



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ÍNDICE:

- **Tema.**
- **Objetivo general.**
- **Objetivos específicos.**
- **Marco teórico.**
- **Diseño y construcción.**
- **Pruebas realizadas.**
- **Conclusiones.**



TEMA

**ACONDICIONAMIENTO DE UN MOTOR A DIÉSEL
CON BIOGÁS COMO SUSTITUTO DE COMBUSTIBLE
FÓSIL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA
DE RIEGO EN LA HACIENDA SAN FRANCISCO.**

OBJETIVO GENERAL.

DESARROLLAR UN SISTEMA QUE PERMITA UTILIZAR EL BIOGÁS COMO SUSTITUTO DEL DIÉSEL EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A DIÉSEL.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar la calidad de biogás entregada por el biodigestor.
- Determinar la metodología de acondicionamiento del biogás hacia el motor diésel.
- Determinar un método de purificación de biogás económico y eficiente, para la eliminación del ácido sulfhídrico.
- Determinar las condiciones de Presión, Temperatura y caudal (H_2S , CH_4).
- Determinar los condensados producidos por los cambios físicos del biogás.
- Acondicionar un motor de combustión interna a diésel para que funcione ya sea a biogás o diésel.
- Dimensionar la línea de conducción de biogás con los parámetros necesarios para un motor de combustión interna a diésel.

MARCO TEÓRICO.

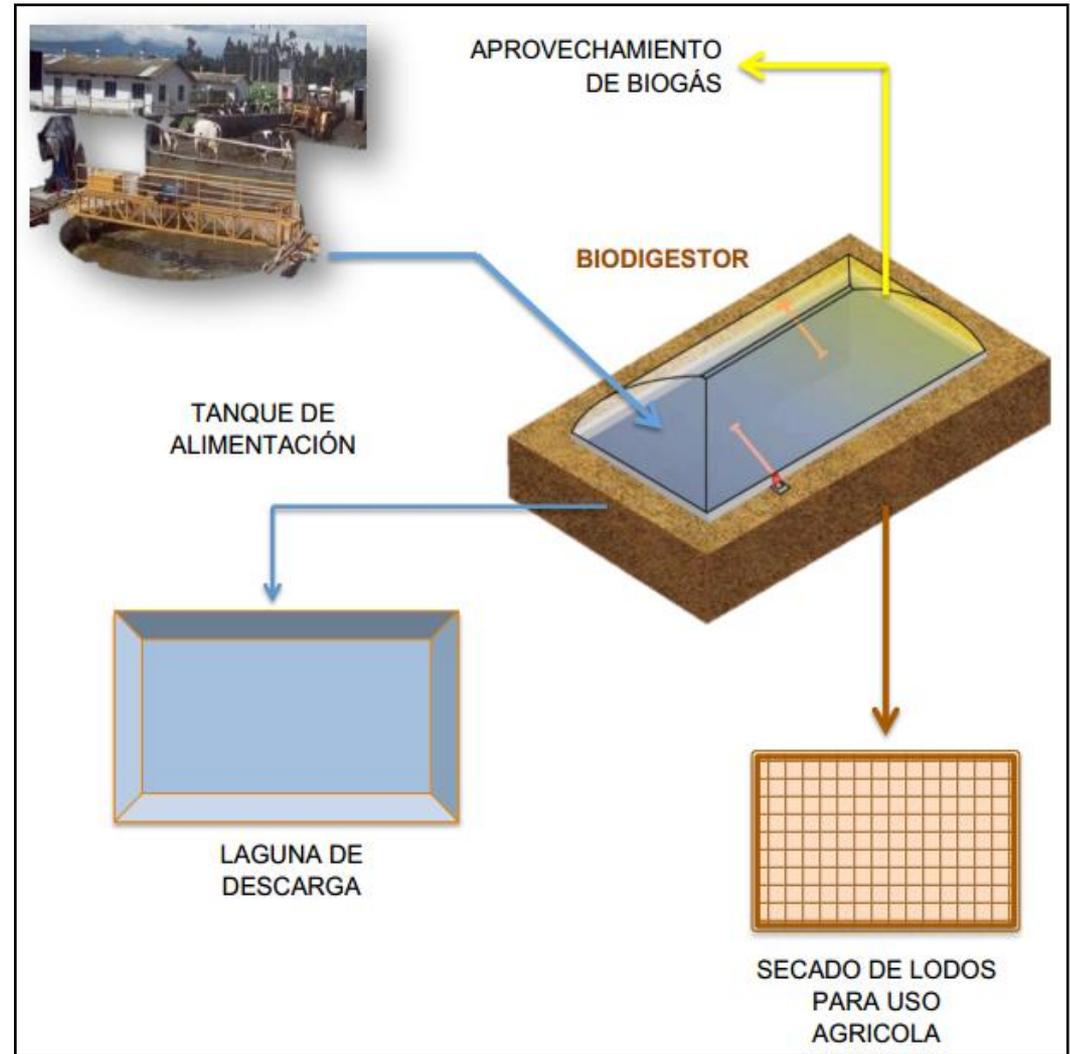
UBICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS.

El presente proyecto se encuentra ubicado en Ecuador, provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, Panamericana Norte Km 12 vía José Guango, Hacienda San Francisco, el biodigestor de 50m³/h de biogás



ESQUEMA BIODIGESTOR HACIENDA SAN FRANCISCO.

- Tanque de mezcla.
- Fermentador de 1300 m³.
- Tanque de descarga.
- Lecho de secado de lodos.



