estaca o simplemente fijados al chasis.

Los cilindros tienen un peso promedio que va desde 65 kilos hasta 110 kilos.



Figura 6. Cilindro de almacenamiento de GNV

c) Fallas en el motor debido a:

- Encendido defectuoso o débil.
- Avance de encendido incorrecto.
- Mala calefacción
- Mala regulación
- Filtro de aire

Reducción de emisiones por conversión de vehículos a GNV

Considerando las 384,362 unidades de vehículos estimadas que se habrán convertido a GNV a finales del 2020 y conociendo los perfiles de emisión de cada combustible que genera un vehículo por kilómetro de operación, a continuación se estimará la reducción de dichas emisiones por el cambio de combustible de Gasolina de 90 octanos, la cual para efectos del estudio se considera la más representativa del mercado, a GNV.

La tabla siguiente muestra el rango de kilómetros mínimo y máximo que recorre un taxi (independiente o de empresa) y un vehículo particular, los cuales se deben tener en cuenta para el cálculo de las emisiones con cada combustible; los datos tienen un confiabilidad del 95%.

Tabla 5

Reducción de emisiones contaminantes

Descripción	Min Km/día	Max Km/día
Taxis	250	300
Veh. Particulares	25	35

De acuerdo a los resultados del análisis de regresión para la estimación de los vehículos convertidos a GNV al 2020, se estima que existen 303,333 unidades de vehículos que se convertirán en el periodo del 2010 al 2020. Así mismo de acuerdo a la información de la Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular (CPGNV), el 76% de las conversiones realizadas se realiza con financiamiento mientras que el 24%, sin financiamiento.

CAPÍTULO III
DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1 Finalidad

Con el presente trabajo de aplicación profesional ejecutado se tiene por finalidad contribuir y facilitar con el aprendizaje de los estudiantes de la carrera profesional de Mecánica Automotriz; asimismo, con el desarrollo tecnológico en la construcción de un módulo de aprendizaje dirigido al funcionamiento de un motor alimentado con combustible alternativo al que llamamos GNV.

3.2 Propósito

Este trabajo tiene el propósito de motivar y fortalecer el aprendizaje de los estudiantes de la carrera profesional de Mecánica Automotriz, en especial de los estudiantes que cursan el V semestre académico en la cual desarrollan la Unidad Didáctica de “*Conversión de Motores a Combustibles Alternos*” ya que todos los elementos del kit que lo componen son de fácil acceso visual y manual para que realicen la identificación de las partes, estudio de cada uno de ellos y por sobre todo la manipulación durante las clases de prácticas de taller.

Nuestra casa de estudios a través de la carrera profesional de Mecánica Automotriz, se transformará en la institución pionera en formar estudiantes y egresados especialistas en conversión de motores a combustibles alternos ya que este equipo de trabajo ha realizado visitas a otras instituciones de nuestro nivel educativo para poder tomar referencias sobre antecedentes de este tipo de trabajo realizado, y no hemos logrado encontrar la información que nos facilite en la realización de este proyecto.

Asimismo, este trabajo contribuye como ejemplo para que los estudiantes próximos a egresar, también emprendan objetivos que sean útiles para sí mismos y la comunidad estudiantil de la carrera profesional de Mecánica Automotriz del IESTPFFAA.

3.3 Componentes

Kit de conversión: El Kit de Conversión es un conjunto de elementos que se instalan de una forma compatible y funcional en el vehículo a convertir. En la figura 4 se muestra la ubicación más usual para un automóvil mediano, aunque existen otros tipos de vehículos, las cuestiones particulares de ubicación de cada elemento serán decididas por el instalador (Baltazar, 2013, p. 52).



Figura 7. Componentes de una adaptación de almacenamiento de GNV (IngenieriaPetroleo.com, 2013)

- a) **Válvula de llenado:** Incluye un acople rápido para el abastecimiento de combustible (GNV).

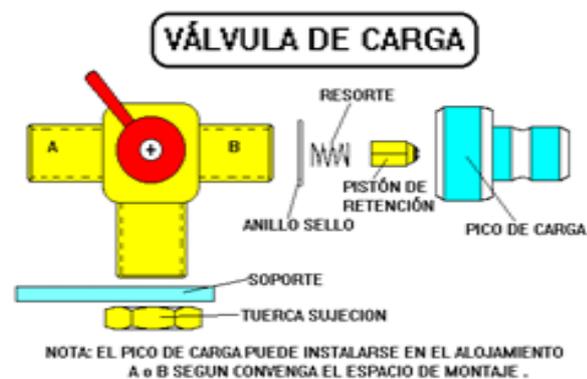


Figura 8. Válvula de carga de GNV (Travis, 2014)

- b) **Dispositivo de sujeción:** Sirve de soporte para fijar el tanque al chasis, maletera o carrocería del vehículo, son fabricados en acero estructural con uniones soldadas y con protección anticorrosivo.



Figura 9. Dispositivo de sujeción del depósito de GNV

- c) **Cilindro de Almacenamiento:** Son cilindros especialmente diseñados para GNV, soportan 30 veces más presión que los tanques de GLP. Son fabricados en acero sin costura con un espesor de pared de 6 a 9 mm, resisten una presión de trabajo de 3000 Psi. La longitud, diámetro y peso varían, también la capacidad de almacenamiento por cilindro varía entre 6 y 24 m³.



Figura 10. Cilindro de almacenamiento

- d) **Cañería:** La cañería de 6mm de diámetro, es construida en acero al carbón o inoxidable, forrada en PVC o con pintura horneada; su presión de trabajo es de 3000 Psi y la presión de prueba es de 4500 Psi.



Figura 11. Cañería

- e) **Conjunto de válvula de llenado:** Es una válvula compuesta por una válvula manual de cierre rápido, la cual permanece normalmente abierta y que solo en caso de fuga o mantenimiento es cerrada; esta válvula cumple la función de aislar el gas contenido en los cilindros de la tubería del regulador y la válvula de llenado.



Figura 12. Válvula de llenado

El otro elemento del conjunto es una válvula tipo chek que permite el libre paso de gas hacia los cilindros en el momento del llenado, evita que el gas se devuelva por el 50 orificio de llenado, pero posteriormente permite que el gas fluya de los cilindros hasta el regulador.

