

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

INSTALACIÓN DE UNA CELDA ELECTROLÍTICA GENERADORA
DE HIDRÓGENO EN UN VEHÍCULO CON MOTOR DE
COMBUSTIÓN INTERNA A GASOLINA MARCA FORD MODELO
ECOSPORT FREESTYLE 2.0L PARA MEJORAR SU EFICIENCIA

AUTOR: CHAMORRO RICHARD

TUTOR: ING. PABLO ESPINEL

LATACUNGA - 2017



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

Planteamiento del problema

-  El crecimiento del parque automotor
-  El constante consumo de energías no renovables
-  *Aumento de la emisión de gases contaminantes elevando el efecto invernadero*
-  La falta de atención a los combustibles alternativos
-  El agotamiento de las reservas de petróleo
-  *Incrementando de los precios afectando gravemente la economía.*



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS



Objetivo General



Instalar una celda electrolítica generadora de hidrógeno en un vehículo con motor de combustión interna a gasolina marca Ford modelo ECOSPORT FREESTYLE 2.0L mediante la aplicación de nuevas tecnologías alternativas de energías renovables.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

Objetivos Específicos

-  Realizar una investigación bibliográfica acerca de las celdas electrolíticas usadas en la generación de hidrógeno para uso automotriz.
-  Analizar el proceso de montaje y adaptación de la celda electrolítica generadora de hidrógeno en un vehículo con motor de combustión interna a gasolina.
-  Valorar los indicadores de eficiencia de la celda electrolítica generadora de hidrógeno en un vehículo con motor de combustión interna a gasolina.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

Alcance

Con la instalación del generador se propone:

- ✂ Conocer la aplicación de nuevas alternativas energéticas.
- ✂ Comprender los métodos de obtención del hidrógeno.
- ✂ Elaboración y carga del electrolito.
- ✂ Mejorar la eficiencia del vehículo con el mínimo de modificaciones.
- ✂ Aumentar los rangos de torque y potencia.
- ✂ Disminuir la emisión de gases contaminantes.
- ✂ Reducir el consumo de combustible.
- ✂ Reducir gastos por la compra de combustible.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

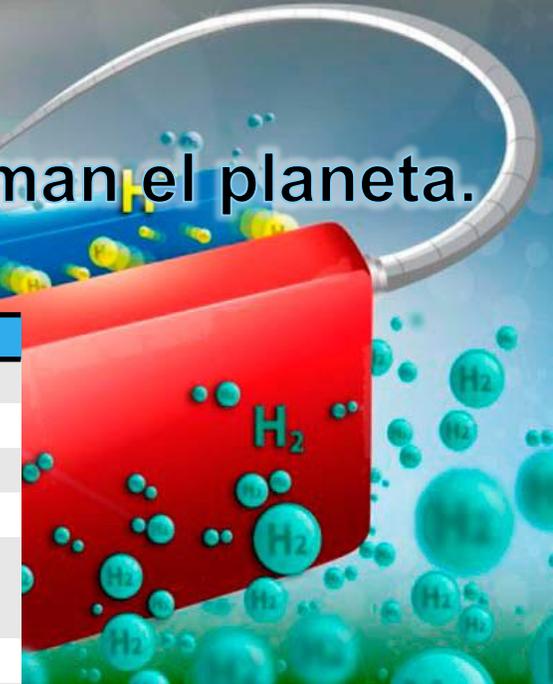


UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

El Hidrógeno

Uno de los recursos más abundantes que conforman el planeta.
El hidrógeno se postula como vector energético.

ORDEN	CARACTERÍSTICA	EQUIVALENCIA
1	Peso Molecular	2.016 g/mol
2	Peso Atómico	1.008 g/mol
3	Número Atómico	1
4	Valencias	+1, -1
5	Densidad	0.0695 kg/m ³ (gas) 0.070 g/cm ³ (liquido)
6	Punto de Fusión	-259.2°C (13.95°K)
7	Punto de Ebullición	-252.7°C (20.45°K)
8	Calor Específico	3.388 kcal/kg°C (14047.6 J/kg°C)
9	Isótopos	¹ ₁ H hidrógeno estable ² ₁ H deuterio ³ ₁ H tritio
10	Configuración Electrónica	1s ¹
11	Electronegatividad	2,1





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

El hidrógeno como combustible

Propiedad	Unidad	H ₂	Metano	Propano	Gasolina
Límite de inflamabilidad en aire	%	4-75	5.3-15	2.1-10.4	1.4-7.6
Temperatura de combustión	°C	2318	2148	2385	2470
Mínima energía de encendido	MJ	0.02	0.29	0.305	0.24
Rango de detonación	%	18-59	6.3-13.5	3.4-35	1.1-3.3
Difusividad	cm ² /s	0.61	0.16	0.1	0.05
Velocidad de combustión en aire	cm/s	346	37-45	43-52	37-43
Valor calorífico bajo	kw-h/l	0.003	8.9	0.026	8.8
	kw-h/kg	33.48	13.1	13.6	12.1
Densidad	g/l	0.0899	0.718	1.88	4.4
Octanaje	octanos	130	125	105	87