BIOGÁS

- Es un gas que contiene gran cantidad de metano, y es un combustible natural no fósil de alto poder calorífico entre 4700 a 5500 kcal/m³.
- Su temperatura de auto-ignición es similar a la del metano puro y varía de 650-750 °C.
- Respirar o tener contacto con el H₂S es muy peligroso:
 - en concentración menor de 10 ppm no causa peligro a personas durante ocho horas.(concentración permitida).
 - En concentración de 50 ppm, aproximadamente, se pierde el olfato y causa dolor de cabeza y mareo.
 - En concentración de 100 ppm hace llorar, provoca estornudo y la pérdida del olfato.

COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS.

COMPONENTE	UNIDAD	CONTENIDO
Metano	%	60 – 70
Dióxido de carbono	%	30 – 40
Hidrogeno	%	5 – 10
Nitrógeno	%	1 – 2
Oxigeno	%	0,1
Sulfuro de hidrogeno	%	0,1 – 2
Saturación con vapores de agua	%	80 – 100

EQUIVALENCIAS ENERGÉTICAS DE ALGUNOS COMBUSTIBLES.

EQUIVALENCIA ENERGÉTICA 1m³ DE BIOGÁS.

CANTIDAD EQUIVALENTE	TIPO DE BIOMASA O SUSTRATO	CAPACIDAD ENERGÉTICA
0,6 kg	Diésel	12 kWh/m ³
0,7 kg	Carbón	8,5 kWh/m ³
0,6 m ³	Gas natural	5,3 kWh/m ³
0,24 m ³	Gas propano	25 kWh/m ³
1 m ³ biogás	Generación eléctrica	2,2 kWh
1,43 kg	Madera	4,5 kWh

MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A DIÉSEL.

- Es el encargado de proporcionar energía mecánica, para lograr que un vehículo salga del reposo dando como resultado un desplazamiento.
- Transforma la energía química entregada por el combustible diésel en energía mecánica de trabajo.
- Es un maquina robusta.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIÉSEL.

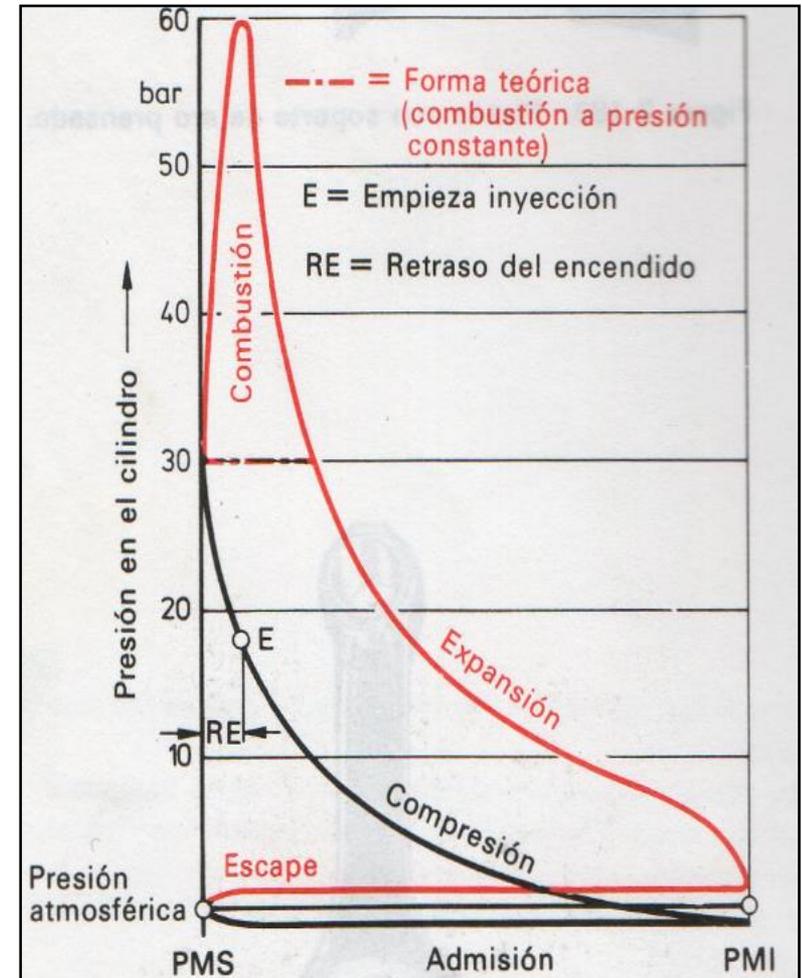
Aspira aire del exterior el cual se va a comprimir