Válvula manual para bloquear el pasaje de gas hacia el regulador. No necesita mantenimiento ni cambio de partes interiores.

f) **Regulador de Presión:** Es un dispositivo electromecánico construido básicamente en aleación de aluminio inyectado, que reduce la presión almacenada en los cilindros (3000 Psi) a 0.5 pulg de agua, esta reducción de presión es realizada en tres etapas; la primera reduce de 3000 Psi a 65 Psi, la segunda de 65 Psi a 3 Psi y la tercera de 3 Psi a 0.5 Pulg de agua. Viene provisto de una electro válvula de corte de gas en la segunda etapa; en el conector de entrada de gas se instala el manómetro de presión. El cual nos indica la presión existente en los cilindros, posee un circuito de agua caliente para evitar la condensación, enfriamiento o congelamiento del gas.

Es un dispositivo que permite bajar la presión, en etapas sucesivas hasta la presión de aspiración del motor.



Figura 13. Reductor de gas

g) **Mezclador:** Son construidos de aluminio y como su nombre lo indica, se encargan de proveer al motor de una mezcla de aire y gas en proporción volumétrica 10:1, manteniendo esta relación a los diferentes regímenes de potencia, revoluciones y aceleración de motor.



Figura 14. Mezclador

Permite realizar la mezcla entre el aire y el combustible, suministrado por el regulador, Se diseña especialmente para cada tipo de motor.

No todos los diseños de mezclador son perfectamente lineales, influyendo en gran medida en el desempeño con GNC (Baltazar, 2013, p. 60).

- h) Regulador de paso de gas :** Con este elemento se regula la máxima cantidad de flujo de gas que se requiere en el mezclador.



Figura 15. Regulador de paso de gas (TAGS, 2019)

- i) Manómetro:** Es un elemento electrónico mecánico que nos permite visualizar la presión contenida en los cilindros ya sea en unidad de medida bar o PSI. Este mismo elemento convierte la señal mecánica en señal electrónica, enviándola al indicador de nivel instalado en la cabina del vehículo; normalmente va ubicado en la entrada de GNV del regulador.



Figura 16. Manómetro

- j) Conmutador e indicador de nivel:** Es un dispositivo electrónico que nos permite seleccionar el tipo de combustible a utilizar, y al mismo tiempo nos indica la cantidad de GNV almacenada en los cilindros, mediante cuatro led verdes, cada uno equivale a 1/4 del tanqueo y uno rojo que nos indica reserva, igualmente a la derecha, se encuentra un led que estando en amarillo nos indica que se encuentra en GNV y estando en rojo nos indica que esta en gasolina. Ubicado muy cerca del panel de instrumentos para que pueda ser fácilmente alcanzado y visto por el conductor.



Figura 17. Conmutador

- k) Electroválvula de corte de gas:** Este conjunto cumple la misión de abrir y cerrar el reductor cuando el usuario lo disponga.

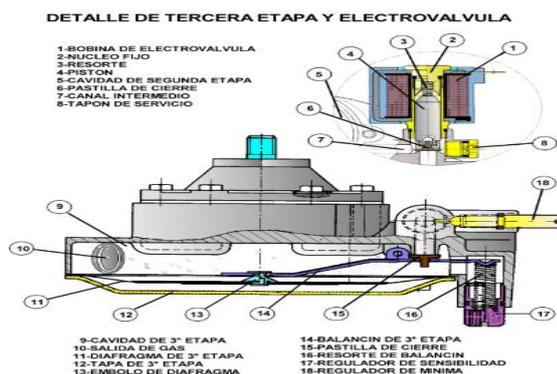


Figura 18. Electro válvula de corte de gas

Se compone de una bobina (1) que al recibir una tensión eléctrica de 12 VCC induce un campo magnético en el núcleo fijo (2) y en el pistón (4) produciendo por atracción magnética el desplazamiento del pistón y la pastilla de cierre (6)

descubre el orificio, estableciendo de esta manera el flujo de gas desde el canal intermedio (7) proveniente de la 2da etapa.

l) **Electro válvula de corte de Gasolina:** Es un elemento electromecánico que impide el paso de gasolina de la bomba al carburador cuando el motor opera con GNV y permite el paso de combustible líquido cuando el motor trabaja con gasolina. Este elemento es utilizado solo en vehículos carburados.

m) **Bolsa de accesorios:** accesorios para la instalación de los diferentes componentes el kit de conversión.



Figura 19. Accesorios

n) **Bolsa de venteo:** permite conducir posibles fugas de la válvula de cilindro hacia el exterior.

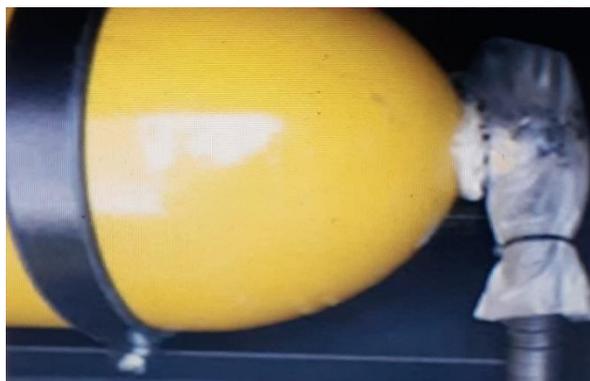


Figura 20. Bolsa de venteo

- o) **Chip inteligente:** dispositivo electrónico encargado de autorizar el llenado de tanque de gas.

3.4 Actividades

ETAPA 1: Planificación para el desarrollo del módulo de instrucción

Para ejecutar la construcción de módulo de instrucción en un vehículo Nissan Sunny con motor Otto E16, hemos tenido que realizar una planificación para luego determinar algunas consideraciones tales como:

- Plasmar nuestros conocimientos en Mecánica Automotriz para la elaboración del módulo.
- Aprobamos nuestra planificación sabiendo que cumplirá con nuestras expectativas.

ETAPA 2: Compra de materiales, compra del vehículo y demás componente.