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



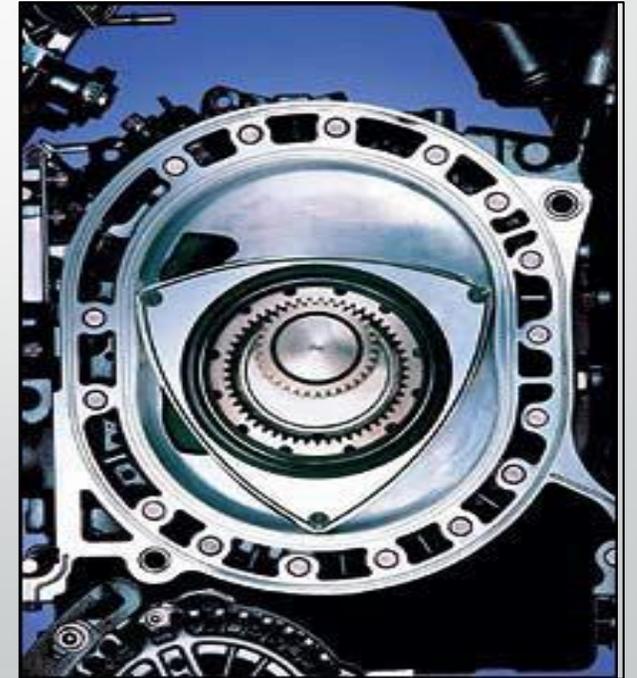
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS Combustión del hidrógeno



Motor RS-84



Motor de 4 tiempos



Motor Wankel



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

Beneficios al motor



En la compresión refrigera la mezcla



Hace que la llama se extienda rápidamente



Aumenta la potencia del motor



Disminuye la contaminación del aceite o lubricante



Aumenta la vida útil del motor



98% de combustible se quema en la cámara



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

Beneficios al medio ambiente

-  De la combustión el producto es energía, vapor y calor
-  Reducen emisiones de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre
-  El generador no emite ruidos



ESPE

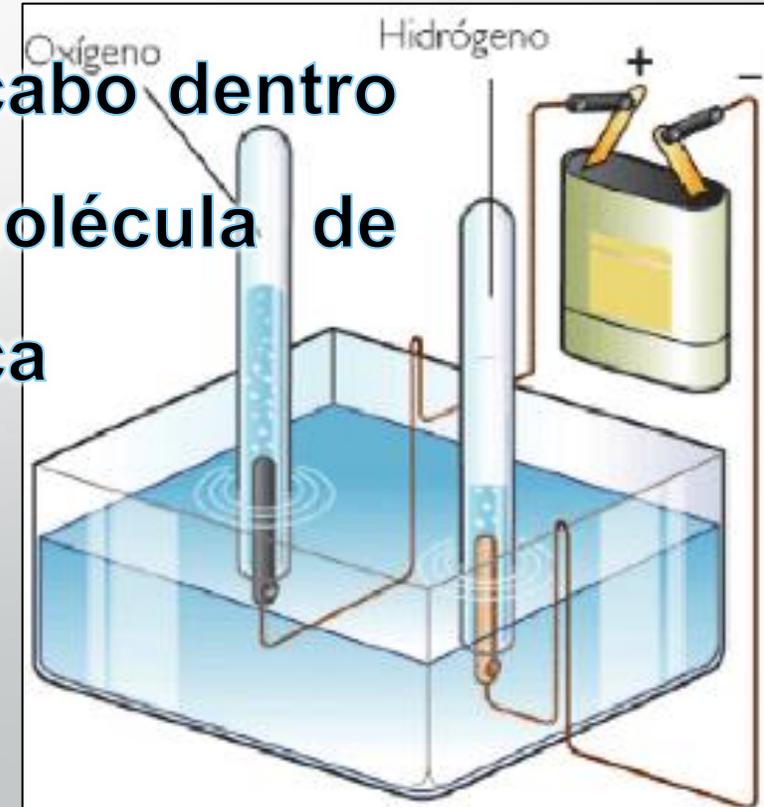
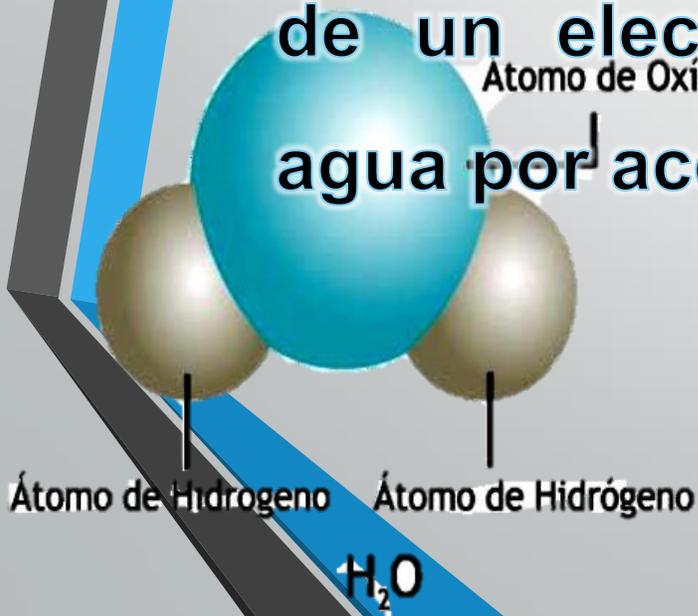
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS



Electrólisis

Proceso electroquímico que se lleva a cabo dentro de un electrolizador, rompiendo la molécula de agua por acción de una corriente eléctrica