A este aire comprimido se le inyecta combustible a una alta presión

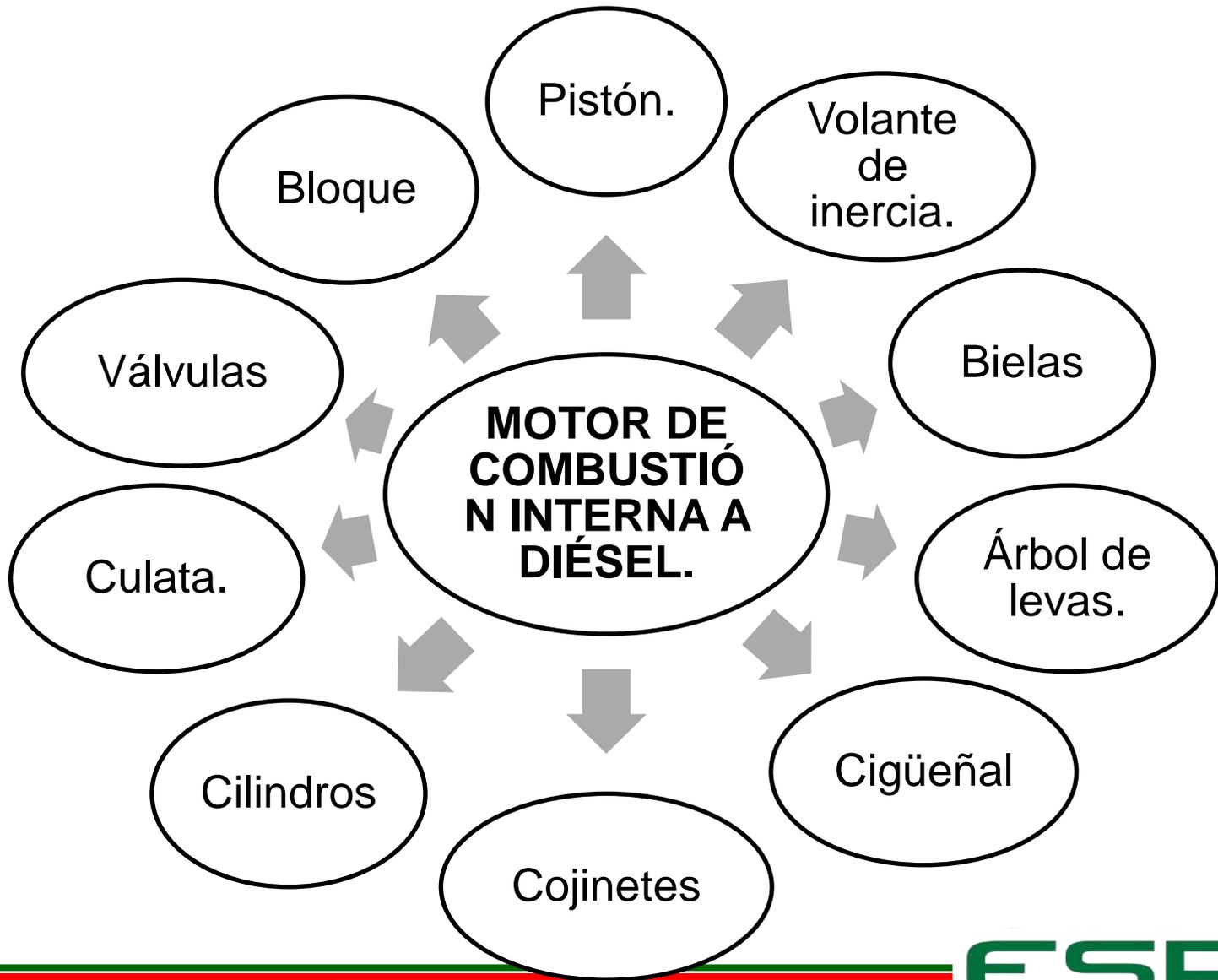
El combustible se lo inyecta en forma de vaporización difícil

Esta mezcla por cambios de presiones se inflama por sí solo, de ahí el nombre autoencendido

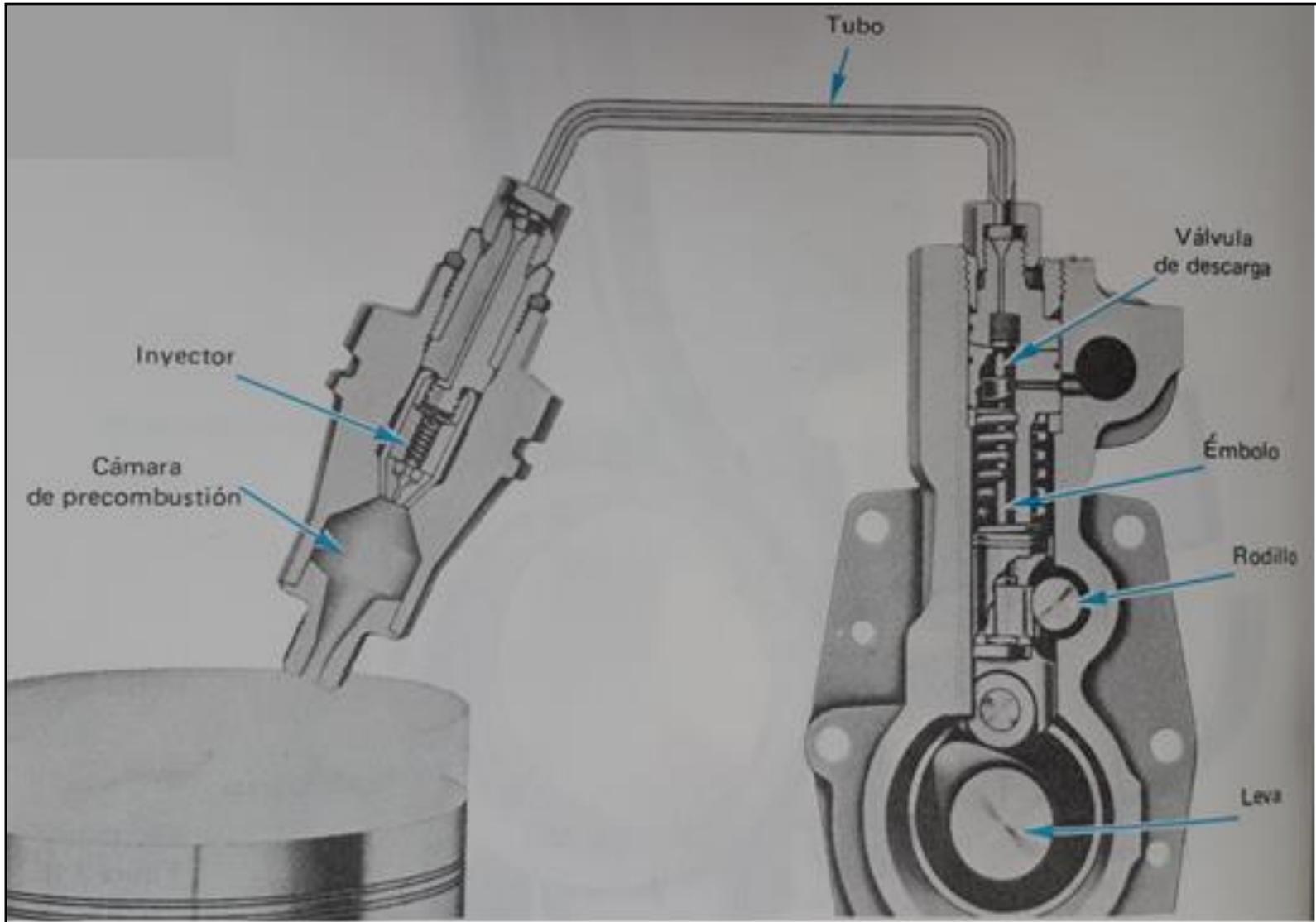
una vez quemados los gases, se evacuan por la válvula de escape.