- Se identificó y se compró el vehículo Nissan Sunny con motor a gasolina E16, en el cual se instalara el Kit de GNV de 3ra generación.
- Compra del Kit de GNV de 3ra generación, conforman los siguientes componentes:
- T de agua, abrazaderas, autoperforantes, conos de venteo, manguera de agua, anguera de gas, regulador de presión, electroválvula de corte de gasolina, válvula de llenado, válvula de tanque, cañería, tanque cilíndrico, reductor o gasificador, bi-conos, racor, conmutador, ramal eléctrico, porta fusible, bolsa de venteo.
- Materiales que se compró:
 - Compra de Kit de empaque de motor
 - Compra de Juego de válvulas.
 - Compra de Aceite para motor
 - Compra de Silicona automotriz.
 - Compra de Manguera para agua caliente.
 - Compra de Filtro de aceite.
 - Compra de Filtro de aire.
 - Compra de Pintura en aerosol.
- Compra de una fuente de alimentación (Batería de 12V) para proporcionar la energía eléctrica a los diferentes sistemas del vehículo.

- Compra de Electroválvula de corte de gasolina que cortara el paso de la gasolina para que permita el paso del gas.
- Compra de Gasolina de 90 octanos.
- Compra de Cuna para el tanque cilíndrico de GNV.
- Adquisición de herramientas de trabajo tales como, llaves mixtas, dados de $\frac{1}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ ", $\frac{1}{2}$ ", raches de $\frac{1}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ ", $\frac{1}{2}$ ", destornilladores punta estrella y punta plana, torquímetro, extensiones de dados, flexómetro, alicates, cautín, estaño, corta cañería, multítester digital, brocas.

ETAPA 3: Proceso de desmontaje y montaje, reparación del motor.

- Drenar el líquido refrigerante que se encuentra almacenado dentro del radiador.
- Desconectar las mangueras de ingreso y salida de refrigerante que están unidas a unos tubos de la culata que son ajustadas por unas abrazaderas.
- Drenar el aceite del cárter del motor.
- Desconectar la manguera de entrada de combustible hacia el carburador.
- Retirar el carburador que está sujeta al múltiple de admisión por medio de cuatro tuercas.
- Desmontar el múltiple de admisión que esta atornillado por unas tuercas a la culata.
- Desmontar el múltiple de escape y tubo de salida de gases.
- Desconectar el sistema eléctrico del arrancador y del alternador y del sistema de encendido.
- Desconectar soportes del motor.
- Retirar pernos de la campana de la caja de cambios que unen al motor con la transmisión.
- Con la ayuda de un teclé pluma y la ayuda de una cadena se pasó a retirar el motor del vehículo y poner en una mesa de trabajo.
- Retirar la tapa de balancines y desarmar los balancines.
- Aflojar los reguladores de balancines.
- Retirar el tren de balancines y pernos de fijación.
- Aflojar los pernos de ajuste de la culata en sentido correcto desde los extremos al centro o también en forma de X o en espiral.
- Retirar los pernos y levantando suavemente la culata, sin ocasionar ralladuras en la cara de la culata.

- Retirar la empaquetadura que hermetiza a la culata y el monoblock, luego cubrir el monoblock con una tela limpia para evitar el ingreso de partículas o generación de corrosión que dañen a los cilindros.
- Aflojar con dado de 10 mm. todos los pernos que sujetan al cárter.
- Retirar el cárter.
- Desmontar el colador de aceite y bomba de aceite.
- Desajustar con dado de 14 mm. las tuercas de los espárragos de la cabeza de biela.
- Desmontar la tapa de biela y revisar el estado del cojinete.
- Empujar el conjunto de biela y pistón para extraerlo por la parte superior del bloque, evitando las ralladuras de los cilindros y los muñones del cigüeñal.
- Realizar los trabajos y comprobaciones en la culata.
- Retirar los seguros que sujetan al platillo de sujeción del resorte en las válvulas con un compresor de resortes.
- Extraemos los retenes de válvulas.
- Extraer las válvulas.
- Limpiar la culata utilizando una escobilla de metal, gasolina y petróleo para quitar los residuos de gomalaca o carbonilla.
- Verificar la planitud de la culata con una regla de pelo y una lámina calibrada.
- Verificar las válvulas, guías de válvulas y retenes.
- Reemplazar válvulas y retenes por otros nuevos.
- Rectificar las válvulas, para que asiente bien y cumpla su función.
- Asentar las válvulas usando carborundum en pasta.
- Comprobar que tengan un sello hermético con el azul de prusia, una vez terminado limpiamos los residuos.
- Colocar las válvulas limpias y lubricadas en sus respectivas guías.
- Instalar los resortes de las válvulas, con la parte más juntas hacia la base de la culata.
- Instalar los retenes de aceite y los platillos de válvula.
- Colocar los seguros de las válvulas, comprimiendo los resortes con el compresor.
- Cambiar la junta de empaque por nuevo.
- Evitar dañar o romper los resortes con el compresor, asegúrese que los seguros estén bien puestos dándoles un pequeño golpe.
- Realizar la prueba de desplazamiento axial del cigüeñal utilizando el reloj comparador.
- Desmontar el cigüeñal de acuerdo a las normas.
- Untar azul de Prusia para realizar la prueba de contacto del cigüeñal con sus cojinetes.

- Comprobar la luz de aceite utilizando plastigage.
- Comprobar la alineación del cigüeñal, utilizado prisma y reloj comparador.

Nota: El cigüeñal se encontraba en buenas condiciones solo que debimos cambiar sus cojinetes.

- Verificar los cilindros del motor.
- Con un alexómetro se realizó la medida del diámetro de cada cilindro y se comprobó que tenía un desgaste de 0.004 " en promedio para todos los cilindros.
- Repotenciar el motor es posible solo cambiando anillos.
- Cambiar anillos al primer súper.
- Bruñir los cilindros antes de presentar los anillos para el corte.

Nota: El diámetro del cilindro de un motor Nissan E16 en estándar es de 3 " y al realizar las medidas de comprobación se encontró que tenía 3.004 ".