ESPE

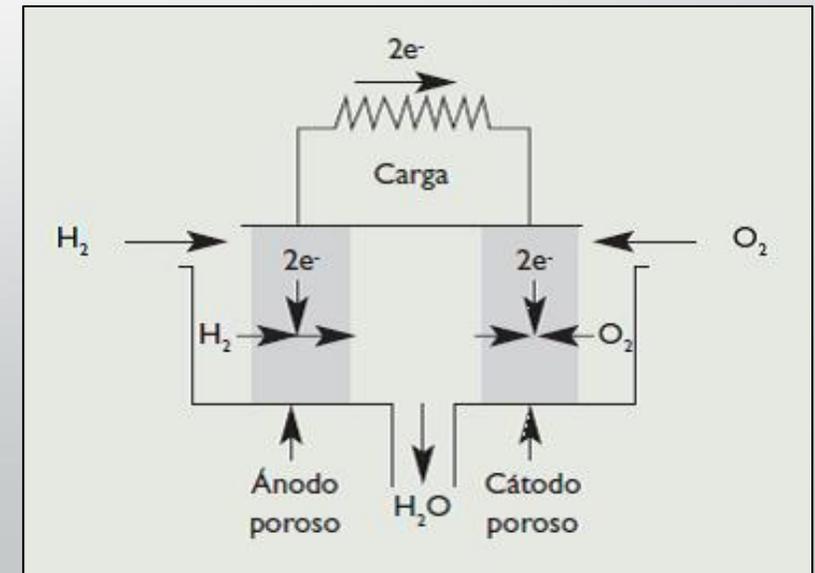
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

Celda de combustible

Utilizada en una amplia variedad de productos





ESPE

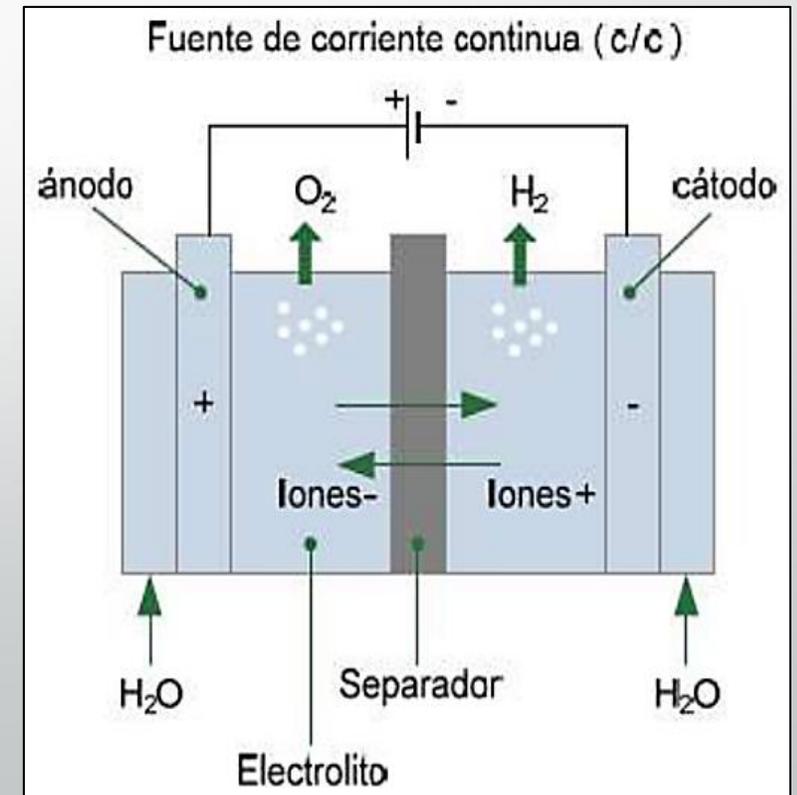
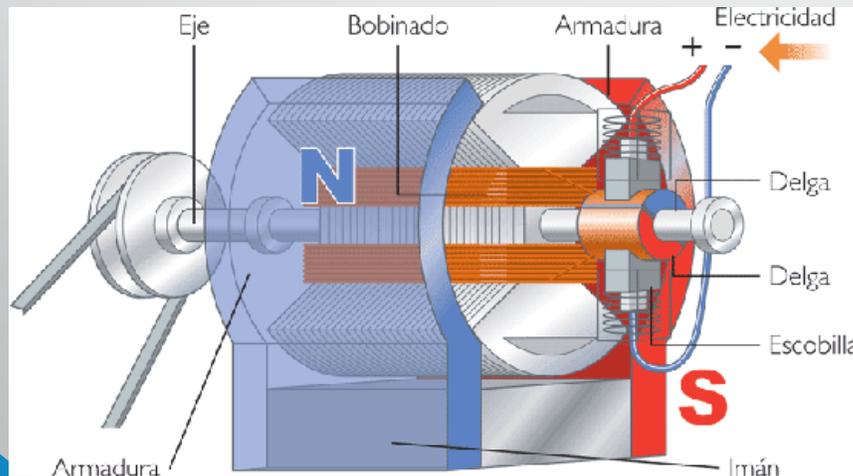
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

Celda generadora de hidrógeno

La celda generadora de hidrógeno es prácticamente igual a una celda de combustible