PARTES DEL MOTOR DIÉSEL.

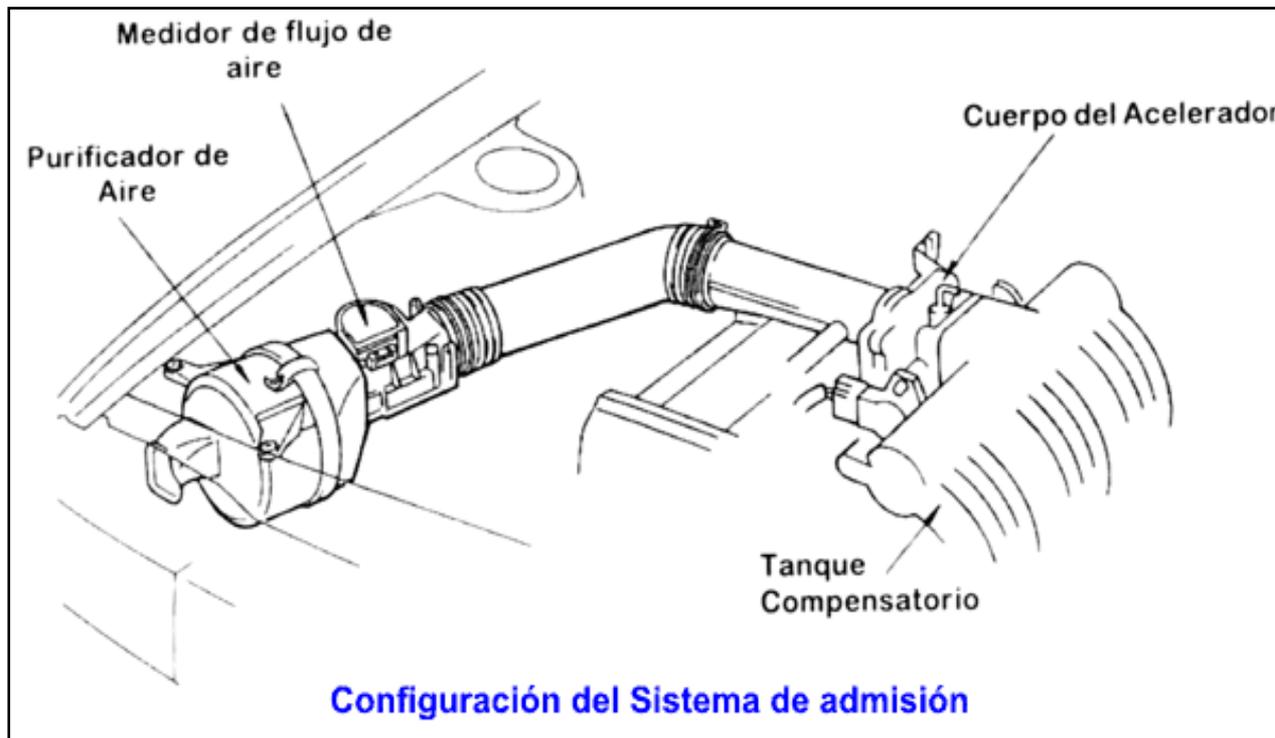


BOMBA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE.



SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE.

- Colector de admisión.
- Depurador o filtro.
- Entrada del sobrealimentado.
- Silenciador para evitar el ruido que produce este proceso.



KIT BI-FUEL.

- Es una innovadora tecnología que permite a los usuarios de motores diésel reducir substancialmente los costos operacionales.
- Los motores convertidos tienen un desempeño tan bueno en eficiencia, estabilidad y manejo de carga.
- Funcionamiento manual o automático manteniendo su velocidad y carga.



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.

UBICACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.



BITÁCORA DE CARGA.

Medidor de gas (Valor Registrado)	Observación (días)	Producción (m ³)	Producción diaria (m ³ /día)	Producción hora (m ³ /h)
361251,70	1	582,99	582,99	24,29
361834,69	3	1523,73	507,91	21,16
363358,42	3	1475,33	491,78	20,49
364833,75	3	1674,09	558,03	23,25
366507,84	8	4515,26	564,41	23,52

DIMENSIONAMIENTO DE LA POTENCIA DEL MOTOR DIÉSEL.

$$HP_m = PB + PH + FS$$

Ec.1.

HP_m = Potencia del motor.

PB = Potencia de la bomba.