- Verificar las bielas, pistones y segmentos.
- Comprobar la tolerancia de los segmentos en el la ranura del pistón, utilizando un calibrador de láminas, repetimos el procedimiento en los cuatro pistones.
- Comprobar la luz de los segmentos nuevos en el cilindro, evitando romper al momento de introducirlo y retirarlo.
- Cortar los anillos a fin de adecuarlos a la medida del cilindro.
- Lavar el monoblock tanto los conductos de refrigeración, lubricación y los cilindros para empezar con el armado.
- Lubricar las bancadas y cada muñón del cigüeñal.
- Centrar con cuidado al muñón del cigüeñal, colocamos las tapas y ajustamos con un torquímetro a 45 libras, repetimos el mismo procedimiento para las 5 bancadas.
- Girar el cigüeñal para verificar el giro libre y no quede ajustado con los nuevos cojinetes que hemos remplazado.
- Colocar los segmentos en los pistones.
- Untar aceite la pared de cada cilindro.
- Verificar el punto de referencia de la cabeza del pistón que este en dirección a la parte delantera del motor.

- Con la ayuda de un compresor de segmentos, montar los pistones dentro del cilindro previamente lubricados.
- Golpear suavemente en la cabeza del pistón para introducir lo en el cilindro.
- Hacer la prueba de resistencia de desplazamiento del pistón utilizando un dinamómetro de tensión.
- Guiar la entrada de la biela para evitar que su perno haga contacto con el muñan del cigüeñal.
- Colocar la tapa de biela y ajustamos con un torque a 30 libras, repetimos el mismo procedimiento en las cuatro bielas.
- Colocar el colador y la bomba de aceite con su respectiva junta.
- Colocar el Carter, con su junta nueva y ajustamos con sus tornillos de fijación.
- Untar el empaque de culata con goma laca de manera uniforme por ambas caras, para su instalación y una buena hermetización.
- Colocar el empaque al monoblock colocamos la culata.
- Montar la culata.
- Colocar los pernos de fijación, previamente engrasados.
- Instalar la culata para alinear y posteriormente ajustar los pernos.
- Aproximar los pernos con la llave ratchet para posteriormente ajustar con el torquímetro.
- Ajustar los pernos de la culata en tres fases, graduar el torquímetro a 60, 70,75 libras
- Instalar las varillas y los balancines, a un torque adecuado.
- Regular la holgura de las válvulas 0.6 mm de admisión y 0.8 mm de Escape.
- Montar el múltiple de admisión y de escape en cada cara de la culata.
- Suministrar aceite al motor para darle el arranque de prueba.
- Montar la caja de cambios.
- Montar el motor de arranque.
- Realizar las instalaciones eléctricas.
- Colocar las bujías.
- Verificar si gotea aceite por alguna junta o reten del motor.
- Instalar la pluma para levantar el motor.
- Ubicar con mucho cuidado el motor en sus respectivas bases o soportes.
- Montar el motor en el vehículo.
- Con dado de 17 mm ajustar la tuerca de sujeción del motor en su respectivo soporte.
- Instalar la batería.

- Realizar la instalación del sistema eléctrico.
- Instalar las tuberías de refrigeración y otros elementos externos del motor.
- Encender el motor.
- Dejar que el motor funcione en vacío para que caliente y se pueda medir la compresión para ver si está o no dentro de los parámetros especificados para proceder a la instalación del sistema de alimentación de GNV.
- Nota: El motor encendió sin ninguna dificultad.

ETAPA 4: Instalación del sistema de alimentación de GNV 3ra generación, verificación y pruebas.

- Ubicar un lugar apropiado en el vehículo para instalar el depósito de GNV, una zona segura y no presente obstáculos, se decidió en la maletera.
- Adecuar las abrazaderas también llamada cuneta.
- Taladrar el piso de la maletera del vehículo.
- Fijar la cuneta en la maletera del automóvil.



Figura 21. Fijando la cuneta

- Instalar la válvula de cierre.



Figura 22. Instalando válvula de cierre

- Estirar la cañería de suministro.
- Instalar la cañería fijando con abrazaderas en el chasis y en partes fijas para evitar que vibre la cañería y se rompa.
- Realizar la rola de la cañería al cual en el argot mecánico se conoce como cola de chanco, y esta rola se encarga de absorber las vibraciones del vehículo y evita que se rompa en la zona de los racores.



Figura 23. Rolado de la cañería

- Conectar el racor de toma a la válvula y ajustarlo utilizando una llave de boca de 14 mm.
- Instalar en una zona fija del habitáculo del motor la válvula de suministro o llenado de gas.



Figura 24. Instalando la válvula de suministro



Figura 25. Válvula de suministro instalado

- Realizar la rola de la cañería para instalarlo a la válvula de llenado.



Figura 26. Rola para la válvula de suministro

- Instalar la cañería de suministro y llenado utilizando una llave de 14 mm. cabe señalar que por esta válvula se llena el gas que proviene del surtidor del grifo por lo que en ese momento la cañería actúa como elemento de llenado y posteriormente actúa como cañería de suministro al reductor de presión.



Figura 27. Rola para el reductor de presión

- Hacer otra rola para conectar la válvula de llenado con el reductor de presión.
- Hacer una base metálica para montar el reductor de presión en este caso se hizo de una platina de $\frac{1}{4}$ " por $1 \frac{1}{2}$ " y se dobla en L.
- Utilizar un taladro y una broca de $\frac{1}{4}$ " para hacerle el agujero a la base del reductor.
- Perforar la carrocería con la misma broca.
- Instalar la base del reductor y ajustarlo en la carrocería para evitar que una vez montado el reductor tenga vibraciones.
- Montar el reductor de presión en su base, cabe señalar que el reductor de presión tiene una posición definida de montaje, debe estar montado de manera vertical al vehículo y no horizontal ya que al desplazarse el vehículo no permite que el diafragma se habrá bien y ello origine que haya irregularidades en el suministro de gas.
- Fijar el reductor de presión en su base utilizando una llave mixta de 19 mm.
- Instalar la rola preparada que viene desde la válvula de suministro hacia el regulador de presión.



Figura 28. Rola instalada

- Instalar el manómetro de presión de gas.