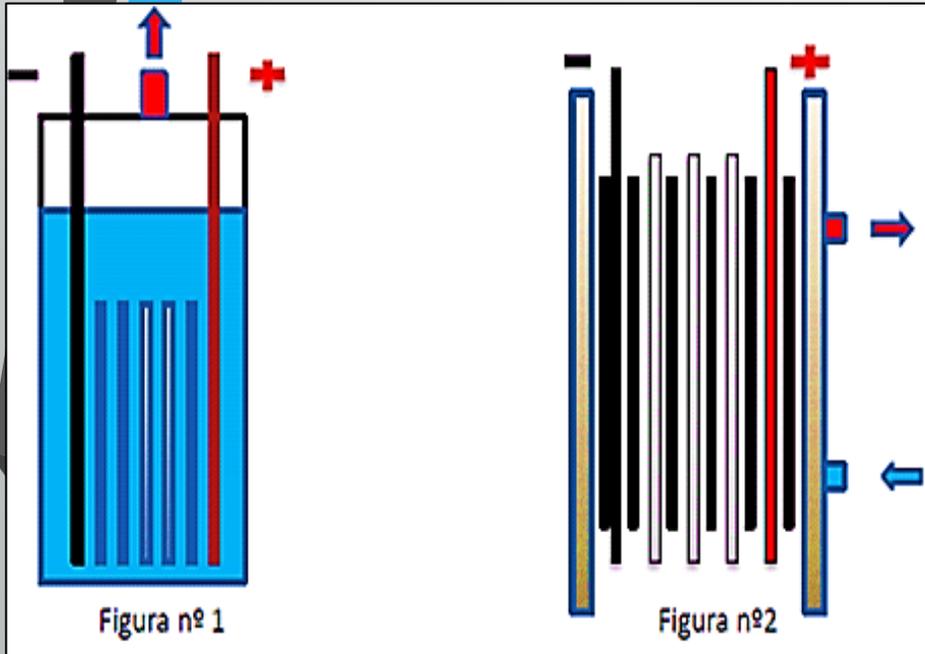
ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS



Celda seca y celda húmeda



La celda húmeda como la seca cumplen el mismo funcionamiento, la una se encuentra sumergida en agua y en la otra el agua circula por su interior



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS



Celda electrolítica generadora de hidrógeno



Generador de hidrógeno



Tanque multifuncional para electrolito



Relé





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS



Celda electrolítica generadora de hidrógeno

-  Cables y conectores
-  Mangueras y cañerías
-  Abrazaderas o correas plásticas
-  Electrolito





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

Funcionamiento

-  Abastecimiento
-  Suministro inicial
-  Fase de elaboración
-  Burbujeador
-  Fase de alimentación



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

MATERIALES PARA LA INSTALACION

- ✂ Desarmadores planos y de estrella
- ✂ Alicates.
- ✂ Pinza de presión.
- ✂ Pinza corta cables.
- ✂ Pinza peladora de cables.
- ✂ Teflón
- ✂ Taladro
- ✂ Juego de llaves de tuercas en mm
- ✂ Juego de copas en mm y media vuelta.
- ✂ Mandil
- ✂ Cinta aislante





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS



Proceso de montaje y adaptación de la celda

Ubicación del generador

Considerando que el generador debe estar en un lugar ventilado y alejado de fuentes de calor





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS



Proceso de montaje y adaptación de la celda

Ubicación del Depósito y burbujeador

punto a mayor altura con
relación al generador





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

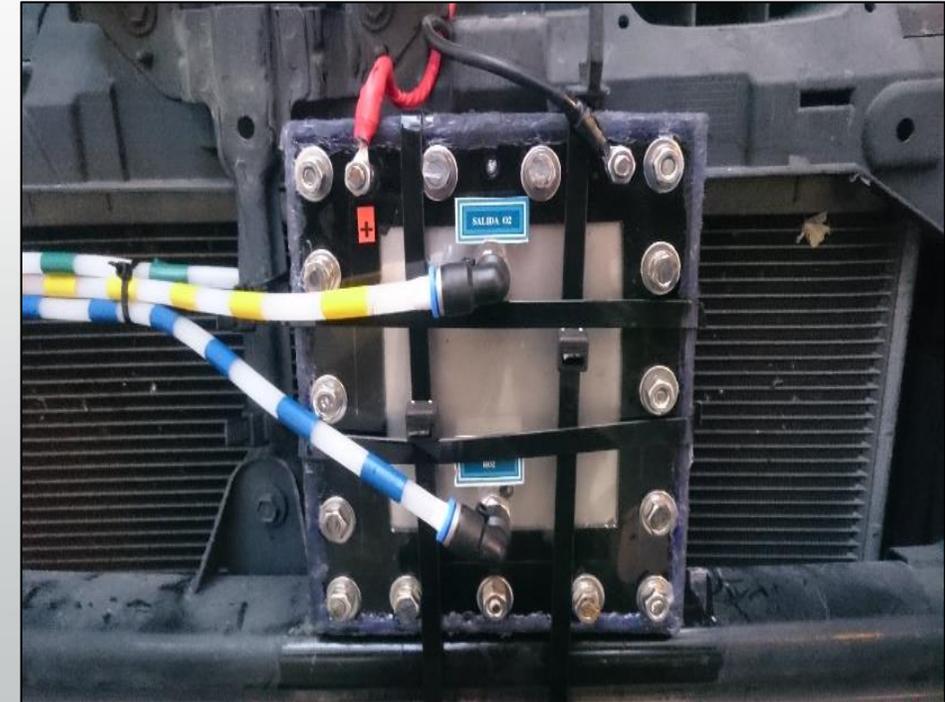
UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS



Proceso de montaje y adaptación de la celda

Instalación de las mangueras

-  Azul con blanco: Lleva el agua más electrolito desde el deposito hacia el generador.
-  Verde con blanco: Lleva el hidrógeno gas hacia el burbujeador.
-  Amarillo con blanco: Lleva el oxígeno gas hacia el burbujeador
-  Rojo con blanco: Lleva el hidrógeno más el oxígeno depurados hacia la admisión de aire del motor





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

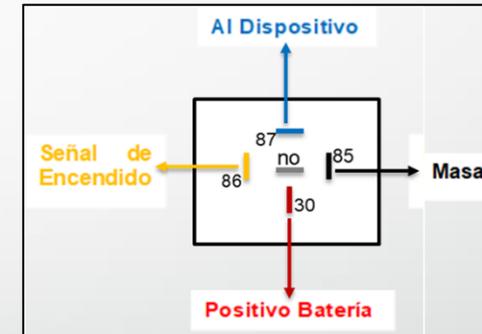


Proceso de montaje y adaptación de la celda

Conexiones eléctricas

El sistema solo debe funcionar cuando el vehículo este en marcha.