PH = Potencia de pérdida de altura msnm.(3000 msnm)

FS = Porcentaje del factor de seguridad. (10%)

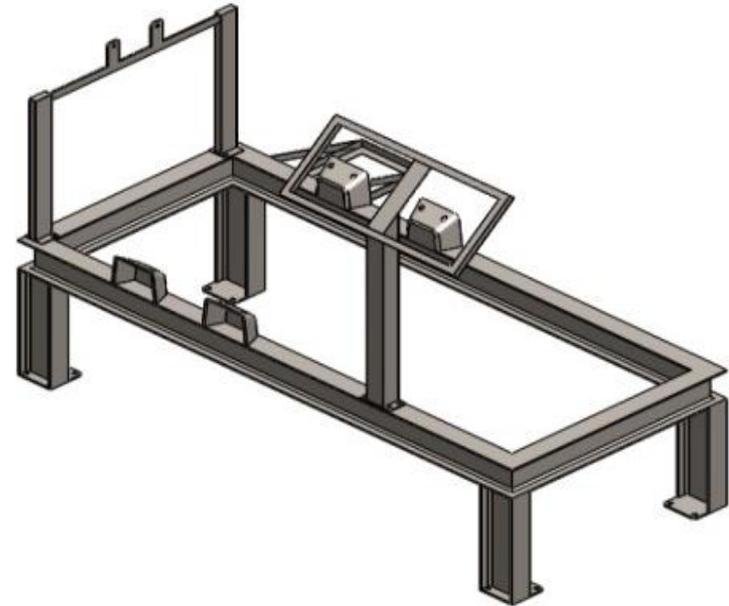
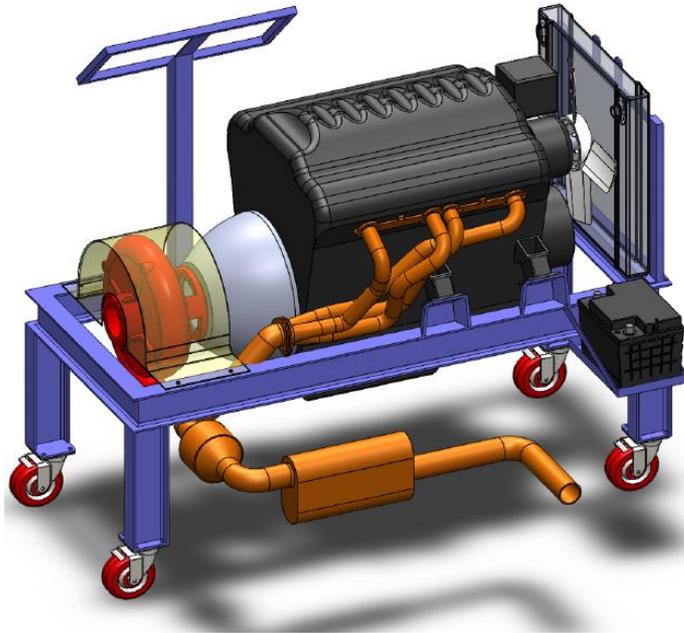
$$HP_m = 50 + (0.3 \times 50) + (0.1 \times 50)$$

$$HP_m = 70 \text{ HP}$$

CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR A DIÉSEL ISUZU ELF 250 TLD.

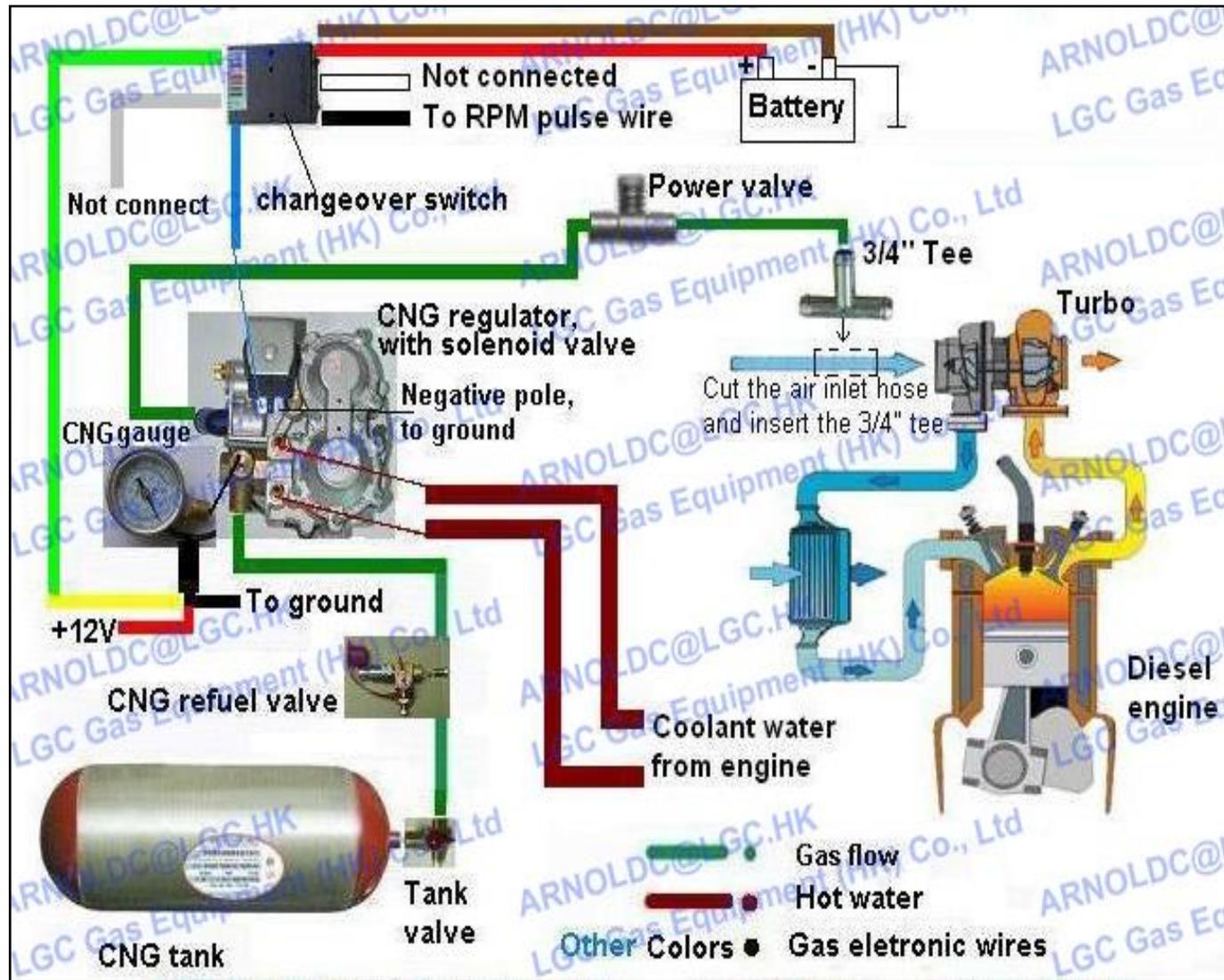
MOTOR	4BC2, DI I4 Diésel.
CILINDRAJE.	3268 cc
PS(Hp)	100
KW.	74
RPM.	3500
MODELO	ELF 250 Súper, TLD26/36/56, KT26/36/46.