Figura 29. Instalando manómetro

- Desmontar el porta filtro.
- Cortar la cañería respetando la medida de la distancia que hay desde el reductor hasta el mezclador que debe ir ubicado en la boca del carburador.
- Ubicar dos abrazaderas de la medida de la cañería de suministro.
- Conectar la cañería de suministro al mezclador.
- Ajustar la abrazadera utilizando un destornillador plano.
- Presentar el mezclador en a base del porta filtro de oxígeno para ver si hay alguna imperfección en el acople a pesar de haber comprado el kit para la correspondiente marca de motor.



Figura 30. Presentando mezclador

- Montar el mezclador en el carburador.
- Ajustar el extremo de la cañería que va hacia el reductor.
- Realizar un corte a la cañería de retorno del agua caliente que sale del motor hacia el radiador.

- Instalar la cañería hacia la entrada del reductor, esta agua caliente es para evitar que el gas se congele por la caída brusca de presión que se realiza en las diferentes etapas del reductor.
- Conectar las cañerías de calefacción del reductor y ajustar sus abrazaderas.
- Ubicar el lugar donde irá colocado el conmutador de gas a gasolina.
- Marcar el lugar de corte.
- Cortar un pequeño agujero en la cabina del vehículo para colocar el conmutador.



Figura 31. Cortando para colocar conmutador

- Con una Lima alinear las rebabas que quedan del corte.
- Centrar bien la medida
- Presentar el conmutador.



Figura 32. Presentando conmutador

- Realizar la instalación eléctrica desde el conmutador hacia la electroválvula de gas cable verde.

- Realizar la instalación eléctrica desde el conmutador hacia la electroválvula de gasolina cable blanco.
- Realizar la instalación eléctrica desde el conmutador hacia la chapa de contacto en la posición de IGG. debajo del timón, cable marrón (rojo).
- Realizar la instalación eléctrica desde el conmutador hacia el negativo de la bobina cable plomo, esto es para sacar el pulso.
- Realizar la instalación eléctrica desde el conmutador hacia el sensor de nivel de gas y se ubica en el reductor.
- Realizar la instalación eléctrica desde el conmutador hacia el negativo de la batería, cable negro.



Figura 33. Instalando circuito eléctrico de GNV

- Encender el motor en modo gasolina hasta que el agua alcance una temperatura de 80°C.
- Verificar si hay fuga de agua por algún conector.
- Aislar bien los conductores y ajustarlos para que no se vean sueltos.
- Cambiar a modo de gas.
- Regular el suministro de gas en alta y baja.
- Acelerar el motor y bajar su aceleración, el motor funciona correctamente.
- Verificación visual de todo el kit de 3ra generación, abrazaderas si están ajustadas, el cableado del sistema de gas.
- Pruebas del sistema eléctrico:
- Se verifica el sistema eléctrico con el multímetro digital para ver si le llega la alimentación de energía al conmutador, se visualiza que toda la instalación eléctrica está correctamente instalado.
- Pruebas de fugas:

- Se verifica con un rociador (compuesto de detergente y agua), para ver si se encuentra con posible fugas de gas, en la entrada de la válvula de llenado asía el tanque y en la entrada asía el reductor, se verifica que no hay fugas.
- Finalmente el modulo esta en óptimas condiciones.

Tabla 6

Materiales para el desarrollo del módulo de instrucción

Cantidad	Materiales
1	Kit de instalación GNV de 3ra generación
1	Cuna para el tanque GNV
1	Tanque de GNV
1	Juego de válvulas
1	Batería de 12V
4	Pintura en aerosol
1	Electroválvula de corte de gasolina
1	Filtros de aceite y aire
3 galones	Gasolina de 90 octanos
1	Silicona automotriz
1 metro	Manguera para agua caliente.
1 galón	Aceite para motor
1	Kit de empaque de motor

Tabla 7

Herramientas utilizadas para el desarrollo del módulo de instrucción

Cantidad	Herramienta	Medida
1	Llave mixta –Dado	N° 10 mm
1	Llave mixta – Dado	N° 12 mm
1	Llave mixta – Dado	N° 14 mm
1	Llave mixta – Dado	N° 17 mm
1	Llave mixta – Dado	N° 19 mm
1	Destornillador plano	N° 10 mm
1	Palanca con encaste	½ "
1	Ratchet con encaste para dado de	½ "

Tabla 8

Equipos y máquinas utilizados para la construcción de la estructura del módulo.

Cantidad	Equipos
1	Tornillo de banco
1	Taladro de mano
1	Compresora
1	Lima de granete fino

ETAPA 5: Circuito Eléctrico

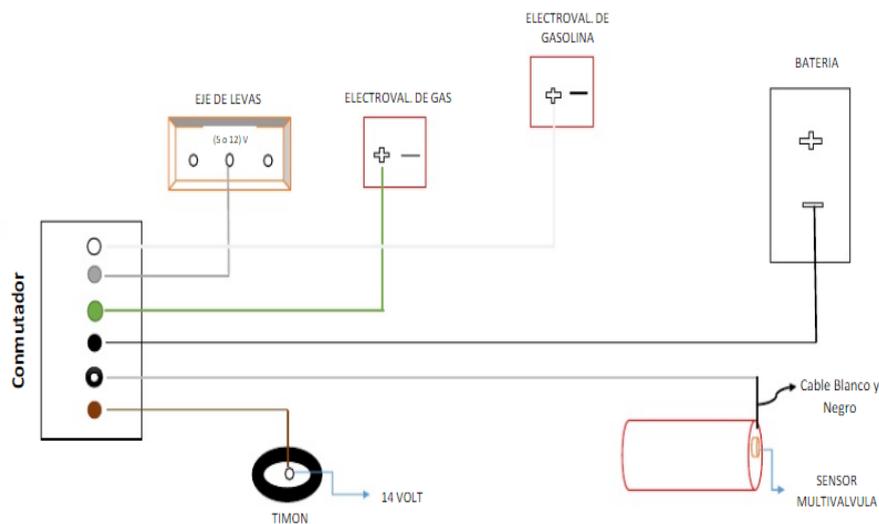


Figura 34. Circuito eléctrico de GNV (Salazar, 2016)

3.5 Limitaciones

- Depósito de GNV muy caro, su costo rebasó nuestro presupuesto.
- Dificultad el cortado de la consola para instalar el conmutador por la incomodidad que se genera al ser inaccesible el lugar donde se instala.
- Falta de herramientas para la construcción de modulo por motivos de la coyuntura del Covid-19
- Falta de un asesor presencial para realizar la instalación del equipo GNV.
- Falta de manuales de instalación, tuvimos que recurrir a los talleres de conversión.
- Rotura de la manguera de agua que retorna al radiador, estaba reseca por el tiempo de uso.
- Dificultades para reunirnos como grupo por motivos de Covid-19 y por motivos laborales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

RESULTADOS

El motor adaptado a GNV funciona adecuadamente ya que se aplicó todas las pruebas técnicas que se realizan en los talleres donde se hacen este tipo de trabajos técnicos aprendidos durante las prácticas pre profesionales realizadas en centros de conversión de motores.