Conector de la izquierda (+) se conecta con el cable proveniente desde el relé identificado con el color blanco (azul en la figura 21) y el conector negativo se lo conecta directamente a masa





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

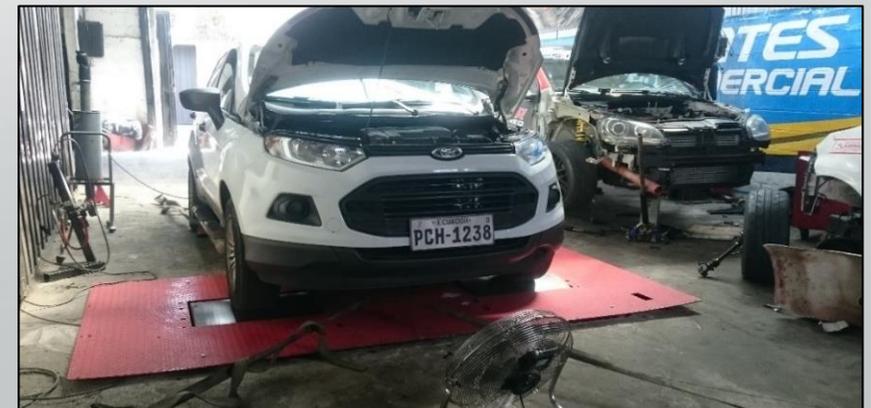
UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS



Pruebas

Torque y potencia

-  La prueba se la realizó en la ciudad de Quito, en las instalaciones de la empresa Dinamyca Competicion
-  El dinamómetro utilizado para la medición es de la marca DYNOMITE





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

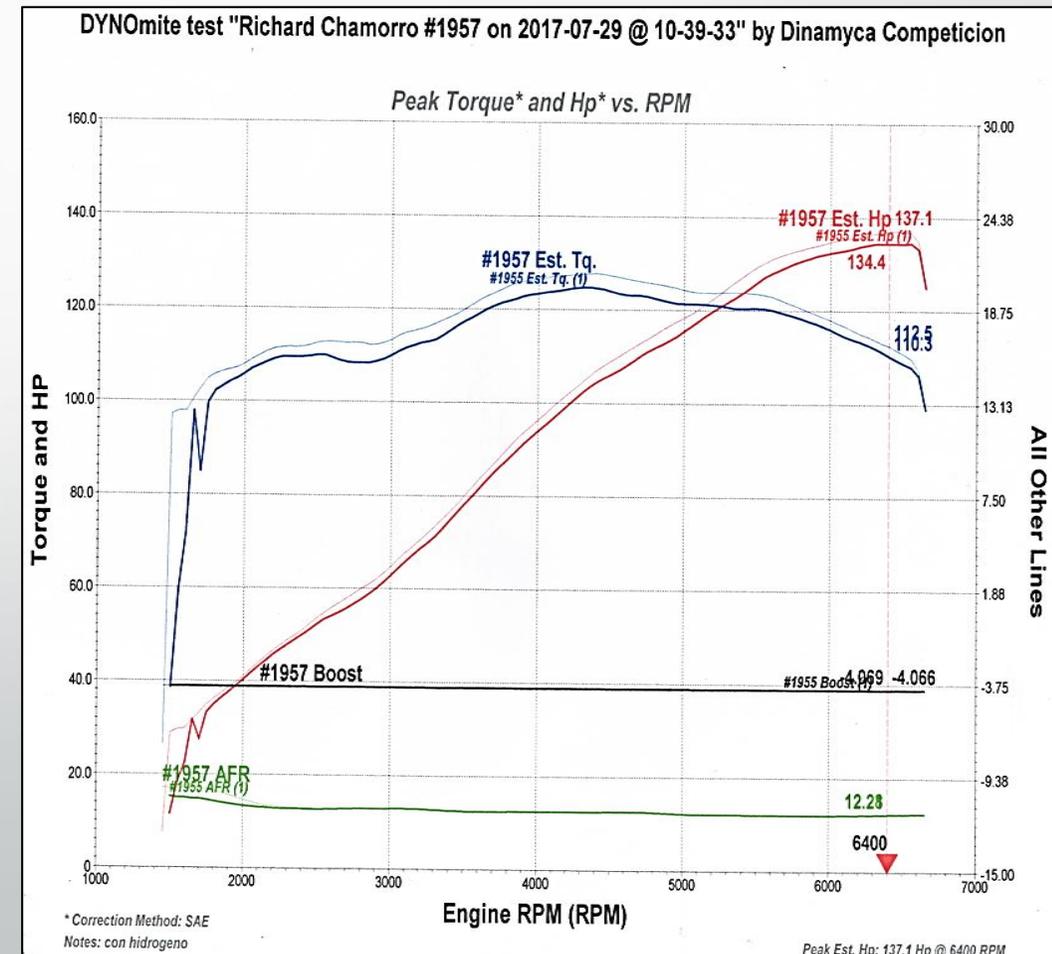


UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

Pruebas

Torque y potencia

- ✂ La potencia máxima a 6400 rpm en modo standard es de 134,4 (HP) y al estar activado el generador de hidrógeno es de 137,1 (HP)
- ✂ El torque máximo a 6400 rpm en modo estándar es de 110,3 (ft-lb) y al estar activado el generador de hidrógeno es de 112,5 (ft-lb)