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL MOTOR.



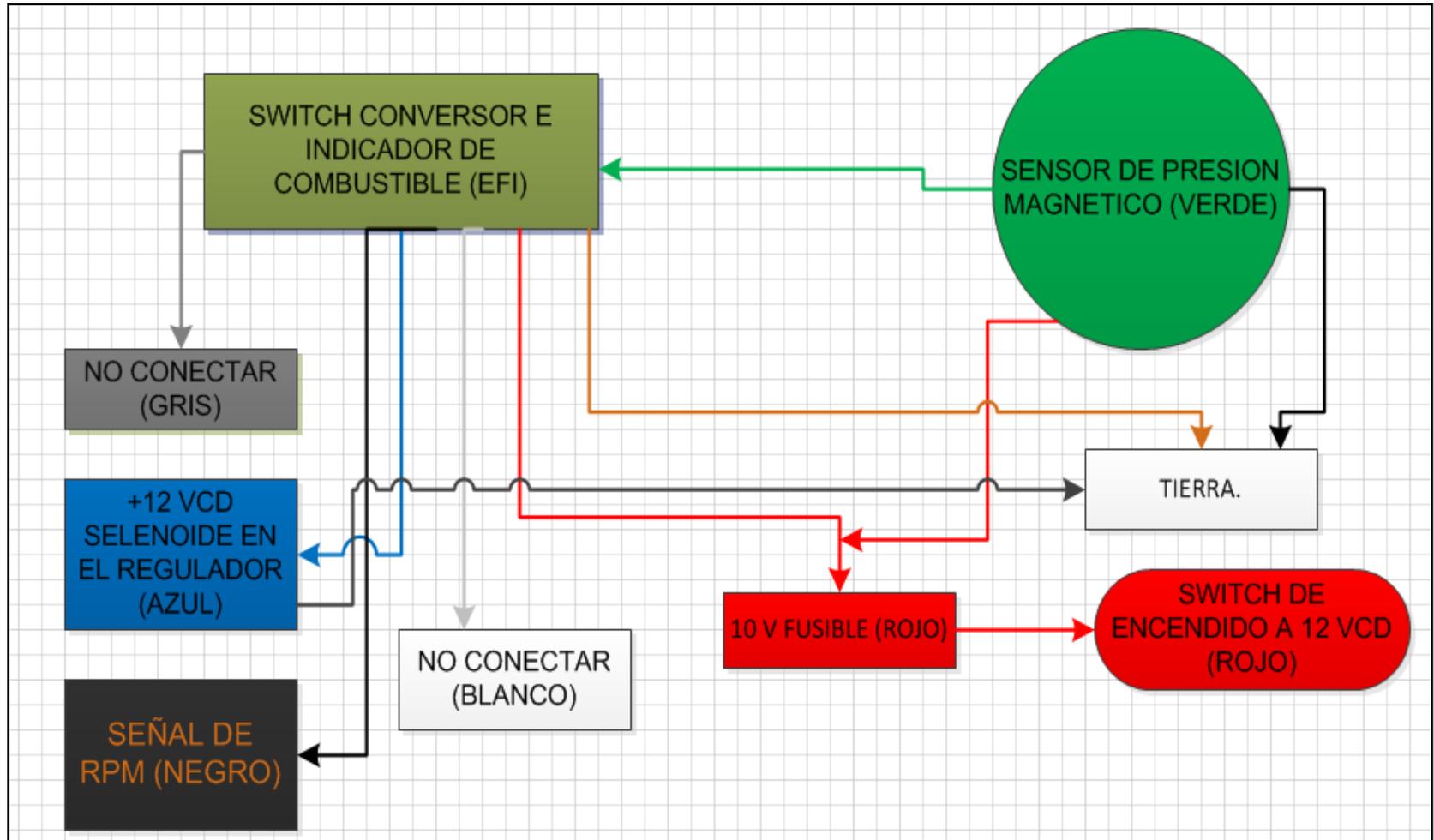
Anexo B-1

KIT BI-FUEL DIAGRAMA DE CONEXIÓN.



Anexo E-1

CIRCUITO DE CONEXIÓN DEL EQUIPO BI-FUEL



Anexo E-13

DISEÑO DEL TREN DE CALIBRACIÓN DE BIOGÁS.

CONSUMO EN DIÉSEL.		
RPM	% DE CARGA.	GALONES EN 8 HORAS
1700	75	3,6233
1300	50	2,8822
800	25	1,7372

COMPONENTE	CROMATOGRAFÍA	
	% PESO	% MOLES
NITROGENO	9,22	8,82
METANO	32,10	53,72
CO ₂	56,71	34,51
AGUA	1,98	2,94
DENSIDAD RELATIVA	0,93	
PESO MOLECULAR PROM. (g/mol)	26,78	
PODER CALORÍFICO DEL GAS BTU/ft ³	544,08	

DISEÑO DEL TREN DE CALIBRACIÓN DE BIOGÁS.