La carrera profesional de Mecánica Automotriz de esta casa superior de estudios, que a partir de la concretización de este trabajo, cuenta con un módulo de instrucción que le ayude desarrollar la unidad didáctica que corresponde al tema y el beneficio que dicho módulo instructivo ha de causar, mejorando de manera significativa el aprendizaje de los estudiantes del V semestre del IESTPFFAA, asimismo será de mucha utilidad ya que los estudiantes tendrán un módulo para su aprendizaje empírico.

Al ejecutar el proyecto propuesto hemos obtenido los resultados esperados por que se ha cumplido de manera estricta el proyecto, iniciando con la compra del vehículo, reparación del motor, instalación del sistema de alimentación de GNV, las pruebas y la optimización del sistema y buen funcionamiento del motor.

Se logró concluir de manera satisfactoria la ejecución del trabajo de aplicación profesional y con seguridad será de mucha utilidad para los estudiantes y docentes de esta carrera profesional ya que tendrán en esta oportunidad un material adecuados para que los estudiantes puedan visualizar con facilidad las partes que desean estudiar y aprender la adaptación de GNV a un motor gasolinero.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- a) La falta de un módulo de instrucción de un motor Otto adaptado a GNV influye negativamente en el aprendizaje del estudiante, ya que solo recibe enseñanza teórica que debe ser asociado también con las clases prácticas ya aprender de manera significativa.
- b) La conclusión de este proyecto se considera un éxito, porque se ha logrado instalar todos los componentes de manera apropiada y se ha realizado asimismo todas las pruebas que se realiza durante el funcionamiento del motor.
- c) El gas natural vehicular es un recurso energético que el país produce, es menos contaminante y contribuye a la reducción del efecto invernadero, asimismo, contribuye a la seguridad energética del país.
- d) Los vehículos de servicio de taxi que usan gasolina son los más factibles de usar gas natural, debido a que el costo de conversión del vehículo no es muy alto y dicha inversión se recupera pronto mientras más kilómetros se recorran diariamente.
- e) La estimación del crecimiento de los vehículos convertidos a GNV al 2020 es lineal y constante de acuerdo al análisis realizado, y a finales del 2020 habrán 384,362 unidades circulando a GNV, lo que representa el 50% de los vehículos particulares al 2009.

RECOMENDACIONES

- a) Para manipulación del módulo, se debe tener en cuenta los EEPP.
- b) El módulo se puede utilizar tanto para clases teóricas, como las clases prácticas.
- c) Los operadores del módulo instructivo deberán tener mucho cuidado con las poleas, la faja del motor y el ventilador eléctrico que gira a gran velocidad, no acercar la mano por que podría sufrir un grave corte.
- d) Tener bastante cuidado con la fuga de gas, aunque este gas es más liviano que el aire y se difumina con rapidez podría acumularse en espacios cerrados y causar explosión, por ello las prácticas deben realizarse en un espacio muy bien ventilado.
- e) Revisar periódicamente las conexiones eléctricas del motor.
- f) Tener mucho cuidado con el sistema eléctrico y verificar que no existan cruces ni cables pelados, esto puede producir un corto circuito y generar un incendio del módulo.
- g) Al momento de conectar la batería, deberá tener en cuenta los polos positivo y negativo, para no errar en la conexión, esto puede producir el mal funcionamiento de los elementos eléctricos o cruce de componentes.
- h) Encender el motor en modo gasolina.
- i) Use la llave de contacto para darle el encendido al motor.
- j) Debe comprarse la manguera de transferencia por que se comprará gas en un vehículo operativo y debe transferirse al módulo instructivo.

REFERENCIAS

Alvarez y Jaramillo. (2016). *Eficiencia y rendimiento del combustible gas natural comprimido (GNC) en un motor a inyección didáctico* [Tesis de pregrado en Ingeniería de Mecánica Automotriz, Universidad del Azuay]. Archivo digital. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6266>

Arévalo, R. (2008). *Liderazgo de América Latina en Gas Natural Vehicular*, Editorial del Colegio de Ingenieros del Perú.

Baltazar, T. (2013,). *Kit de adaptación de GNV para motores gasolineros carburados*. Editorial Gaucho

Booblik. (2019, 14 de junio). *CH₄-molécula de metano. Modelizado del modelo 3D aislado en blanco*. ISTOCK. <https://www.istockphoto.com/es/foto/ch4-mol%C3%A9cula-de-metano-modelizado-del-modelo-3d-aislado-en-blanco-gm1155556076-314626927>

Coronad, O. (2017). *Conversión de un motor de combustión interna marca HYUNDAI modelo G4FACU de gasolina a GNV*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. Archivo digital. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/4215>

Domus. (2016, 5 de abril). *El gas de camisea*. MINAGRI. <https://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/45-sector-agrario/recurso-energetico/341-el-gas-de-camisea>

Flores-Meneses, O. F. (2017). Medición de emisiones vehiculares y de desempeño de potencia de un motor dedicado a gasolina convertido a gas natural vehicular. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(1), 39-50.