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

Pruebas

Emisión de gases



Las pruebas se realizaron en el laboratorio de autotrónica de la ESPE, con ayuda del analizador de gases CARTEK-HORIBA BE 140





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

Pruebas

Emisión de gases

En la primera prueba (figura 34) nos indica que el vehículo se encuentra en condiciones óptimas de funcionamiento, ya que las medidas son muy favorables a lo establecido por la norma INEN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ESPE
LATACUNGA
Tel: 0990953985

Email: ch.richy.d@gmail.com

DATOS DEL CLIENTE

NOMBRE: RICHARD DANILO
APELLIDO: CHAMORRO RUANO
IDENTIFICACION: 0401587043
DISPOSITIVO: COD001

DATOS DEL VEHICULO

PLACA: PCH1238 MODELO: 2013
MARCA: FORD LINEA: ECOSPORT
MOTOR: 2000 cc COMBUSTIBLE: GASOLINA
VIN: 9BFZB55F5D8779744

DATOS DE LA PRUEBA

RALENTI		NORMA	
RESULTADOS			
HC:	59.00	HC LIMITE:	200.00 ppm
CO:	0.36	CO LIMITE:	1.00 %
CO2:	14.12	CO2 MINIMO:	7.00 %
O2:	0.43	O2 MAXIMO:	5.00 %
RPM:	765	RPM MIN:	500 rpm
TEMP:	0	TEMP MIN:	0.00 °
RESULTADO APROBADA			

CRUCERO		NORMA	
RESULTADOS			
HC:	54.00	HC LIMITE:	200.00 ppm
CO:	0.15	CO LIMITE:	1.00 %
CO2:	14.21	CO2 MINIMO:	7.00 %
O2:	0.10	O2 MAXIMO:	5.00 %
RPM:	2,509	RPM MIN:	2,000 rpm
TEMP:	0	TEMP MIN:	0.00 °
RESULTADO APROBADA			

FECHA DE LA PRUEBA:
8/1/2017 08:15:26

RESULTADO GENERAL: APROBADA

OPERARIO RESPONSABLE:

LEONIDAS QUIROZ



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

Pruebas

Emisión de gases

En la segunda prueba de gases (figura 35) en la cual el vehículo cuenta ya con el funcionamiento del generador de hidrógeno, nos reflejada una clara disminución en lo que corresponde a las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono, tanto en ralentí y en el modo crucero (2500 rpm).

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	ESPE LATACUNGA Tel: 0990953985	Email: ch.richy.d@gmail.com	
	DATOS DEL CLIENTE NOMBRE: RICHARD DANILO APELLIDO: CHAMORRO RUANO IDENTIFICACION: 0401587043 DISPOSITIVO: COD001		
DATOS DEL VEHICULO PLACA: PCH1238 MODELO: 2013 MARCA: FORD LINEA: ECOSPORT MOTOR: 2000cc COMBUSTIBLE: GASOLINA VIN: 9BFZB55F5D8779744			
DATOS DE LA PRUEBA			
RALENTI		CRUCERO	
RESULTADOS HC: 46.00 CO: 0.24 CO2: 14.27 O2: 0.38 RPM: 755 TEMP: 0	NORMA HC LIMITE: 200.00 ppm CO LIMITE: 1.00 % CO2 MINIMO: 7.00 % O2 MAXIMO: 5.00 % RPM MIN: 500 rpm TEMP MIN: 0.00 °	RESULTADOS HC: 14.00 CO: 0.03 CO2: 14.43 O2: 0.10 RPM: 2,534 TEMP: 0	NORMA HC LIMITE: 200.00 ppm CO LIMITE: 1.00 % CO2 MINIMO: 7.00 % O2 MAXIMO: 5.00 % RPM MIN: 2,000 rpm TEMP MIN: 0.00 °
RESULTADO APROBADA		RESULTADO APROBADA	
FECHA DE LA PRUEBA: 8/1/2017 08:28:19		RESULTADO GENERAL: APROBADA	
OPERARIO RESPONSABLE: _____ <div style="text-align: right;">LEONIDAS QUIROZ</div>			