CONSUMO DE DIÉSEL EN PODER CALORÍFICO.				
% De Carga	Galones/hora	Galones/8horas	BTU/hora	BTU/8horas
75	0,4529	3,6233	59782,8	478275,6
50	0,3602	2,8822	47546,4	380450,4
25	0,2171	1,7372	28657,2	229310,4

SISTEMA MOTOR DUAL DIÉSEL 70%				
%	Galones/hora	Galones/8horas	BTU/hora	BTU/8horas
70	0,317	2,5363	41847,84	334792,92
60	0,2521	2,0175	33282,48	266315,28
50	0,152	1,216	20060,04	160517,28

SISTEMA MOTOR DUAL BIOGÁS 30%				
%	Galones/hora	Galones/8horas	lb/hora	lb/8horas
70	0,1359	1,087	17934,84	143482,68
60	0,1081	0,8647	14263,92	114135,12
50	0,0651	0,5212	8597,16	68793,12

EJEMPLO DE CALCULO.

consumo en poder calorifico = (consumo del diesel)X(poder calorifico diesel)

Ec. 14. Consumo de poder calorífico.

$$\text{consumo diesel poder calorifico } 100\% = 3,6233 \frac{\text{gal}}{8\text{h}} \times 132000 \frac{\text{BTU}}{\text{gal}}$$
$$478275,6 \frac{\text{BTU}}{8\text{h}}$$

SISTEMA COMBINADO 70% DIÉSEL 30% BIOGÁS.

$$\frac{\text{BTU}}{8\text{h}} \text{ de diesel al } 100\% \text{ de consumo} = 478275,6 \frac{\text{BTU}}{8\text{h}} \times 0.7$$
$$334792,92 \frac{\text{BTU}}{8\text{h}}$$

$$\frac{\text{BTU}}{8\text{h}} \text{ de biogás al } 100\% \text{ de consumo} = 478275,6 \frac{\text{BTU}}{8\text{h}} \times 0.3$$
$$143482,68 \frac{\text{BTU}}{8\text{h}}$$

CALCULO DEL FLUJO DE BIOGÁS REQUERIDO 30% DE REEMPLAZO.

$$\text{flujo del biogás} = \frac{\frac{\text{BTU}}{8\text{h}} \text{ diésel}}{\text{poder calorifico biogás.}}$$

EC.15 FLUJO DE BIOGÁS.

$$\text{flujo de biogás} = \frac{143482.68 \frac{\text{BTU}}{8\text{h}}}{544,08 \frac{\text{BTU}}{\text{ft}^3}}$$

$$\text{flujo de biogás} = 7,4676 \frac{\text{m}^3}{8\text{h}}$$

LÍNEA DE BIOGÁS. ECUACIÓN DE WEYMOUTH.

Ec. 16. Ecuacion de Weymouth

$$Q = 2,61 \times 10^{-3} \times d^{2.667} \sqrt{\left[\frac{P_2^2 - P_1^2}{SL} \right] \frac{288}{T}}$$

Q= Caudal (m³/h).

d= diámetro de tubería en (mm).

P₁= Presión absoluta de salida. (Kg/cm²).

P₂= Presión absoluta de llegada. (Kg/cm²).

S= Gravedad especifica del gas.

L= Distancia (Km).

T= Temperatura (°K).

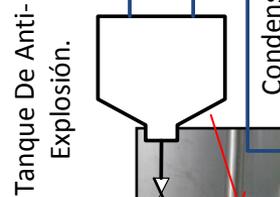
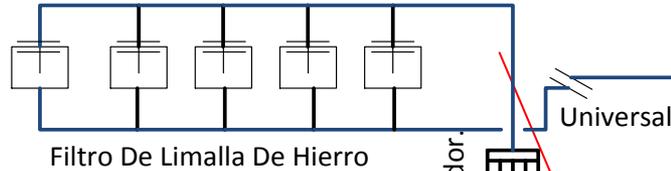
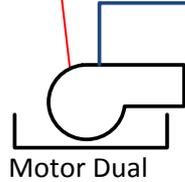
Ec.17

$$d = \left[\frac{Q\sqrt{SLT}}{2,61 \times 10^{-3} \sqrt{288(P_1^2 - P_2^2)}} \right]^{\frac{1}{2,667}}$$

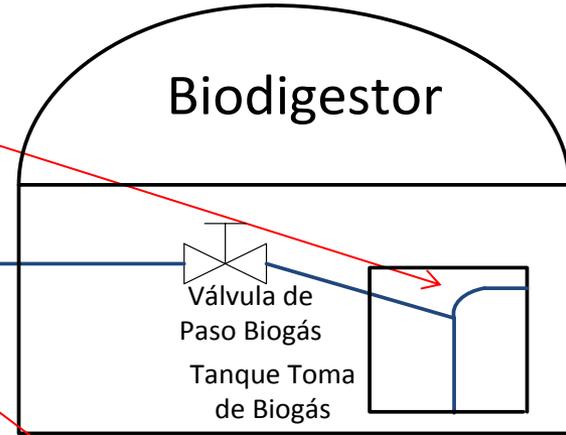
$d = 5 \text{ mm}$ se sugiere tubería de pvc de 90 mm

DATOS TÉCNICOS DE REEMPLAZO EN ECUACIÓN DE WEYMOUTH		
Q	1	m ³ /h
S	1.04	adimensional
L	0,018	Km
T	293,15	°K
P ₁	1,2237	Kg/cm ²
P ₂	1,03323	Kg/cm ²

INSTALACIÓN DE LA LÍNEA DE BIOGÁS.



Línea de Biogás.