IngenieriaPetroleo.com. (2013, 23 de marzo). *Características del Gas Natural Vehicular*. Petroblogger.com. <http://www.ingenieriadepetroleo.com/caracteristicas-del-gas-natural-vehicular/>

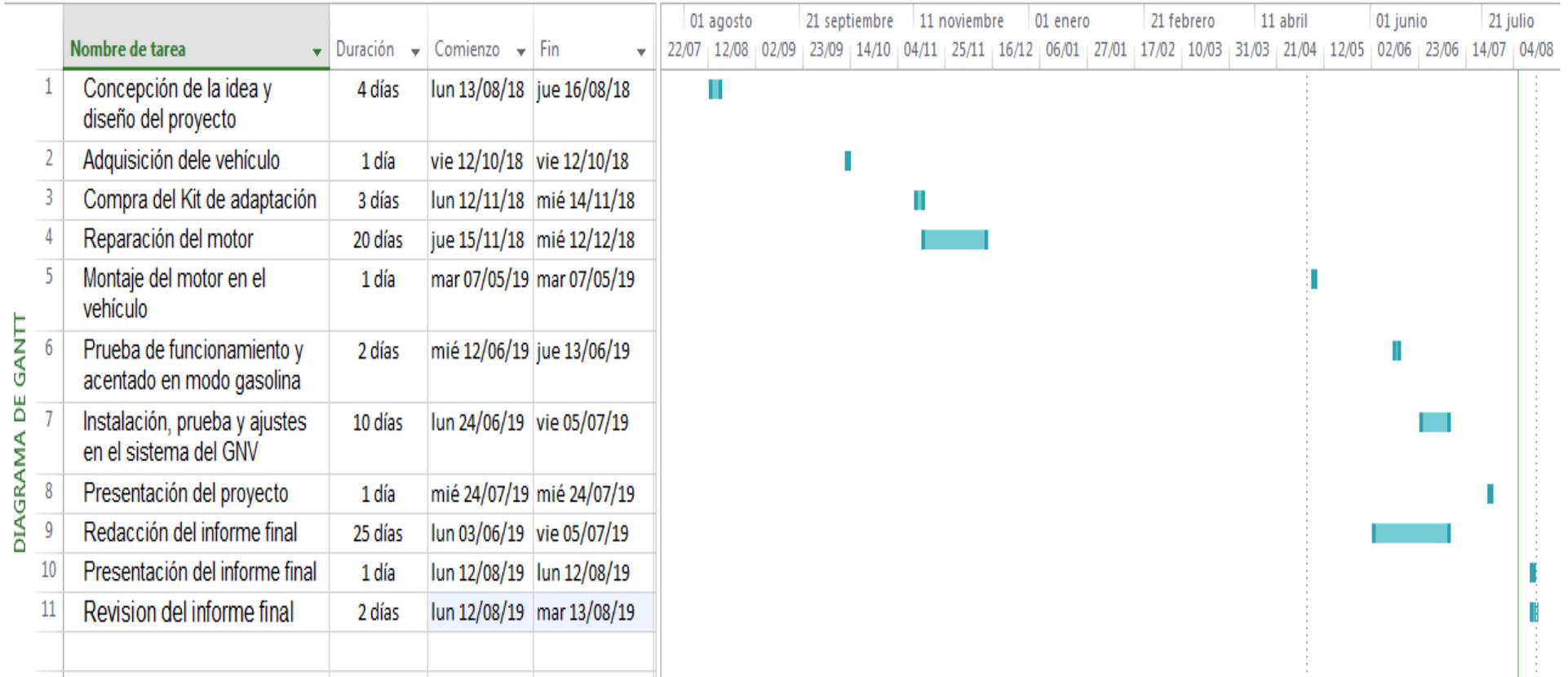
- López, L. A., y Tapia, C. A. (2018). *Evaluación del efecto causado por la oxigenación de la mezcla aire-combustible en las prestaciones de un motor ciclo otto convertido a gas natural en la ciudad de montería*. [Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba]. Archivo digital.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/656>
- Mávila y Domus. (2016, 5 de abril). *El gas de camisea*. MINAGRI.
<https://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/45-sector-agrario/recurso-energetico/341-el-gas-de-camisea>
- MINAGRI. (2016, 5 de abril). *El gas de camisea*. MINAGRI.
<https://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/45-sector-agrario/recurso-energetico/341-el-gas-de-camisea>
- Nissan. (1985). *Manual de reparaciones del Nissan E16*, Editora de Nissan: Japón
- OSINERG. (2016). *Composición del Gas Natural de Camisea*. Ediciones OSINERG.
- Peña, E. (2009). *El mercado de carbono*. Editorial de la Cámara de Comercio Colombiana Americana.
- Ravital. (s.f). *60 por ciento de descuento en un montón de monedas de oro aisladas sobre fondo blanco*.123R.F. https://es.123rf.com/photo_55437875_60-por-ciento-de-descuento-en-un-mont%C3%B3n-de-monedas-de-oro-aisladas-sobre-fondo-blanco.html
- Rodríguez, K. (2012). *Instalación del GNV de tercera generación a motores Otto en Lima*, Editorial UNI.
- Salazar. (2016, 20 de marzo). *Conexión eléctrica*.
 BRCA
https://www.academia.edu/13395919/CONEXI%C3%93N_EL%C3%89CTRICA_BRC

TAGS (2019, 19 de enero). Regulagem alta simples mangueira de ar 3ª geração 2ª geração 1ª geração. <https://www.troiagas.com.br/regulagem-simples>

Travis. (2014, 28 de noviembre). *Conversión de motores a GNC*. <https://www.slideserve.com/kellie-travis/conversion-de-motores-a-gnc>

APÉNDICES

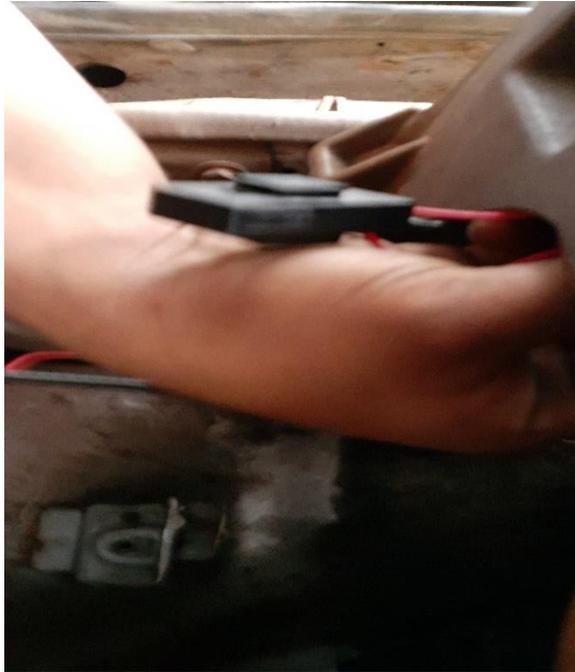
Apéndice A. Cronograma de Actividades



Apéndice B. Cronograma de Presupuesto

Descripción	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Total S/.
Vehículo Nissan Sunny	1	1200.00	1200.00
Kit de GNV	1	2100.00	2100.00
Cinta aislante	3	3.50	10.50
Pasaje	6	10	60
Gasolina	4 gal	15.00	60.00
Combustible alternativo (GNV)	3gal	1.55	13.95
Tanque de GNV	1	800	800
Juego de válvulas	1	80	80
Batería de 12V	1	240	240
Pintura en aerosol	4	2.5	10
Electroválvula de corte de gasolina	1	35	35
Filtro de aceite	1	15	15
Filtro de aire	1	35	35
Silicona automotriz	2	8	16
Manguera para agua caliente.	1 metro	35	35
Kit de empaque de motor	1	125	125
Cuna para el tanque GNV	1	50	50
TOTAL			S/4885.45

Apéndice C. Fotos



Instalación eléctrica del conmutador



Instalación del conmutador

Conmutador colocado



Instalando manguera



Instalando toma de carga de gas



Apéndice D. Esquemas

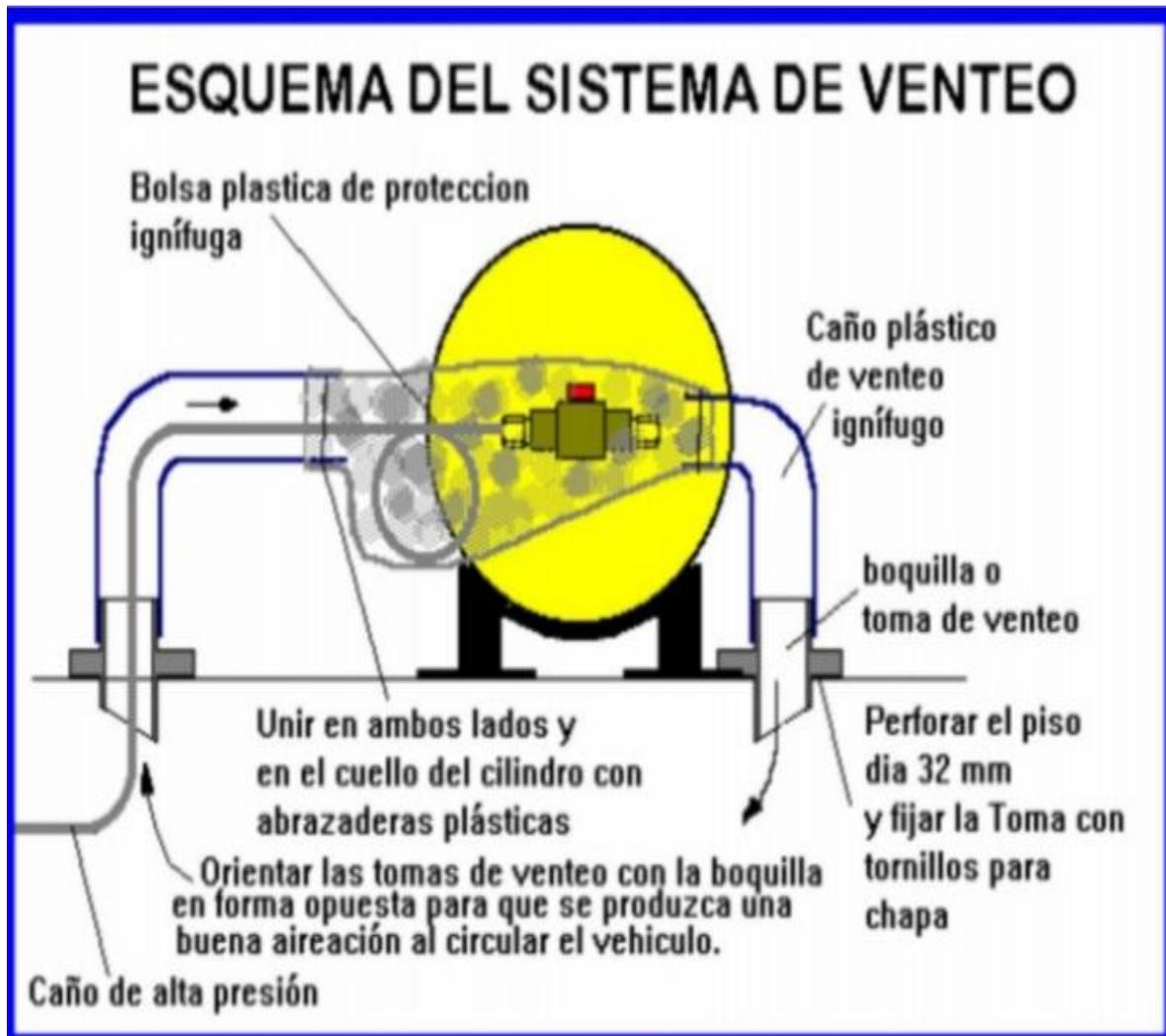


DIAGRAMA ELECTRICO

CONMUTADOR 3ERA CARBURADO

- **CABLE AZUL:** conectado al positivo electroválvula de gas
- **CABLE VERDE:** se anula
- **CABLE AMARILLO:** conectado al positivo electroválvula de gasolina
- **CABLE ROJO:** conectado a chapa de 14 voltios del timón
- **CABLE MARRON:** pulso conectado a negativo de bobina o al eje de levas de (5 o 12) voltios.
- **CABLE BLANCO:** se empalma con cable blanco y negro del sensor de nivel del tanque de gas
- **CABLE NEGRO:** se coloca al negativo de la batería del auto