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

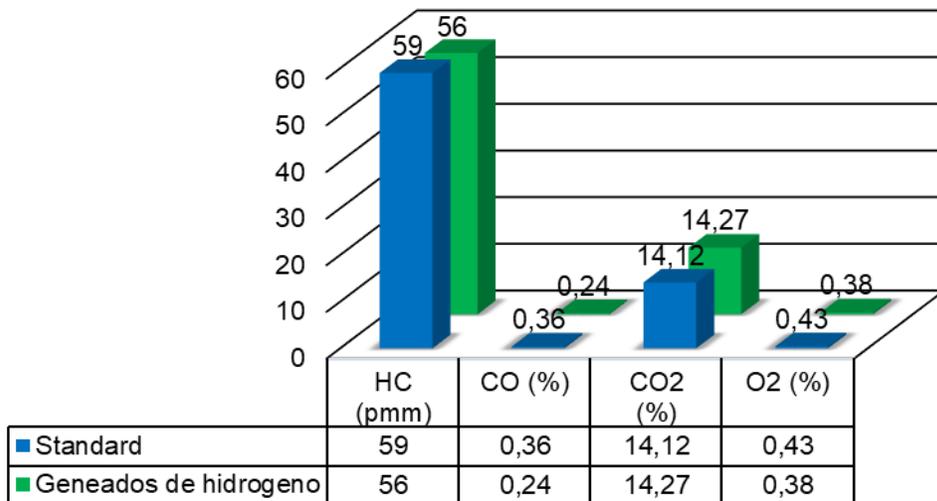


UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

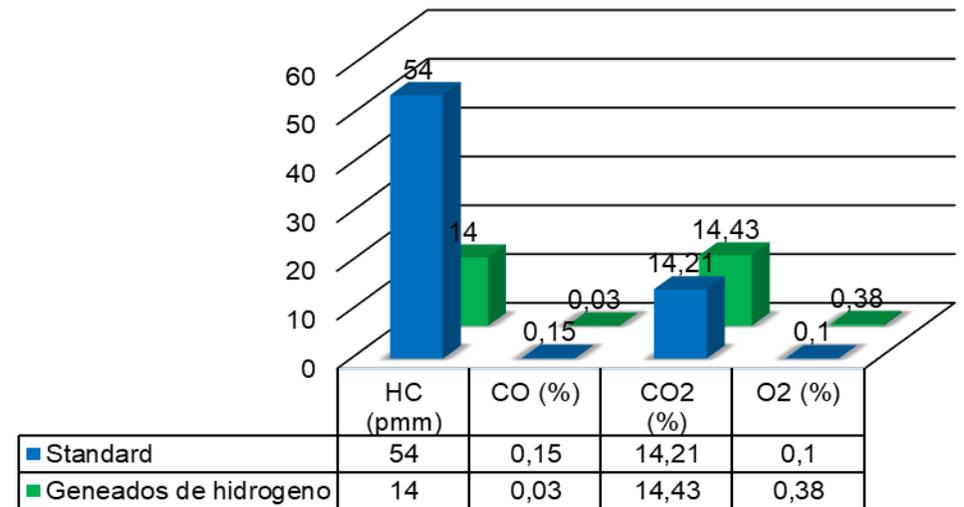
Pruebas

Emisión de gases

Ralentí
Vehículo standar vs. vehiculo con generador



Crucero a 2500 rpm
Vehículo standar vs. vehiculo con generador





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

Pruebas

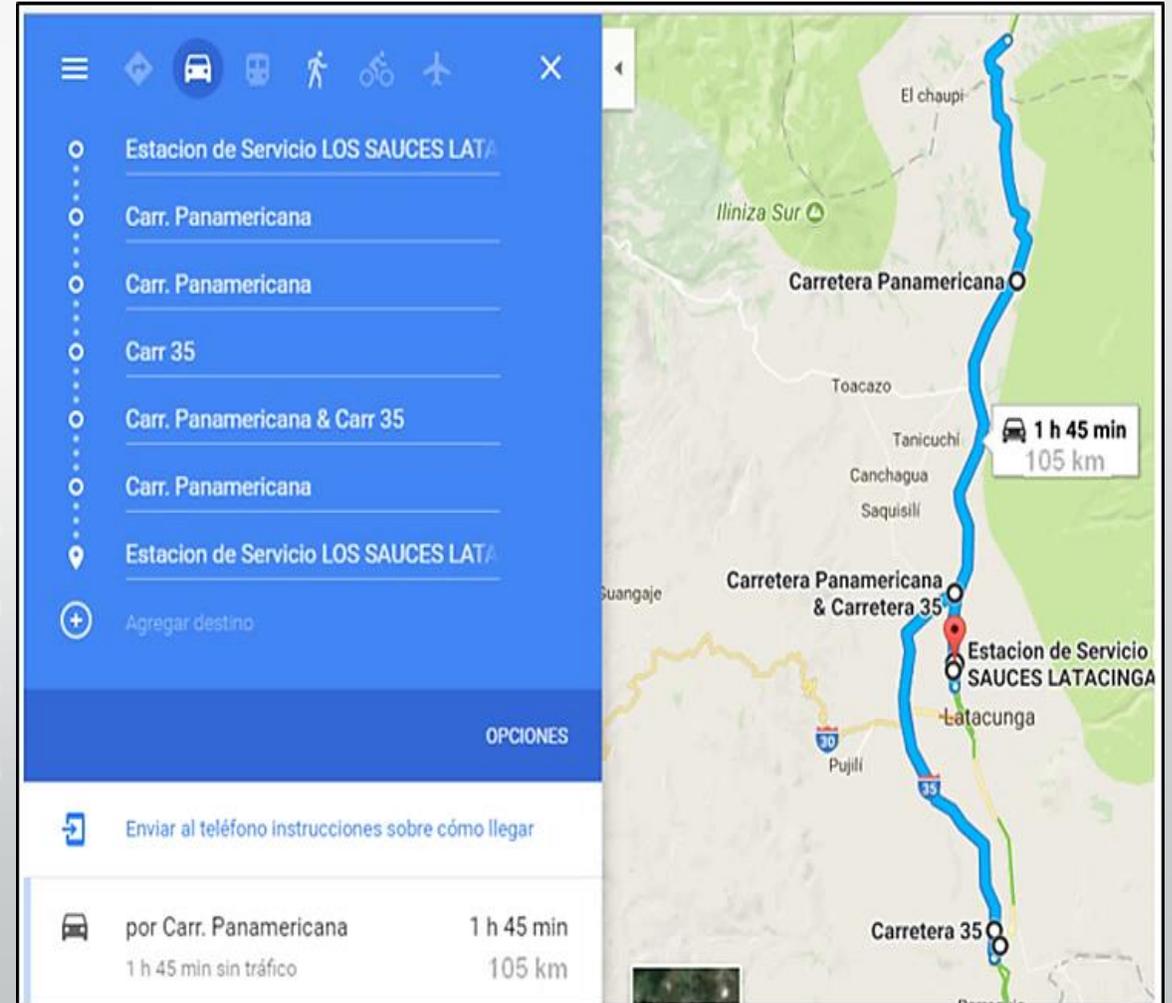
Consumo de combustible



Ruta establecida de 105 kilómetros



Al iniciar cada prueba el depósito de combustible se lleno totalmente, 13,7369 galones equivalente a 52 litros de gasolina extra de 82 octanos





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS



Pruebas

Consumo de combustible

 En la primera prueba, en el trayecto de 105 km se consumió una cantidad de 1,755 galones de combustible, equivalente a \$2,60 de gasolina extra

 En la segunda prueba, en el trayecto de los 105 km se consumió una cantidad de 1,22 galones de combustible, equivalente a \$1,81 de gasolina extra





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS



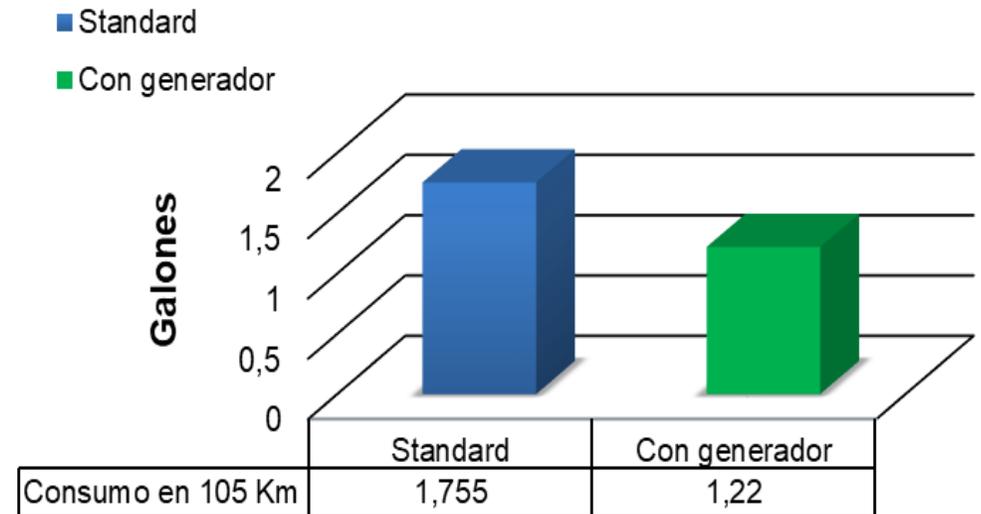
Pruebas

Consumo de combustible



Al obtener los resultados de las dos pruebas realizadas con el vehículo standard y con el sistema de hidrógeno se obtuvieron valores de 1,755 y 1,22 galones en los 105 km respectivamente. Obteniendo una disminución en el consumo de 0,535 galones (2,0252 lt), que simboliza \$0,79

Consumo de combustible
Vehículo standar vs. vehiculo con generador





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS



CONCLUSIONES

-  Con la instalación del generador electrolítico se determinó que el equipo puede adaptarse a cualquier tipo de vehículo automotor con el debido análisis de espacio disponible para la correcta ubicación de cada uno de los componentes del sistema.
-  Se realizaron las pruebas de emisión de gases, torque-potencia y consumo de combustible con el generador electrolítico de hidrógeno y en condiciones estándar del vehículo logrando evidenciar una mejora en el vehículo.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

CONCLUSIONES

-  La potencia máxima aumentó en total de 2,7 HP con el sistema generador de hidrógeno, mientras que el torque máximo tuvo un incremento de 2,2 ft-lb.
-  Se redujo 0,01929 litros de gasolina consumida por cada kilómetro recorrido, una baja de 40 pmm de hidrocarburos no combustionados y se disminuyó 0,12% de CO emanado al medio ambiente.
-  Con los resultados obtenidos se justifica la adquisición del generador electrolítico de hidrógeno ya que se vio una clara reducción del consumo de combustible y reducción de gases contaminantes.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

RECOMENDACIONES

-  Hacer un mantenimiento completo al vehículo previo a la instalación del equipo generador.
-  Comprobar que el generador electrolítico se encuentre correctamente instalado para evitar inconvenientes en el momento de ejecutar las pruebas con equipos especiales.
-  Asegurarse que en el sistema de mangueras no exista ninguna fuga de electrolito y menos de hidrógeno.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

RECOMENDACIONES

-  Es recomendable desconectar la alimentación eléctrica del sistema de producción de hidrógeno antes de apagar el automóvil, para consumir los residuos de gas hidrógeno existentes en las mangueras.
-  Al trabajar con el electrolito (hidróxido de potasio) se debe utilizar guantes quirúrgicos y mascarillas.
-  El uso de agua destilada en el generador es indispensable ya que el agua potable puede dañar las placas internas debido a que posee minerales que disminuyen la vida útil del generador.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