CROMATOGRAFÍA DEL FILTRO DE H₂S

COMPONENTE	CROMATOGRAFIA	
	% PESO	% MOLES
NITROGENO	7.72	6.56
METANO	45.63	67.14
CO ₂	44.27	23.74
AGUA	1.30	1.71
DENSIDAD RELATIVA	0,81	
PESO MOLECULAR PROM. (g/gmol)	23.36	
PODER CALORIFICO DEL GAS	24347.8	

COMPONENTE	CROMATOGRAFÍA	
	% PESO	% MOLES
NITROGENO	9,22	5,26
METANO	32,10	52,41
CO ₂	56,71	36,49
AGUA	1,98	5,84
DENSIDAD RELATIVA	0,94	
PESO MOLECULAR (g/mol)	26,99	
PODER CALORÍFICO DEL GAS BTU/lb	12505,22	

COMPONENTE	% MOLES
NITROGENO	> 19.81%
METANO	> 21.82%
CO ₂	< 34.94%
AGUA	< 70.72%
DENSIDAD RELATIVA	0,81
PESO MOLECULAR PROM. (g/gmol)	23.36
PODER CALORÍFICO DEL GAS BTU/m ³	> 24347.8

CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS MONTAJE DEL MOTOR A DIÉSEL Y TABLERO DE INSTRUMENTOS



MONTAJE DEL KIT BI-FUEL AL CHASIS DEL MOTOR.



PRUEBAS REALIZADAS.

CONSUMO DEL DIÉSEL.

Tiempo (minutos).	Revoluciones.	Volumen (ml).
16	800	0,25
34	800	0,50
54	800	0,75
73	800	1 litro.

Tiempo (minutos).	Revoluciones.	Volumen (ml).
10	1300	0,25
21	1300	0,50
32	1300	0,75
44	1300	1 litro.

Tiempo (minutos).	Revoluciones.	Volumen (ml).
8	1700	0,25
17	1700	0,50
26	1700	0,75
35	1700	1 litro.

MOTOR DUAL.

Tiempo (minutos).	Revoluciones.	Volumen (cc).
12	800	200
9,15	1100	200
7,23	1400	200

Consumo como motor dual a 43.51 PSI

Tiempo (minutos).	Revoluciones.	Aumento de RPM	Volumen (cc).
20	800	1000	200
14	1100	1300	200
10	1400	1600	200

MOTOR DUAL.

Tiempo (minutos).	Revoluciones.	Volumen (cc).
13	800	200
10	1100	200
7	1500	200

Consumo como motor dual a 25 PSI.

Tiempo (minutos).	Revoluciones.	Aumento de RPM	Volumen (cc).
19	800	900	200
13	1100	1200	200
9	1500	1600	200

MOTOR DUAL.

Tiempo (minutos).	Revoluciones.	Volumen (cc).
13	800	200
10	1100	200
7	1500	200

Consumo como motor dual a 1.25 Kpa (18.13 PSI)

Tiempo (minutos).	Revoluciones.	Aumento de RPM	Volumen (cc).
17	800	900	200
13	1100	1150	200
9	1500	1630	200

ANÁLISIS DE CONSUMOS CON CARGA.

Tiempo (minutos).	Revoluciones Motor.	Revoluciones Bomba	Volumen (cc).
2,03	1700	1500	200
480	1700	1500	47,290.64

Tiempo (minutos).	Revoluciones.	Aumento de RPM	Volumen (cc).
2.58	1700	1800	200
480	1700	1800	38,400

ANÁLISIS ECONÓMICO.

TASA	10,21%				
AHORRO MENSUAL	613,97				
AHORRO ANUAL	1.367,66				
INVERSION INICIAL	13.145,34				
TASA MENSUAL	0,85%				
AÑOS					
0	-13.145,34		VAN	22032,28	
1	9.814,48	ganancias	TIR	66,86%	ANUAL
2	9.546,05	ganancias	TR	24	MESES
3	9.277,62	ganancias			
4	9.009,20	ganancias			
5	8.740,77	ganancias			ES RENTABLE

CONCLUSIONES.

- La cromatografía realizada en la Escuela Politécnica Nacional dio como resultado un porcentaje en moles de 52,41% de Metano (CH_4), 5,84% de Agua a estas condiciones se recibe el biogás del biodigestor de la Hacienda San Francisco.
- El modelo del tren de calibración es un método muy usado para el transporte del biogás y se calculó un diámetro de 5 mm en tubería de PVC, y el análisis permitió hacer uso de una tubería de Cementado Solvente EC de 90 mm de 0.80 Mpa, por sus propiedades de resistencia a las condiciones climáticas, presión, no se corroe con el H_2S y no dispone de poros que ocasionen la fuga del biogás.
- La investigación realizada dio como resultado el uso de la limalla de hierro como un componente purificador del ácido sulfhídrico por el método de adsorción que maneja pequeños volúmenes de trabajo y se construyó un filtro que tiene un volumen de 1 m^3 biogás en una hora.

CONCLUSIONES

- La cromatografía realizada en la Escuela Politécnica Nacional muestra un porcentaje en moles de 52,41% de Metano (CH_4), 5,84% de Agua a estas condiciones se recibe el biogás del biodigestor de la Hacienda San Francisco.
- medio del múltiple de admisión del motor a diésel realizando una mezcla aire-biogás, con un porcentaje de mezcla de los combustibles 70% de diésel y el 30% de biogás logrando un ahorro de 2.4 galones cada 8 horas lo que significa \$113,97 mensuales y \$1367,66 anuales de ahorro.
- El condensador existente en la Hacienda San Francisco fue rehabilitado y funciona con normalidad, la cromatografía realizada al final del tren de calibración indica un valor en moles de 1.71% de agua reduciendo en 70.72%
- El tren de calibración hacia el motor tiene una presión de 120 Kpa (1.2 BAR) de presión regulada por un compresor de aire de 5 CFM, un volumen de consumo de 1 m^3 contado por el gasómetro y la temperatura de trabajo a 20°C.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN.

ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA